Excepciones - Tratamiento de problemas en tiempo de ejecución

En algunas ocasiones ocurren situaciones inesperadas durante la ejecución de un programa. Por ejemplo, puede no estar presente algún elemento que el programa necesita para ejecutarse, o la entrada de datos no viene como se la espera. En otras ocasiones, los métodos escritos por el programador no se pueden completar, y es necesario "avisarle" al que lo mandó a llamar que éste no ha terminado con éxito.

El objetivo de este tema es aprender a prever los errores que se pueden producir durante la ejecución de una aplicación y la forma de enfrentarlos desde el código.

El manejo de excepciones permite un tratamiento sencillo y transparente de errores.

Las excepciones son el mecanismo por el cual pueden controlarse en un programa las condiciones de error que se producen. Estas condiciones de error pueden ser errores en la lógica del programa (un índice de un array fuera de rango, una división por cero) o errores disparados por los propios objetos que denuncian algún tipo de estado no previsto, o condición que no pueden manejar.

Utilizadas en forma adecuada, las excepciones aumentan en gran medida la robustez de las aplicaciones.

Comprobación de estados

La comprobación de estados hace referencia a las condiciones que deben cumplir los estados de ciertos objetos antes o después de realizar una operación.

Ejemplo:

resultado = a / b;

Es evidente que la condición previa que se debe cumplir es que ***b*** sea distinto de cero. Sin embargo, no siempre las precondiciones son tan fáciles de evaluar.

En otros casos, menos habituales, se deben chequear postcondiciones, como en la lectura de un dato correspondiente a una fecha (condición de tipo de dato).

Con la comprobación de estados se busca evitar o minimizar la posibilidad de que un objeto quede en estado inválido, por no haber terminado correctamente una tarea que afecta al objeto.

Este objetivo puede ser enfocado de dos maneras: en forma conservadora, o en forma optimista.

Enfoque conservador

Al enfoque conservador de comprobación de estados se lo puede caracterizar como: *comprobar primero, actuar después*. La idea de este enfoque es comprobar que se cumple la precondición y realizar la tarea solamente en ese caso. En el ejemplo de la división, se hubiera seguido un enfoque conservador si se hubiese chequeado que ***b*** no fuera cero antes de hacer la operación.

Es una forma muy común de encarar las dependencias de estados, y permite tomar acciones correctivas, pero sólo se puede aplicar a la verificación de precondiciones, no así de postcondiciones.

Hay tres políticas alternativas a seguir cuando una precondición no se cumple:

- Rechazo
- Suspensión protegida
- Plazos temporales

En un caso de **rechazo,** si no se cumplen las condiciones no se realiza la operación, enviando algún tipo de aviso al usuario o al módulo invocante. Es una solución extrema y poco recomendable, dado que no permite resolver el problema.

Ejemplo:

```
if (b != 0){
      resultado = a / b;
}
else{
      System.out.println ("Valor de divisor inválido");
}
```

Una implementación un poco más elegante de la misma política, y que permite resolver el problema en otro ámbito (desde donde es invocado el método), es:

```
public boolean unMetodo(){
    boolean unError = true;
    if (b != 0) {
      resultado = a / b;
    }
    else{
        unError = false;
    }
    return unError;
}

public void metodoInvocante(){
  if(unMetodo())
       // continua ejecución  }
  else{
      System.out.print("Divisor inválido");
  }
 }
```

Utilizando **suspensión protegida** se espera a que la precondición sea verdadera para realizar la acción. Generalmente en estos casos se da algún tipo de participación al usuario, como en el ejemplo que sigue:

```
while (b == 0) {
   System.out.println("Valor de b inválido, ingréselo nuevamente");
   leer(b);
}
resultado = a / b;
```

Este es un enfoque ingenuo, dado que presupone que el usuario sabe qué valor debe darle a una variable interna del programa.

Si se tratara de un programa concurrente, la precondición puede variar como resultado de otro hilo o proceso que modifique el estado de alguno de los objetos que participan de la misma. En estos casos, se implementaría así:

```
do {}
while (b == 0);   // espera a que el estado cambie
resultado = a / b;
```

Los **plazos temporales** corresponden a una suspensión protegida, pero limitada a un intervalo de tiempo (en contextos concurrentes) o a un número de intentos, pasando luego al rechazo.

No obstante, el enfoque conservador no es la única ni necesariamente la mejor forma de resolver estos problemas.

Enfoque optimista

Este enfoque consiste en *intentar primero, analizar después.* Se realiza la operación independientemente de que se pueda hacer o no. Y si durante la ejecución surge un problema o al final de la misma no se cumple una postcondición necesaria, se intenta resolver el inconveniente.

Parece una forma rara de resolver problemas. Sin embargo, a menudo es la forma más razonable. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si la precondición es muy costosa de evaluar y simultáneamente es poco probable que no se cumpla. Si en un caso así se evalúa siempre la precondición se estaría introduciendo un factor de ineficiencia a la aplicación, para tratar casos que habitualmente no se presentan. Por otra parte, es

la única forma de comprobar postcondiciones.

La forma más común de manejar la dependencia de estados con un enfoque optimista es mediante el uso de excepciones.

Errores y excepciones

La razón de trabajar con excepciones es que habitualmente en el punto en que surge un error no siempre se sabe qué decisión tomar. Por ejemplo en el caso de una función de biblioteca comprada, que deba obtener el promedio de una serie de valores contenidos en un vector. ¿Qué debería hacer la función si el vector que se le pasa está vacío? El problema surge porque en el contexto de la función no hay suficiente información para resolver la anomalía. Por lo tanto, se debe salir de la función hacia el módulo que la invocó, informando esta situación, pero sin provocar la finalización del programa ni enviar mensajes al usuario, que tampoco tiene información suficiente sobre el problema.

Nótese que se habla de *excepciones* cuando el problema no se puede resolver en un determinado contexto. Si se pudiera resolver sería un inconveniente normal, no una excepción. La idea subyacente es que cuando surge una excepción no hay forma de continuar y se debe elevar la misma a un contexto de nivel superior para que resuelva el inconveniente.

Por lo tanto, una ***excepción*** (o condición excepcional) es una situación inesperada o inusual que interrumpe el normal funcionamiento del programa, y que no puede ser resuelto en el contexto en el que se produce. Una excepción se provoca cuando no se cumple una precondición o una postcondición.

Las operaciones de manejo de archivos, de reserva de memoria, los conflictos de hardware o del sistema operativo, etc., pueden generar excepciones que deban controlarse.

Una solución ingenua es pedirle ayuda al usuario final. Se dice que es ingenua debido a que no considera que hay muchos errores que un usuario final no es capaz de entender ni de resolver, además de que puede hablar otro idioma.

En la programación tradicional, el modo habitual de tratar condiciones de excepción fue devolviendo un valor especial, poniendo un valor en una variable global o mediante un parámetro definido a tal efecto. Esto tenía más de un inconveniente:

- a menudo los programadores clientes no chequean estas variables o valores especiales. Esto puede parecer un comportamiento equivocado, pero pasa a ser bastante lógico cuando para chequear cada valor de retorno se convierte al código en ilegible. Un caso clásico son los programas concurrentes, en los cuales las posibilidades de excepciones pueden provocar más líneas que el código principal.
- en un sentido similar, el chequear las condiciones de error deja el código normal o básico muy acoplado con aquél que se ha escrito para manejar los errores, haciendo que se pierda la claridad del programa (alto acoplamiento)

El propósito de trabajar con excepciones es aislar el código que se usa para tratar las mismas, del código básico que resuelve el problema original. De esta manera el código básico queda más legible. Además, brinda una forma unificada de reportar errores.

Se busca crear software más robusto de una forma sencilla. Para que un producto sea robusto, cada componente debe serlo.

El primer lenguaje conocido que soportó excepciones fue Basic. Otros lenguajes implementaron alguna función que se debía llamar en caso de errores. Desde sus primeras versiones el lenguaje Ada llevó el concepto de excepción a los lenguajes estructurados y lo perfeccionó. Luego fue implementado en los lenguajes de POO.

Las excepciones se pueden clasificar en:

- excepciones *de negocio:* provocadas por problemas de la aplicación misma, como una división por cero causada por un valor que una variable no debería haber tomado.
- excepciones *técnicas:* se deben a problemas imprevisibles durante la ejecución del programa, como una conexión a Internet que se interrumpió o una falla en la memoria de la computadora.

Formas de tratar excepciones

Hay varias formas de tratar excepciones:

- **Finalización súbita**: es la respuesta extrema, aplicable solamente si se está seguro de que el problema hace fallar a toda la actividad completa y los objetos implicados no van a ser usados nunca más. También es conveniente aplicarla si la pretensión de seguir trabajando puede empeorar las cosas. La forma de implementarla es, o bien dejar que el programa falle irreversiblemente, o provocar explícitamente una excepción que finalice la aplicación completa.
- **Continuación ignorando las fallas**: este tipo de respuesta, aparentemente irresponsable, es válida cuando no tiene consecuencias. Por ejemplo, cuando algo falla al intentar cerrar un archivo sobre el que sólo se realizaron consultas, o cuando se pierde un cuadro o parte del mismo durante una animación.
- **Vuelta atrás**: en este modelo, cuando se da la falla, el objeto vuelve al estado anterior. Este tratamiento suele ser más complejo si no viene soportado en el lenguaje: en general hay que guardar el estado del objeto (o la parte que se modifica del mismo) de alguna manera antes de la excepción, lo que implica que toda operación usada en el bloque problemático debe tener una especie de método inverso para garantizar la vuelta atrás, como un crédito que se anula con un débito. Por lo tanto, esta metodología no es aplicable cuando la acción problemática cambia irrevocablemente objetos, o el medio externo, como por ejemplo con acciones de entrada y salida.
- **Avance y recuperación**: esta respuesta consiste en seguir adelante, pero tratando de restablecer un estado legal y coherente en los objetos implicados. En general se aplica cuando la vuelta atrás no es factible.
- **Nuevo intento:** es un caso ampliado de la vuelta atrás, volviendo a probar luego que se restablecieron los estados de los objetos. Es una solución interesante en ámbitos de concurrencia. Por ejemplo, en un programa concurrente o distribuido, se puede esperar que otro hilo o proceso cambie los estados de los objetos mientras el hilo o proceso en cuestión sigue intentando. Se aplica también a los casos de fallos en máquinas remotas o en la conexión con las mismas, que se espera que puedan ser transitorios o reversibles. Para evitar quedar bloqueado consumiendo ciclos de procesador en exceso, se puede usar la técnica del retardo exponencial, que consiste en que cada retardo es proporcionalmente más largo que el anterior (como hacen los protocolos de Ethernet), o abandonar luego de un número de intentos o tiempo transcurrido. Una variante sería la de intentar de nuevo resolver el mismo problema, pero con un algoritmo distinto u otra versión del mismo, esperando que el problema no surja de nuevo.

Lanzamiento de excepciones

El objetivo es que el código que encuentra un problema y no lo pueda tratar *eleve*, *lance* o *arroje (throw)* una excepción, que será *atrapada* o *capturada (catch)* por el módulo que invocó al método que está corriendo. Dicho módulo podrá manejar el problema de acuerdo a cómo esté preparado para ello.

Por ejemplo, una función podría ser:

En lenguaje Ada 83	**En lenguaje Java**

function Dividir (X, Y : FLOAT) return FLOAT is begin
  if y = 0 then
  raise DivisionPorCero; - eleva una excepción
  else
  return X/Y;
  endif;
end Dividir;
	public float dividir (float x, float y){
	  if (y = = 0){
	  throw new DivisionPorCero
	  }
	  else{
	  return x/y;
	  }
	}

donde *DivisionPorCero* es una excepción definida en un módulo más externo como:	
DivisionPorCero : exception;	class DivisionPorCero extend Exception {}

Se espera que el módulo que invocó a la función tenga un *manejador* que le permita ejecutar un código especial que trate el problema. En este ejemplo, la sección de código que utilice (invoca) a la

función/método dividir, debe atrapar (catch) la excepción, y actuar en consecuencia (manejarla).

Cuando se dispara una excepción se corta el hilo de ejecución normal y se eleva la excepción hacia el contexto superior que invocó el método. De alguna manera, elevar una excepción es reconocer un fracaso en el módulo en cuestión, y como consecuencia se provoca una excepción en el módulo invocante, que es quien deberá manejarla. Quien toma el hilo de ejecución es ahora el manejador de excepciones del módulo invocante, y éste se ocupa de resolver el problema. Si no existiera un manejador de excepciones en el mismo, se dispara la misma excepción al nivel superior, y así sucesivamente. Si la excepción no fuera capturada en ningún nivel, llegaría a salir del programa, abortándolo.

Los lenguajes orientados a objetos prefirieron definir clases de excepciones. Por ejemplo, en Java:

```
if (p == null)
      throw new NullPointerException();
```

lo que hace es lanzar una excepción de la clase *NullPointerException* (nótese que se la está construyendo en el momento de lanzarla → operador new).

Por supuesto, en algún lado debe estar definida la clase *NullPointerException.* En este caso es una excepción predefinida, del paquete estándar *java.lang*, pero en otras oportunidades será necesario definirla.

Los constructores de excepciones son siempre dos por defecto: uno sin parámetros (como el mostrado en el ejemplo anterior), y otro que recibe una cadena de caracteres que se usa para enviar información pertinente, como muestra el ejemplo que sigue:

```
if (p = = null)
      throw new NullPointerException("Puntero nulo");
```

La modalidad de trabajo es disparar una excepción de una clase diferente por cada tipo de anomalía. En general es la propia clase de excepción la que se usa para determinar de qué error se trata por parte de quien la recibe. Por eso es especialmente importante elegir un buen nombre para la clase de excepción.

En Java, en la declaración del método se indica qué excepciones arroja, de modo que el cliente de la clase sepa qué excepciones debe manejar. Para ello se usa la cláusula *throws.*

Ejemplo:

```
public static double potenciaReal(double base, double exponente) throws
                                  ProblemaConPotencia {
   if (base < 0)
      throw new ProblemaConPotencia();
   else
      return (exponente * Math.exp(Math.log(base));
}
```

donde *ProblemaConPotencia* es una excepción definida como:

```
class ProblemaConPotencia extend Exception{}
```

en un módulo más externo.

Captura de excepciones y manejadores

El *manejador* es una porción del código que va a decidir qué hacer con la excepción que recibe. Por ejemplo, un fragmento de código Ada 83 podría usar la función Dividir que definimos más arriba y tratar la excepción *DivisionPorCero:*

```
begin
     resultado := Dividir(Numerador,Denominador);
     exception
```

```
      when DivisionPorCero
           PUT("Error: el denominador es nulo");
end;
```

Los lenguajes más nuevos, como Java, manejan el concepto de **región segura**, la cual consiste en un bloque especial enmarcado por la palabra *try*. Los manejadores, entonces, se ocupan de tratar las excepciones lanzadas dentro del bloque try. La estructura del bloque try es como sigue:

```
try {
      // código que puede provocar excepciones
}
catch (Clase1 exc1) {
      // código que maneja las excepciones cuya clase es Clase1
}
catch (Clase2 exc2) {
      // código que maneja las excepciones cuya clase es Clase2
}
```

try

Es el bloque de código donde se prevé que se genere una excepción. Es como decir "intenta estas sentencias y mira a ver si se produce una excepción". El bloque try tiene que ir seguido, al menos, por una cláusula catch o una cláusula finally

catch

Es el código que se ejecuta cuando se produce la excepción. Es como decir "controlo cualquier excepción que coincida con mi argumento". Se pueden colocar sentencias catch sucesivas, cada una controlando una excepción diferente. No debería intentarse capturar todas las excepciones con una sola cláusula, como esta:

```
catch( Excepcion e ) { ... }
```

Esto representaría un uso demasiado general, podrían llegar muchas más excepciones de las esperadas, y no permite tomar la decisión adecuada.

En Java todas las clases de excepciones derivan de un ancestro por omisión que se llama *Exception.* De hecho, una excepción es tal por el hecho de declararla como descendiente de *Exception.* Como cualquier excepción puede ser capturada por un manejador diseñado para una excepción de una clase ancestro, poner un manejador de excepciones *Exception* es una buena idea para capturar las excepciones no mencionadas explícitamente.
Ejemplo:

```
try {
      z = potenciaReal(x,y);
}
catch (ProblemaConPotencia e) {
      System.err.println("Hay un problema con la base de la potencia");
      z = 0;
}
catch (Exception e) {// captura cualquier excepción salvo ProblemaConPotencia
   System.err.println("Problema desconocido");
}
```

Hay una clase de excepción predefinida llamada *RuntimeException,* de la cual descienden todas las clases de excepciones provocadas por errores de programación como *NullPointerException* y *IndexOutOfBoundsException.* Son excepciones que Java lanza siempre, y si no se tratan terminan en un

error de programa que provoca un aborto.

Cada vez que se provoca una excepción, el programa compara la excepción generada con cada manejador hasta encontrar el primero que se ajusta al tipo de error. Una vez que la excepción fue manejada, nadie más la puede manejar y el problema se considera terminado.

Existe una cláusula *finally* que contiene código que se ejecuta siempre, al final de la región segura, independientemente de que se hayan disparado o no excepciones. Esta porción de código, que se ejecuta luego de todos los manejadores y antes de que se lancen excepciones al contexto de nivel superior, suele ser muy útil para liberar recursos, como cerrar un archivo o una conexión de red y, en los lenguajes que no tienen recolección automática de basura, para liberar memoria.

Se debe tener especial cuidado con las excepciones lanzadas o capturadas por constructores, pues un objeto no se crea realmente hasta que no finaliza correctamente su constructor. Esto hace que un constructor pueda haber comprometido recursos que luego no se utilicen por causa de la excepción.

Una excepción en Java no puede ser ignorada como si fuera un argumento booleano. Una excepción que se recibe de la cláusula *throws* de un método invocado debe ser capturada o vuelta a lanzar.

Por lo tanto, esta versión de método **no es válida**:

```
// el código que sigue no compila:
      public double suma() {
            double s = 0;
            for (int i = 0; i < 10; i++)
                  s += potenciaReal(x[i],y[i]);
            return s;
      }
```

Este código no es válido debido a que no se captura la excepción. Hay dos soluciones posibles. Una es capturar la excepción recibida de *potenciaReal*, como sigue:

```
public double suma() {
   double s = 0;
   try {
         for (int i = 0; i < 10; i++)
               s += potenciaReal(x[i],y[i]);
   }
   catch (ProblemaConPotencia e ){
         System.err.println("Hay un problema con la base de la potencia ");
   }
   return s;
}
```

La otra posibilidad es declarar que se lanza nuevamente la excepción, lo cual obliga al módulo de nivel superior a capturarla:

```
      public double suma() throws ProblemaConPotencia {
            double s = 0;
            for (int i = 0; i < 10; i++)
                  s += potenciaReal(x[i],y[i]);
          return s;
      }
```

Esta segunda opción se utiliza cuando no se sabe qué hacer con la excepción. No se debe olvidar que el objetivo de lanzar una excepción es enviarla a un ámbito en el cual se sepa cómo tratarla. Por lo tanto, si en un método no se sabe cómo tratar una excepción, lo más coherente es enviarla un nivel más arriba.

Hay programadores que evitan estas normas declarando simplemente que el método arroja la excepción raíz *Exception*, o bien capturan siempre dicha excepción. El problema con este enfoque es que, al ser tan general, se pierden las ventajas de documentación y control que da una mayor granularidad en el tratamiento de problemas.

La obligación de tratar las excepciones de los métodos invocados tiene dos ventajas:

- Hace a los programas más robustos.
- Es el compilador el que avisa que no se está capturando la excepción, por lo que no es posible olvidarse, y el problema nunca llega al tiempo de ejecución.

Atributos y métodos en excepciones creadas por el programador

El objetivo de que el programador cree sus propias clases de excepciones es indicar con precisión el tipo particular de error que un método puede elevar.

En Java, cuando se lanza una excepción se crea un objeto de su clase, que es capturado por el manejador. El propósito de esta práctica es poder almacenar datos en los atributos del objeto, que puedan ser utilizados por el contexto de nivel superior como información adicional.

Ejemplo:

```
public class ProblemaConPotencia extends Exception {
   private double base;
   private double exponente;
   // constructor vacío:
   public ProblemaConPotencia() { }

   // constructor con un parámetro:
   public ProblemaConPotencia (String mensaje) {
          super(mensaje); // llama al constructor de la superclase (Exception), que tiene un string
   }

   // constructor con tres parámetros
   public ProblemaConPotencia (String mensaje, double p_base, double
                                                                  p_exponente) {
      super(mensaje);
      this.setBase(p_base);
      this.setExponente(p_exponente);
     }
     public double getBase() {
      return this.base;
     }
     public double getExponente () {
      return this.exponente;
     }
}
```

A continuación se muestra una función que utiliza esa excepción:

```
public class Math2 {

// ... varios métodos previos

     public static double potenciaReal (double base, double exponente) throws
                                                        ProblemaConPotencia {
        if (base < 0)
              throw new ProblemaConPotencia("Base negativa", base, exponente);
        else
             return (exponente*Math.exp(Math.log(base)));
     }
}
```

Más adelante, quien llame al método *potenciaReal* podrá manejar la excepción de esta manera:

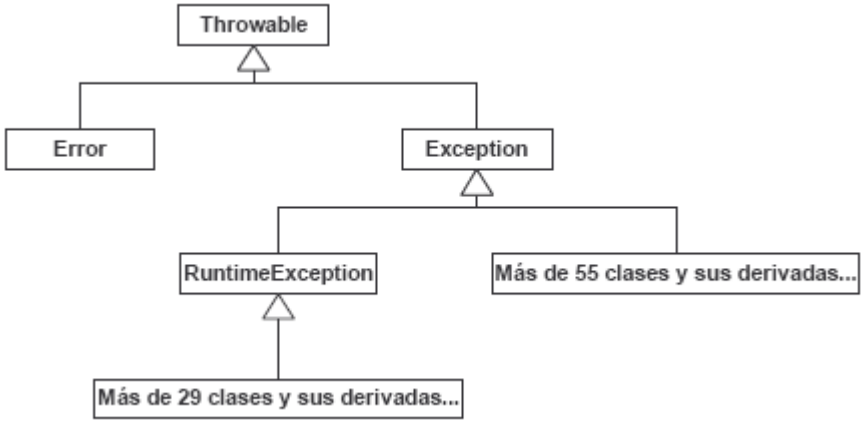
```
    Public class Prueba{
```

```
        ...

        try {
             double w = Math2.potenciaReal(u,v);
        }
        catch (ProblemaConPotencia e) {
            System.err.println("problema con base: " +e.getBase()+
                               " y exponente: "      + e.getExponente());
        }
    }
```

Jerarquías de excepciones en Java

Java define una serie de excepciones y errores en forma estándar. Todos ellos derivan de la clase *Throwable,* según el siguiente diagrama:



Las excepciones de clases descendientes de *Error* no se deberían capturar pues indican problemas muy serios e irrecuperables. Tampoco se pueden capturar al usar la cláusula *catch* para una *Exception* genérica, pues no derivan de esa clase.

Algunas de las excepciones predefinidas más frecuentes son las siguientes:

ArithmeticException

Las excepciones aritméticas son típicamente el resultado de una división por 0:

NullPointerException

Se produce cuando se intenta acceder a una variable o método antes de ser definido:

```
class Hola extends Applet {
   Image img;

   paint( Graphics g ) {
      g.drawImage( img,25,25,this );
      }
   }
```

NoClassDefFoundException

Se referenció una clase que el sistema es incapaz de encontrar.

ArrayIndexOutOfBoundsException

Es la excepción que más frecuentemente se produce. Se genera al intentar acceder a un elemento de un array más allá de los límites definidos inicialmente para ese array.

La figura muestra la jerarquía de clases de excepciones predefinidas, que son las generadas con mayor frecuencia: