Métodos Formales para Ingeniería de Software

Ma. Laura Cobo

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Argentina

Motivación

Los defectos de software causan **grandes** Fallas

Pequeños errores en sistemas técnicos pueden tener consecuencias catastróficas

Resulta particularmente cierto en Sistemas tiempo real. Algunos ejemplos:

- Controladores de envío de ambulancias
- Controles de dispositivos en plantas nucleares
- Controles de dispositivos espaciales
- Seguridad en sistemas de voto electrónico

Motivación

Los defectos de software causan fallas **omnipresentes**

El software actualmente está en casi todas partes

Se encuentra en muchos dispositivos de la vida diaria:

- Teléfonos móviles
- Dispositivos inteligentes
- Tarjetas inteligentes (tarjeta para el transporte público)
- Automóviles (computadoras de abordo)
- Etc.

Consiguiendo software fiable

La fiabilidad no es exclusiva del software, para el resto de las ingenierías también es de suma importancia

Así por ejemplo, en ingeniería civil algunas estrategias utilizadas para alcanzar la fiabilidad son:

- Cálculos y/o estimaciones precisos de fuerza, stress, etc.
- Redundancia de hardware ("hacer las estructuras un poco más fuertes de lo necesario")
- Diseño robusto (una falla no es catastrófica)
- Separación clara de los subsistemas
- El diseño sigue patrones que se ha probado funcionan.

estas estrategias .... ¿funcionan en la ingeniería de software?

Consiguiendo software fiable

¿por qué no funcionan?

- Los sistemas de software computan funciones no continuas. Algo tan simple como el cambio de un bit puede cambiar el comportamiento drásticamente.
- La redundancia, entendida como replicación, no protege contra los bugs.
- No hay una separación clara en subsistemas. Una falla local puede afectar a todo el sistema.
- El diseño de software tiene una complejidad lógica muy alta.
- Los ingenieros de software en general no están entrenados para enfrentar correctitud.
- Se favorece la eficiencia y el costo por sobre la fiabilidad.
- La práctica de diseño para software fiable está en un estado inmaduro particularmente para sistemas complejos, particularmente los distribuidos.

Consiguiendo software fiable

¿ cómo garantizar correctitud ?

La estrategia principal …. **TESTING**

Contra errores internos o bugs

Diseñar configuraciones de test representativas

Controlar el comportamiento pretendido de los mismos

Contra fallas externas

Inyección de fallas (memoria, comunicación)

Propagación de fallas

Sin embargo el testing tiene limitaciones significativas …

- Muestra la presencia de errores, no su ausencia.
- Representatividad de los casos de test. ¿cómo probar lo inesperado? ¿Cómo probar los casos raros?
- Es una labor intensiva y por lo tanto …. costosa.

Consiguiendo software fiable

¿ Qué son los métodos formales?

- Métodos rigurosos utilizados en el diseño y desarrollo de sistemas
- Utilizan matemática y lógica simbólica → **formalidad**
- Incrementan la confianza en un sistema
- Incluyen dos aspectos
- Hacen un modelo formal de ambos y utilizan **herramientas** para probar matemáticamente que la ejecución formal del modelo satisface los requerimientos formales.

Consiguiendo software fiable

¿ Para qué métodos formales?

- Complementan otros análisis y métodos de diseño
- Son buenos en la detección de **bugs**, tanto en el código como en la especificación
- Reducen el tiempo de desarrollo, incluyendo testing y mantenimiento.
- Aseguran ciertas **propiedades** sobre el **modelo** del sistema
- Idealmente deben ser tan automáticos como sea posible.
- El entrenamiento en métodos formales incrementa la calidad del desarrollo

Consiguiendo software fiable

Los **métodos formales** se pueden asociar con **testing**.

- Correr el sistema con las entradas elegidas y observar el comportamiento
  - **Elegidos al azar** puede encontrar bugs, pero no hay garantías
  - **Elegidos en forma inteligente** se realiza a mano, lo que lo hace costoso
  - **Elegidos en forma automática** requiere de una especificación formalizada
- Test de cubrimiento: otras entradas
- Test “oracle”: sobre observaciones

Consiguiendo software fiable

La **especificación** es fundamental, indicar qué es lo que un sistema **debe** hacer

- Propiedades simples
  - **Safety** "cosas males nunca sucederán" (exclusión mutua)
  - **Liveness** "lo bueno eventualmente sucederá"
- Propiedades generales de sistemas concurrentes o distribuidas: deadlock free, no starvation, fairness
- Propiedades no funcionales: ejecución, memoria, usabilidad
- Especificación de comportamiento completa:
  - El código satisface el contrato que describe su funcionalidad
  - Consistencia de datos, invariantes de sistema, modularidad, encapsulamiento
  - Equivalencia de programas
  - Relación de refinamiento

Los métodos formales no se pensaron para:

- Mostrar la "correctitud" de sistemas completos.
- Reemplazar completamente al testing
  - Es importante recordar que los métodos formales trabajan sobre modelos, código fuente o a lo sumo bytecodes
  - Además hay muchas propiedades no formalizables.
- Reemplazar las buenas practicas de diseño

- No se puede verificar código confuso con especificaciones no claras
- Tampoco hay sistemas correctos sin requerimientos claros y buen diseño

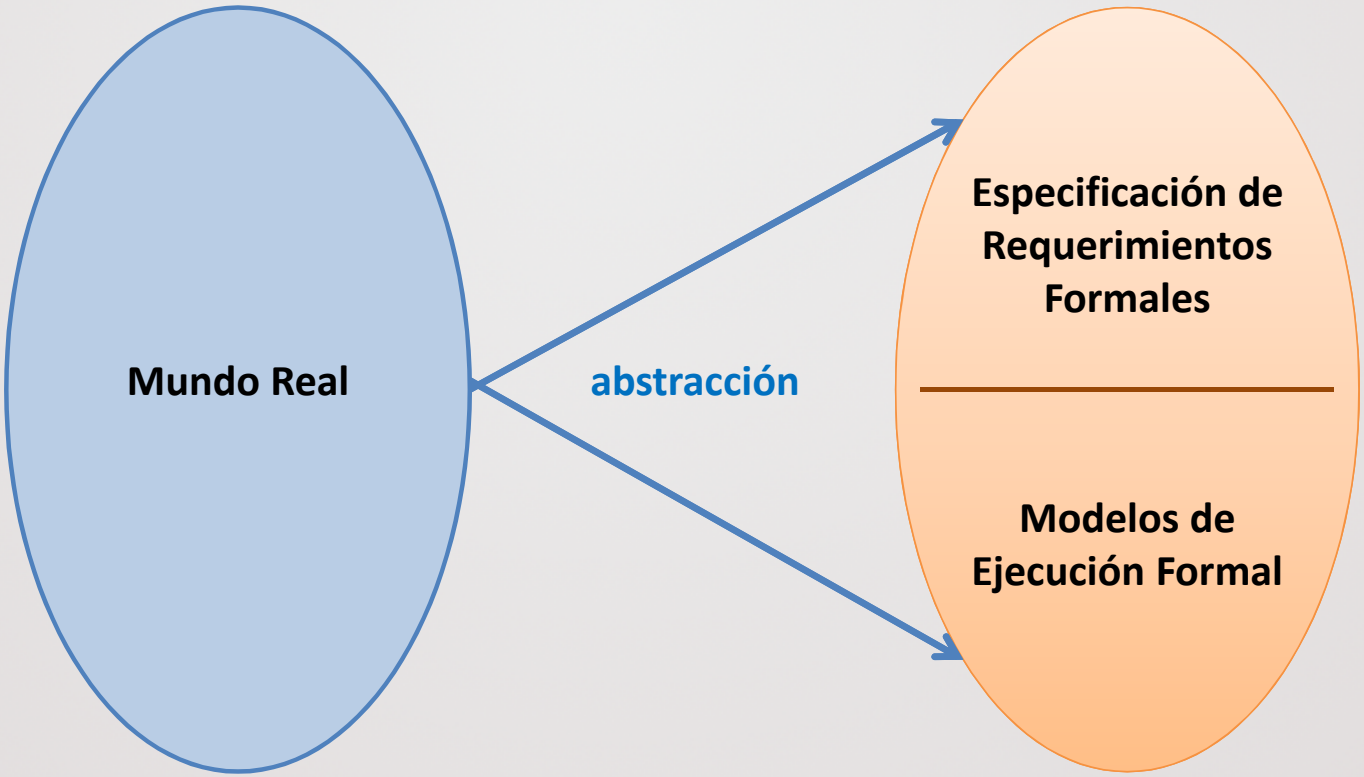
Pero …

- Las pruebas formales pueden reemplazar muchos casos de test.
- Los métodos formales mejoran la calidad de las especificaciones (aún cuando no se haga una verificación formal)
- Los métodos formales garantizan propiedades específicas del sistema modelado

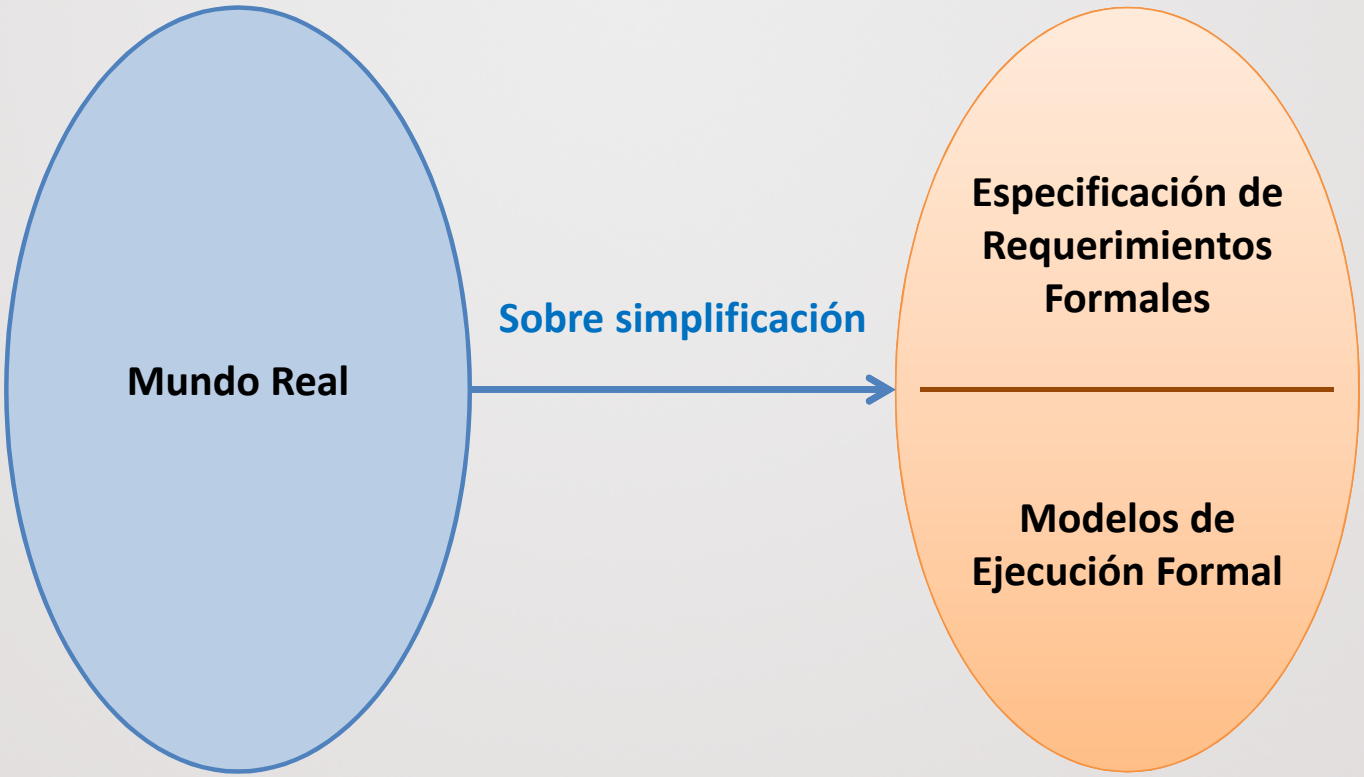
La formalización de los requerimientos de un sistema es difícil

Probar propiedades de un sistema puede ser difícil

Dificultades en crear modelos formales

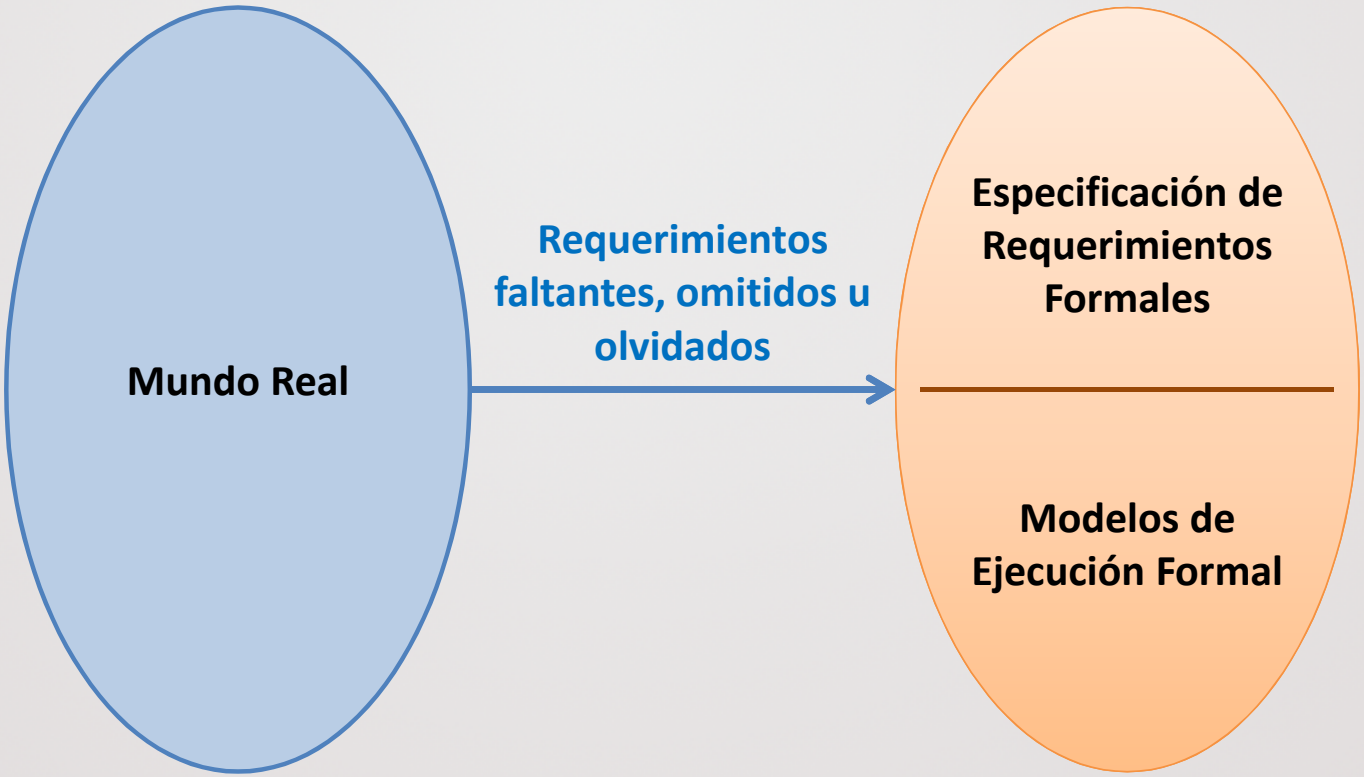


Dificultades en crear modelos formales



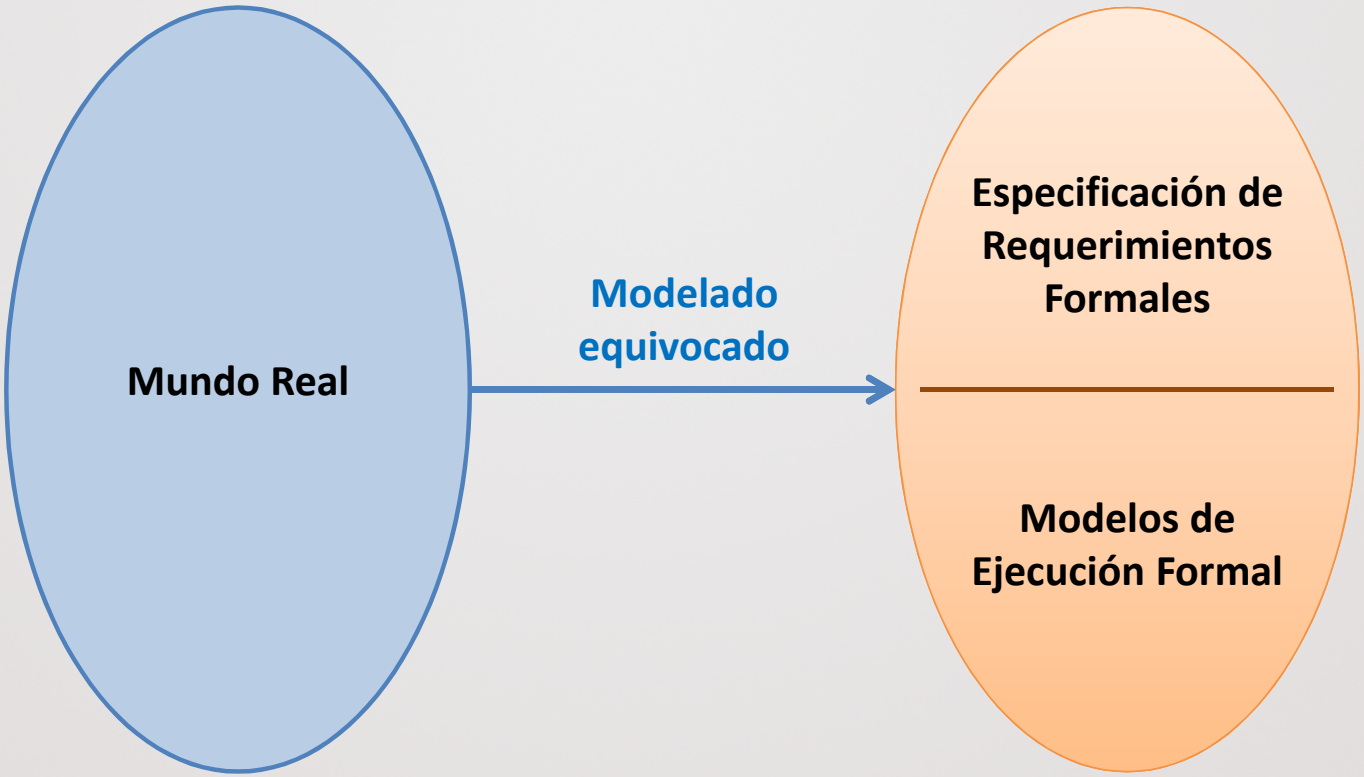
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación – Universidad Nacional del Sur, Argentina

Dificultades en crear modelos formales



Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación – Universidad Nacional del Sur, Argentina

Dificultades en crear modelos formales



Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación – Universidad Nacional del Sur, Argentina

Nivel de descripción del sistema

Nivel abstracto

- Tipos finitos
- Es posible realizar pruebas automáticas
- Simplificación, modelos poco realistas

Nivel concreto

- Tipos infinitos
- Datos complejos y estructura de control
- Modelo de programación real
- Las pruebas automáticas son en general inviables

Expresividad de la especificación

Simple

- Propiedades simples o generales
- Aproximación → baja precisión
- Es posible realizar pruebas automáticas

Compleja

- Especificación de comportamiento completa
- Cuantificación sobre dominios infinitos
- Alta precisión → modelado más ajustado a la realidad
- Las pruebas automáticas son en general **inviables**

Aproximaciones usuales

Programas abstractos Propiedades simples	Programas Abstractos Propiedades complejas
Programas Concretos Propiedades simples	Programas Concretos Propiedades Complejas

Mecanismo de prueba

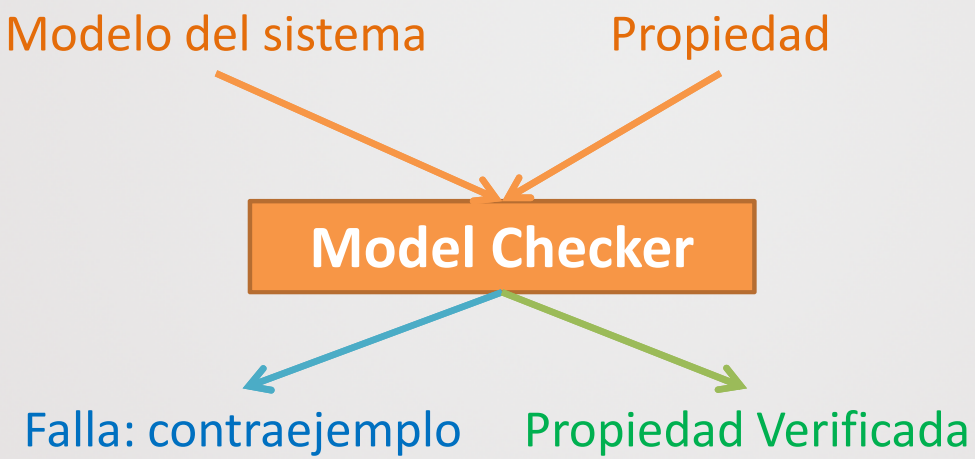
Automático

- No se requiere interacción durante la verificación
- La prueba puede fallar o ser **no** conclusiva (requiriéndose una mejora en el seteo de los parámetros de la herramienta)
- Especificación formal realizada a "mano"

Semi-automático

- Puede requerirse interacción durante la verificación
- **Se necesita conocimiento interno de la herramienta**
- La prueba es chequeada por la herramienta

Model checking



En la industria:

- Verificación de hardware

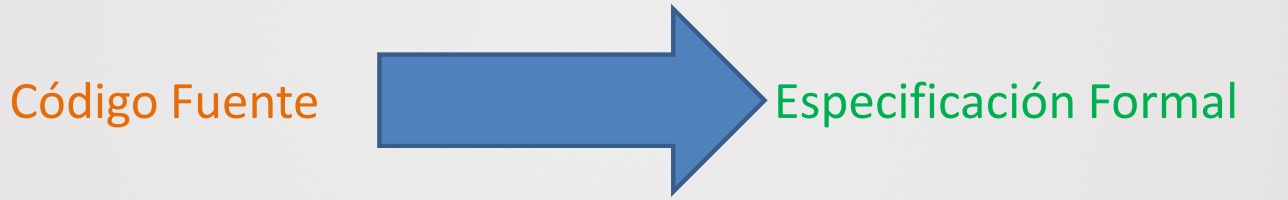
  Chequeo de limitaciones de la tecnología y su aplicación

- Verificación de software

  Software especializado: protocolos, sistemas de control

  Chequeo de abstracciones de código fuente

Verificación Deductiva



Las pruebas establecen una relación de conformidad entre el código fuente y la especificación

En la industria:

- Verificación de hardware
  - Sistemas complejos, procesadores de punto flotante
- Verificación de software
  - Seguridad de sistemas críticos
  - Librerías
  - Implementación de protocolos