TEMA 4

Corrección y Robustez

Facultad de Informática

Universidad de Murcia

Contenido

1. Introducción
    - Fiabilidad = Corrección y Robustez
2. Asertos y Técnica de diseño por contrato
3. Abordando los casos excepcionales

Introducción

- "La reutilización y la extensibilidad no se deben lograr a expensas de la **fiabilidad** *(corrección y robustez)*".

- **Corrección**:
  - Capacidad de los sistemas software de ajustarse a la especificación.
  - Asegura que el programa hace lo correcto durante la ejecución normal del programa.
  - Los **asertos** permiten especificar la semántica de una clase, establecen las condiciones que se deben cumplir.

- **Robustez**:
  - Capacidad de los sistemas software de reaccionar ante circunstancias inesperadas.
  - El **mecanismo de excepciones** proporciona un mecanismo para manejar estas situaciones excepcionales durante la ejecución de un programa.

Corrección. Asertos

(A) Especificar la semántica de las rutinas mediante:

- **PRECONDICIONES**:

  Condiciones para que una rutina funcione adecuadamente.

- **POSTCONDICIONES**:

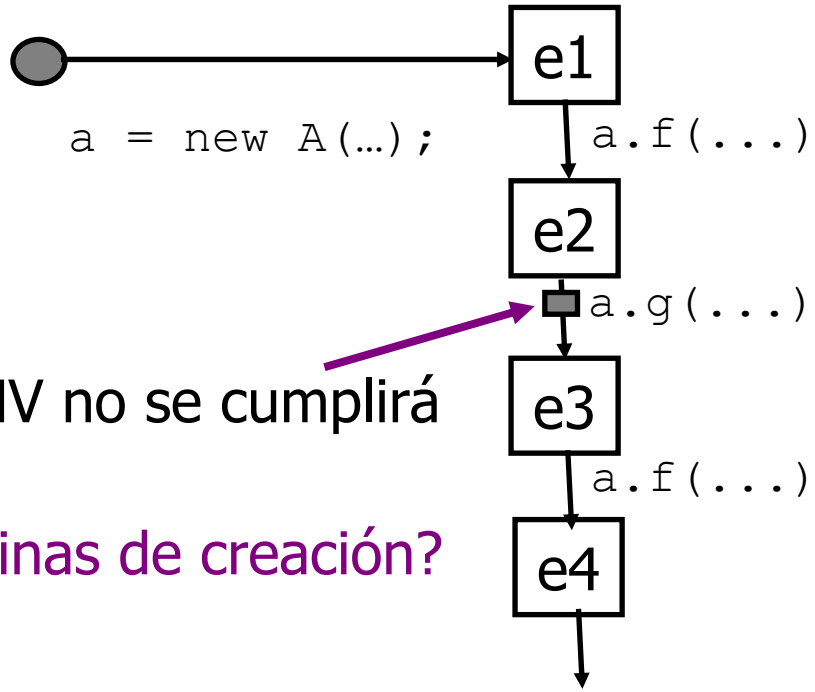
  Describen el efecto de una rutina, definiendo el estado final.

(B) Especificar las propiedades globales de una clase mediante el **INVARIANTE**:

Aserción que expresa restricciones de integridad que deben ser satisfechas por cada instancia de la clase si se encuentra en una ***situación estable***.

Momentos "estables"

- Los "momentos estables" son aquellos en los que una instancia está en un estado observable (e1, e2, …):
  - Después de la creación
  - Antes y después de la invocación remota de una rutina de la clase



En etapas intermedias el INV no se cumplirá

¿Cuál es el papel de las rutinas de creación?

Ejemplo: Pre y Postcondiciones

```
/**
  * Inserta en el mapa un elemento con
  * clave key
  * @pre  count< capacity mapa no lleno
  *         key != “” Clave significativa
  * @post count <= capacity;
  *              item (key) = elemento;
  *              count= oldCount + 1;
  */
public void put (T elemento, String key){
     …
}
```

Ejemplo invariante

```
/**
   * Clase que representa figuras
   * geométricas 2D
   * @inv numVertices > 3
  */
public class Poligono{
  …
}
```

- Todas las instancias de polígono tienen que cumplir que el número de vértices sea mayor de tres.

Utilidad de los asertos

- Escribir software correcto:

  describir requisitos exactos de cada rutina y las propiedades globales de las clases ayuda a producir software que es correcto desde el principio.

- Ayuda para la documentación:

  pre, post-condiciones e invariante proporcionan información precisa a los clientes de los módulos.

- Apoyo para la prueba y depuración:

  el programador establece como opción del compilador el efecto de las aserciones en tiempo de ejecución.

Asertos en Java

- El mecanismo de aserciones **permite insertar pruebas** durante la depuración y luego eliminarlas automáticamente.
- A partir del JDK1.4 el lenguaje incluye la palabra reservada **`assert`**
- Expresión booleana que un desarrollador indica explícitamente que se debe cumplir en un punto del programa en tiempo de ejecución.

```
assert expresion_boolean;
assert expresion_boolean : expresion;
```

- El sistema evalúa la expresión booleana e informa del error en el caso de que el valor sea **`false`**.
  - Lanza **`AssertionError`**

Ejemplos

```
assert ref != null;
assert saldo == (oldSaldo + cantidad);
assert ref.m1(parametro);
assert valor>0 : "argumento negativo";
assert x>0 : x;
```

- La `expresion_booleana` no debe tener efectos laterales

- La expresión se pasa como argumento al constructor de la excepción en el caso de que el aserto sea `false`.

Activación de asertos en Java

- Los asertos los soporta sólo a partir de la versión 1.4. Se debe indicar explícitamente al compilador para que reconozca la palabra clave `assertion`

```
javac -source 1.4 MiAplicacion.java
```

- La comprobación de los asertos se puede desactivar en tiempo de ejecución para incrementar el rendimiento.
  - Normalmente se activa durante la fase de depuración y pruebas

```
java [-ea|-da] MiAplicacion
java -ea:UnaClase -ea:java.modelo -da:OtraClase App
```

- A partir de la versión JDK 5.0 el soporte para aserciones está activado por defecto.

Usos de los asertos

- Invariantes internos:

```
if (i%3 == 0){
…}else if (i%3 == 1){
…} else {
     assert (i%3 ==2);
     …
     }
```

- Invariantes de flujo de control:

```
void met(){
  for (…){
    if(…) return;
  }
  //nunca deberíamos llegar a este punto
  assert false;
}
```

- **Precondiciones, postcondiciones e invariantes**:

Pre y postcondiciones en Java

```
private void setIntervalo(int intervalo){
   //precondición
   assert intervalo>0 && intervalo<=MAXIMO;

   ...//establecer el intervalo
}
```

```
//devuelve this^-1 mod m
public BigInteger modInverso (BigInteger m){
   //comprobaciones de la precondición
   ...
   //hacer el cálculo
   //postcondición
   assert this.multiply(result).mod(m).equals(UNO);
   return result;
}
```

Invariante en Java

```
public class Pila{
   //método que comprueba el invariante
   private boolean invariante(){
      return ((count>=0) && (count <=capacity) &&
              (capacity == representation.length));
   }
   ...
}
```

- Se debe cumplir antes y después de la terminación de cada método.
- Todo método y constructor debe contener la línea

  `assert invariante();`

  antes de empezar e inmediatamente antes de que termine.

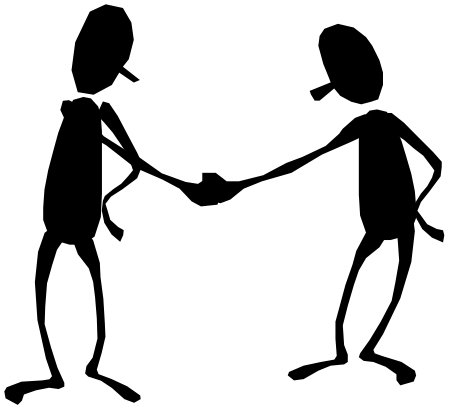
¿Cuándo utilizar `assert`?

- Localizar **errores internos irrecuperables** durante la fase de pruebas y depuración.

- No utilizar para evaluar condiciones externas al programa (existencia de un fichero, conexión de red, …)

- Puesto que se pueden desactivar, **la corrección de un programa no puede depender de los asertos**.

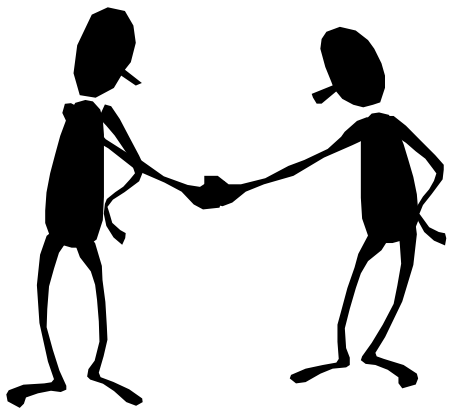
Técnica del Diseño por Contrato



Definir una pre y una postcondición para una rutina es una forma de definir un **contrato** que liga a la rutina con quien la llama.

`put`	**Obligaciones**	**Beneficios**
Cliente	Al invocar a ***put*** debe asegurar que la tabla no está llena	Obtiene una tabla en la que ***elemento*** está asociado con ***clave***
Servidor	Insertar ***elemento*** en la tabla asociándolo a ***clave***	No necesita tratar la situación de tabla llena antes de la inserción

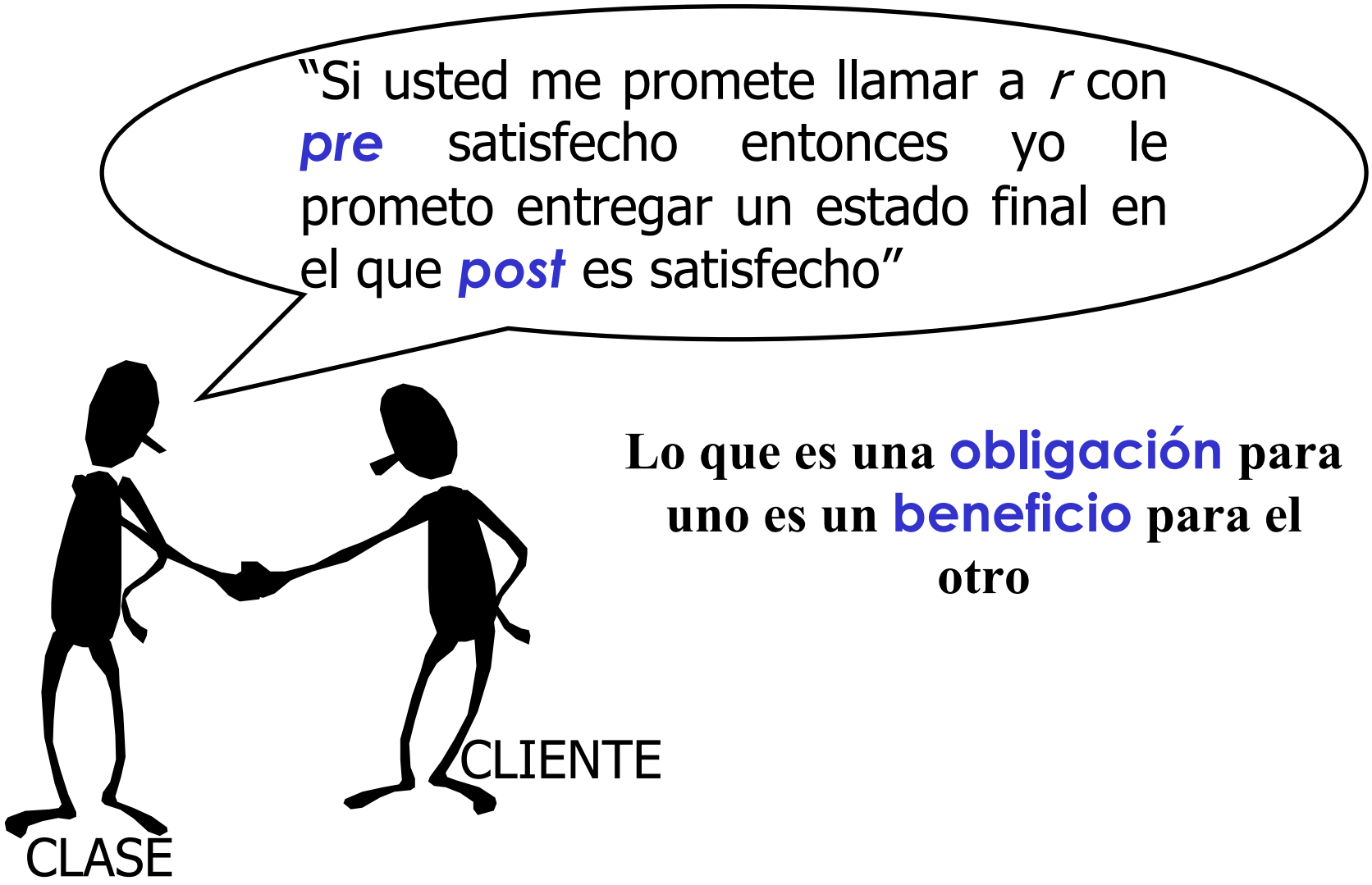
Técnica del Diseño por Contrato



Definir una pre y una postcondición para una rutina es una forma de definir un **contrato** que liga a la rutina con quien la llama.

`put`	**Obligaciones**	**Beneficios**
Cliente	Satisfacer precondición	De la postcondición
Servidor	Satisfacer postcondición	De la precondición

Contrato Software



Lo que es una obligación para uno es un beneficio para el otro

Rechazo a la "programación defensiva"

```
sqrt(x: REAL): REAL is do
    if x<0 then "Manejar error"
    else "Calcular raíz"
end;
```

No hay que comprobar la precondición en la rutina

```
sqrt(x: REAL): REAL is
  require
        x >= 0;
  do
     "Calcular raíz"
  end;
```

CLIENTE:

```
if (x>=0)
     Math.sqrt(x);
```

El cuerpo de la rutina no comprueba el cumplimiento de la precondición

Rechazo a la "programación defensiva"

- Redundancia es perjudicial: **software más complejo.**

  ¡¡La complejidad es el mayor enemigo de la calidad!!

- Mejor identificar condiciones y establecer responsabilidades.

- Tedioso eliminar o ignorar los controles cuando no se necesiten

- Paradoja: "La fiabilidad se mejora chequeando menos"

  ¡¡Garantizar mas comprobando menos!!

  "El código cliente debe comprobar la precondición"

Diseño por Contrato y assert

```
/** Insertar en la tabla elemento con clave key */

public void put (Object elemento, String key) {

  assert count < capacity: "fallo en la pre";

        int oldCount = count;

          ... "algoritmo de inserción"

   assert  count <= capacity &&
           item (key).equals(elemento) &&
           count == oldCount + 1: "fallo en la post";
}
```

El control de las precondiciones no se debe dejar en manos de los assert (excepciones Runtime)

3.- Abordando los casos excepcionales

Técnicas de diseño
- Esquema a priori
- Esquema a posteriori
- Mecanismo de excepciones

- **Esquema a priori:**
  - Se pide al cliente que tome medidas por adelantado para evitar posibles errores
  - Los errores en ejecución implican un error del cliente.

```
if pre(y) then
   operacion(y)
else
   --acción alternativa
end
```

```
operacion(x:...) is
  require
     pre(x)
do
   …acción si pre= true
end
```

Problemas del esquema a priori

- **Problemas de eficiencia:**
  - No siempre es posible comprobar primero la precondición.
  - **Ejemplo**: calcular si una matriz es o no singular antes de calcular su inversa.
- **Limitaciones de los lenguajes de asertos**:
  - Algunas aserciones no se pueden expresar.
  - Cuando la precondición es una propiedad global de una estructura de datos y necesita cuantificadores.
  - **Ejemplo**: comprobar que un grafo no tiene ciclos.
- **El éxito depende de eventos externos:**
  - Es imposible comprobar la aplicabilidad sin ejecutarla.
  - **Ejemplo**: una línea de comunicaciones

Esquema a posteriori

- Probar después de la ejecución de la operación.
- Sólo es posible en algunas ocasiones.

```
obj:A
x:INTEGER
obj.operacion(y)
if obj.exito then
   x:= obj.resultado
else
   ...manejar el error
end
```

```
class A feature
  exito: BOOLEAN
  resultado:INTEGER
  operacion(x:...)is do
    …acciones
    …actualiza éxito y resultado
  end
end
```

Mecanismo de excepciones

- Existen casos en los que no es posible utilizar las técnicas anteriores:
  - errores del hardware o del sistema operativo
  - detección de errores tan pronto como sea posible aunque no se pueda detectar con una precondición
  - tolerancia frente a fallos del software
- En estos casos parece necesarias las técnicas basadas en excepciones.

Cuando se rompe el contrato: tratamiento de excepciones

- Buscar un *equilibrio* entre:
  - **CORRECCIÓN** = comprobar todos los errores
  - **CLARIDAD** = no desordenar el código del flujo normal con excesivas comprobaciones
- Solución elegante => **MECANISMO DE EXCEPCIONES**
  - Separa el código de trabajo del código que maneja el error mediante cláusulas `try-catch`
  - Permite la **propagación de errores** de manera ordenada. Si el método al que se invoca encuentra una situación que no puede manejar, pueda lanzar una excepción y dejar que la trate el método que le llamó.
  - Se **registran las situaciones "excepcionales"** anticipadamente de manera que el compilador puede asegurar que se tratan.
- **Excepción:** suceso inesperado o no deseado

Cláusula try-catch

-Se evalúan en **orden**
- Sólo se ejecuta **una**

Una excepción **es un objeto!!**

```
try{
   //sentencias comportamiento normal
}catch (TipoExcepcion e){
   //tratamiento recuperación o re-throw
}catch (TipoExcepcio2 e){
   //tratamiento
}
   ...
finally{
   //sentencias que se hacen SIEMPRE
   //salte o no una excepción
}
```

Ej: cerrar ficheros

Cualquier nº. Si no
ay se pasa al código
e invocó este método

¿Cuándo se lanza una excepción?

- ORIGEN de una excepción:
  - "se rompe el contrato"
    - (fallo en la precondición o postcondición)
  - "condición anormal"

- Un método lanza una excepción cuando se encuentra con una **condición anormal** que no puede manejar.
  - Ejemplo: EOF cuando leemos enteros de un `DataInputStream` (no puede ser –1).
  - Ejemplo: invocar `nextToken()` sin ningún token en el `StringTokenizer`

- Evite utilizar excepciones para indicar condiciones que son razonables que ocurran como parte del funcionamiento típico de un método.

Ejemplo: Se rompe el contrato

- En la clase `String`:

```
public char charAt(int index) {
        if ((index < 0) || (index >= count)) {
            throw new StringIndexOutOfBoundsException(index);
        }
        return value[index + offset];
}
```

- Si el cliente llama `chartAt(-1)` rompe el contrato (no cumple la **precondición**) y se le debe informar de ello lanzando una excepción (`StringIndexOutOfBoundsException`).
- Si el método encuentra problemas con los recursos runtime y es incapaz de devolver el carácter en la posición solicitada (no puede cumplir la **postcondición**) debe indicarlo lanzando una excepción.

¿Comportamiento "normal" o excepcional?

A.
```
Pasajero getPasajero(){
 try{
   Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
 }catch (PasajeroNoEncontradoException e){
   //hacer algo
 }
}
```

Que la búsqueda devuelva un conjunto vacío forma parte del procesamiento **normal**

B.
```
Pasajero getPasajero(){
  Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
  if (p==null)                    //¿Forma parte de la semántica de getPasajero?
      throw new PasajeroNoEncontradoException();
                                  //situación excepcional
}
```

¿Valores especiales de retorno o excepciones?

Valores especiales

a) ¿Se puede distinguir siempre el resultado especial de un resultado normal?

- `List>>indexOf()` devuelve un -1 cuando no se encuentra el elemento en la lista porque el índice -1 no es un índice válido.
- `DataInputStream>>getInt()` no puede indicar el EOF como -1 porque es uno de sus valores válidos.

b) ¿Qué ocurre si al que llama se le olvida comprobar el valor especial de retorno?

```
Empleado e  = plantilla.buscar(dni);
e.subirSueldo() → NullPointerException
```

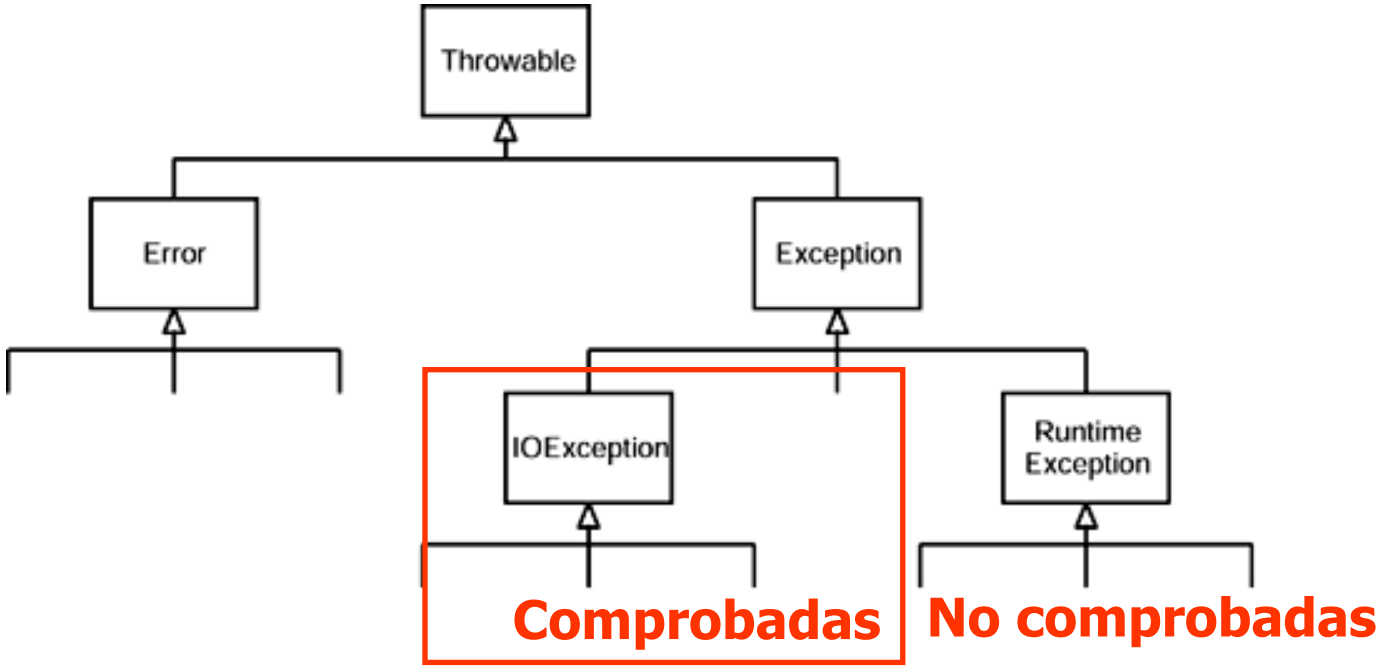
- Las excepciones no tienen ninguno de estos problemas

Tipos de excepciones en Java

- **Comprobadas** (**`Exception`**):
  - Indican un fallo del método en cumplir su contrato (falla la **postcondición**).
  - Si se lanza una excepción comprobada en un método hay que declararla en la cláusula `throws`.
  - Fuerzan a los clientes a tratar la excepción potencial.
  - Ejemplo: `IOException`

- **No comprobadas** (**`RuntimeException`**):
  - Indican un uso inadecuado de la clase (fallo en la **precondición**).
  - El cliente decide si capturarla o ignorarla.
  - Ejemplo `StringIndexOutOfBoundsException`

Jerarquía de excepciones en Java



- La jerarquía `Error` describe errores internos y agotamiento de recursos del sistema de ejecución de Java.
- El programador no debe lanzar objetos de tipo `Error`.
- El programador debe centrarse en las excepciones de tipo `Exception`.

Manejo de excepciones en Java

- Si se invoca a un método `m1` que tiene una excepción comprobada `e1` en su cláusula `throws`, en un método `m2` existen tres opciones:

  1) `m2` **capturar** la excepción **y la gestiona**.

  2) `m2` **capturar** la excepción **y la transforma** en una excepción `e2` declarada en su cláusula `throws`

  3) `m2` declara la excepción e1 en su cláusula `throws` y **hace que pase** por el método (aunque puede incluir algún tratamiento en la cláusula `finally`)

Ejemplo caso 1

```
Pasajero getPasajero(){
    try{
       Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana
  Col");
    }catch (MalformedURLException mue){
       //hacer algo
    }catch (SQLException sqle){
       //hacer algo
    }
}
```

- Necesita devolver un valor especial para señalar el error al método que llame a `getPasajero()`
- El método que llama debe controlar todos los posibles valores de retorno

Ejemplo caso 3

```
Pasajero getPasajero()throws MalformedURLException,
   SQLException{
   Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana
   Col");
}
```

- Se pasa hacia arriba toda la responsabilidad de manejo de las situaciones excepcionales.

- Problema cuando existen múltiples límites entre sistemas.

Ejemplo caso 2

```
Pasajero getPasajero()throws ViajeException{
    try{
        Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
    }catch (MalformedURLException mue){
        //hacer algo
        throw (new ViajeException("Fallo búsqueda",mue);
    }catch (SQLException sqle){
        //hacer algo
        throw (new ViajeException("Fallo búsqueda",sqle);
    }
}
```

- Transforma una excepción de nivel de sistema en una de nivel de aplicación.
- Solución elegante al problema del caso3.

Definición de nuevas excepciones

```
public class ViajeException extends Exception
{
   private Exception excepcionOculta;
   public ViajeException(String error, Exception e){
       super(error);
       excepcionOculta = e;
   }
   public Exception getExcepcionOculta(){
       return excepcionOculta;
   }
}
```

- Podemos encapsular la excepción de bajo nivel para conservar la información de la excepción que tuvo lugar.
- Razones: nombre más significativo, añadir información.

Definir un nuevo tipo de excepción

```
public class NuevaExcepcion extends
                                [Exception|RuntimeException]{
   public NuevaExcepcion (){
       super();
   }

   public NuevaExcepcion (String s){
       super(s);
   }
}
```

¿Excepción comprobada o no comprobada?

- Se debe definir una excepción **no comprobada** si se espera que el usuario escriba código que asegure que no se lanzará la excepción, porque:
  - Existe una forma adecuada y no costosa de evitar la excepción.
  - El contexto de uso es local.
  - Ejemplo: `EmptyStackException`
- En otro caso, la excepción será **comprobada**.
  - Ejemplo: `FileNotFoundException`

• Utiliza excepciones comprobadas para los resultados especiales y las excepciones no comprobadas para fallos.

Guías

- Si el método encuentra una **situación anormal** que no puede manejar, debe lanzar una excepción.
- Evite utilizar excepciones para indicar condiciones que forman parte del funcionamiento normal del método.
- Si se lanza una excepción por una condición anormal que el **cliente debería tratar**, debe ser una excepción **comprobada**.
- Si el cliente rompe su parte del contrato (**precondición**) lanza una excepción **no comprobada**.
- Si el método es incapaz de cumplir su parte del contrato (**postcondición**) lanza una excepción **comprobada**.

Consejos para el uso de excepciones (1/2)

- El manejo de excepciones no debe sustituir a una sencilla comprobación

`if (!pila.empty)`
`  pila.pop();`
	`try{`
	`  pila.pop();`
	`}catch (EmptyStackException e){`
	`  //tratar`
	`}`

Intentar 1.000.000 de veces sacar información de una pila vacía	
154 milisegundos	10739 milisegundos

Consejos para el uso de excepciones (2/2)

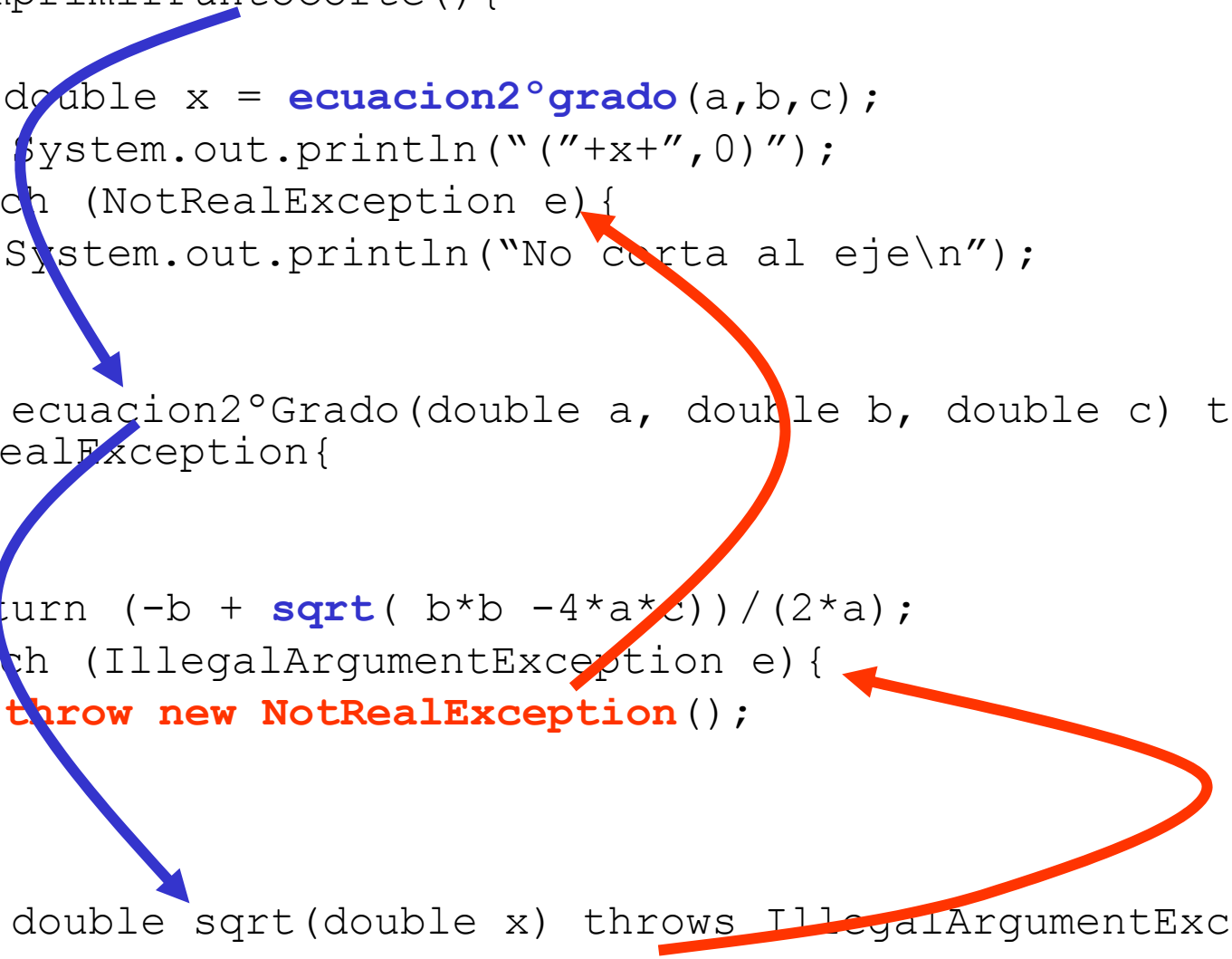
- Toda la ejecución normal en un bloque try en lugar de probar cada sentencia en un bloque try
- Utilizar la jerarquía de excepciones convenientemente
  - No lanzar `RuntimeException` sino la subclase adecuada
  - No capturar `Throwable`, especificar el tipo de excepción que se captura para mejorar el mantenimiento y la legibilidad
- No *silenciar* las excepciones: `catch (Exception e) {}`
- Deja pasar una excepción hasta el manejador más adecuado

```
oid imprimirPuntoCorte(){
  try{
       double x = ecuacion2°grado(a,b,c);
       System.out.println("("+x+",0)");
  }catch (NotRealException e){
       System.out.println("No corta al eje\n");
  }

ouble ecuacion2°Grado(double a, double b, double c) throws
  NotRealException{

  try{
    return (-b + sqrt( b*b -4*a*c))/(2*a);
  }catch (IllegalArgumentException e){
       throw new NotRealException();
  }


ublic double sqrt(double x) throws IllegalArgumentException{
    if (x<0) throw new IllegalArgumentException();
    …
```



¿Exception o Runtime?

Ejemplo manejo de excepciones en Java

```
public int LeerEnteroTeclado() throws IOException {

   boolean fin= false;
   int fallos;
   int enteroLeido=-1;
   for (fallos=0;((fallos<=5) && (fin==false));fallos++){
         try{
              enteroLeido=getInt();
              fin = true;
         catch(NumberFormatException e){
              System.out.println("Un entero!!");
         };
   }
   if (!fin) throw (new IOException());
   else return enteroLeido;
}
```

RETRY

Diseño por Contrato y Java

```
/** Insertar en la tabla elemento con clave key */

public void put (Object elemento, String key) {

  if (count >= capacity) throw new FullMapException();

      int oldCount = count;

        ... "algoritmo de inserción"

   assert  count <= capacity &&
           item (key).equals(elemento) &&
           count == oldCount + 1: "fallo en la post";
}
```

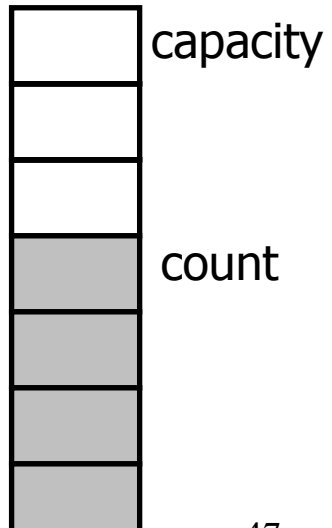
El control de las precondiciones se debe implementar
Utilizando excepciones Runtime

Diseño por Contrato y Java

```
public class Stack{
   …
   /**
   /* @pre:  Pila no vacía
   /* @post: Pila no llena & tiene un elemento menos
    /* @throws EmptyStackException si la pila está vacía */
   public void remove() {
PRE   if (this.empty())
            throw (new EmptyStackException());
      count = count -1;
POST  assert !this.full(): "Pila llena";
   }
}
```

- El cliente en ambos casos tendrá que:

```
if (!pila.empty())
            pila.remove();
```



Ejercicio

[Exam Sept-06

```
/**
  * Representa los números racionales
  * @inv denominador > 0
  */
public class Fraccion{
   private int numerador;
   private int denominador;
   public Fraccion (int n, int d){
      numerador = n;
      denominador = d;
   }
   /** Cambia numerador por denominador
     * @pre numerador != 0
     * @post numerador = old denominador AND
             denominador = old numerador
     */
   public void inversa()
     int aux;
     aux = numerador;
     numerador = denominador;
     denominador = aux;
  }
}
```

Herencia y excepciones en Java

- Si redefinimos un método en la subclase, éste no puede lanzar más excepciones comprobadas que el método de la superclase que está redefiniendo.

- El método de la subclase puede lanzar menos.

- Si el método de la superclase no lanza ninguna excepción comprobada, tampoco puede hacerlo el método redefinido de la subclase.