# Diseño de Compiladores I

Introducción

# Temas

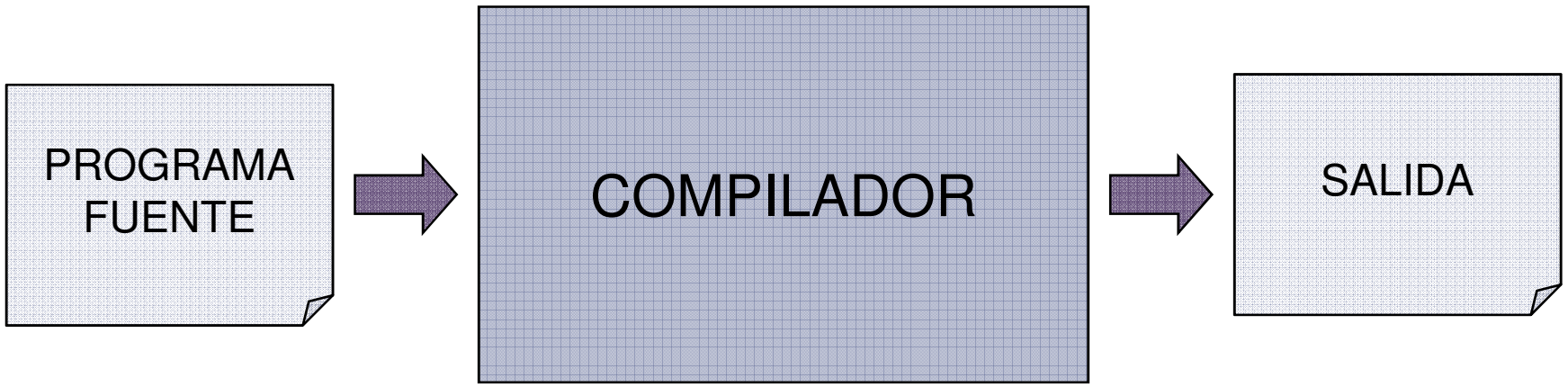
- Introducción a los compiladores
- Historia
- Conceptos relacionados con compiladores
- Estructura de un compilador

# Introducción

*Los compiladores son programas de computadora que traducen un lenguaje a otro.*

# Introducción

- Un compilador toma como entrada un programa escrito en su ***lenguaje fuente*** y produce un programa equivalente escrito en su ***lenguaje objetivo***.




# Salidas

- Otro lenguaje
  - Ada → C++ → Assembler → Binario
- Assembler
  - Facilita debugging
  - Depende de la máquina para la que se escribió.
- Código binario / objeto
  - Debugging complicado.
  - Permite compilaciones separadas,
  - Requiere linker.
- Ejecutable (absoluto)
  - No permite compilaciones separadas.
- Otra CPU / Otro SO

Cuanto más alto sea el nivel de la salida, más portable será.

# Un poco de historia…

## *Fines de los 40's*

- Computadora con programa almacenado
  ( John von Neumann)

  → Programas: secuencias de códigos

C7 05 0000 0002 ← *Lenguaje de máquina*

(instrucción para mover el número 2 a la ubicación 0000 )

# Un poco de historia…

***Lenguaje Ensamblador (Assembler)***:

Formas simbólicas para representar localidades de memoria e instrucciones

MOV X , 2

(instrucción para mover el número 2 a la ubicación X, donde la localidad de memoria simbólica X es 0000 )

# Un poco de historia…

→Necesidad de escribir las operaciones de un programa

- de una manera concisa,
- parecida a la notación matemática o lenguaje natural,
- independiente de cualquier máquina en particular.

X = 2

→Necesidad de traducción a un código ejecutable.

# Un poco de historia…

## *1954 a 1957*

- Un equipo en IBM dirigido por John Backus desarrolla FORTRAN y su compilador.
- Chomsky estudia la estructura del lenguaje natural, arribando a la ***Jerarquía de Chomsky***:
  - Gramáticas tipo 0, 1, 2 y 3
  - Las gramáticas de tipo 2 o ***gramáticas independientes de contexto*** se utilizan hoy para representar las estructuras de los lenguajes de programación.

# Un poco de historia…

## *Décadas del 60 y 70*

- Problema del ***análisis sintáctico***:
  - Determinación de algoritmos eficientes para el reconocimiento de lenguajes independientes de contexto.
- ***Autómatas finitos*** y ***expresiones regulares*** (gramáticas tipo 3 de Chomsky)***:***
  - Proveen métodos simbólicos para expresar la estructura de las palabras o tokens de un lenguaje de programación.
- ***Métodos para la generación de código:***
  - Se desarrollan ***Técnicas de mejoramiento de código.***
    - Más complejo que los anteriores.
    - Comenzó con los primeros compiladores y continúa.

# Un poco de historia…

## *1975*

- Steve Johnson crea Yacc (Yet another compiler compiler) para Unix.

  Es un ***generador de analizadores sintácticos.***
- Se desarrollan ***generadores de analizadores léxicos.*** El más conocido es Lex, desarrollado por Mike Lesk para Unix.

## *Fines de los 70 y principios de los 80:*

- Se intenta automatizar otras partes de un compilador, con poco éxito.

# Un poco de historia…

## *Avances más recientes*

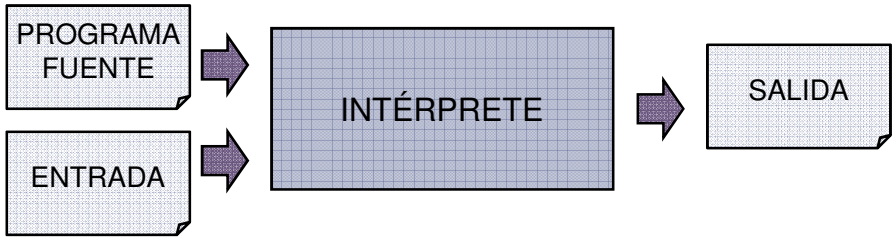
- Incorporación de los compiladores a ***ambientes de desarrollo interactivo (IDE***), incluyendo:
  - Editores
  - Linkers
  - Debuggers
  - Administradores de proyectos.
- Poca estandarización

# Volviendo al proceso de traducción…

# Compilación e interpretación

- Un ***compilador*** genera un código objetivo que se ejecuta después que se completa la traducción.


- Un ***intérprete*** es un traductor de lenguaje que ejecuta el programa fuente inmediatamente.

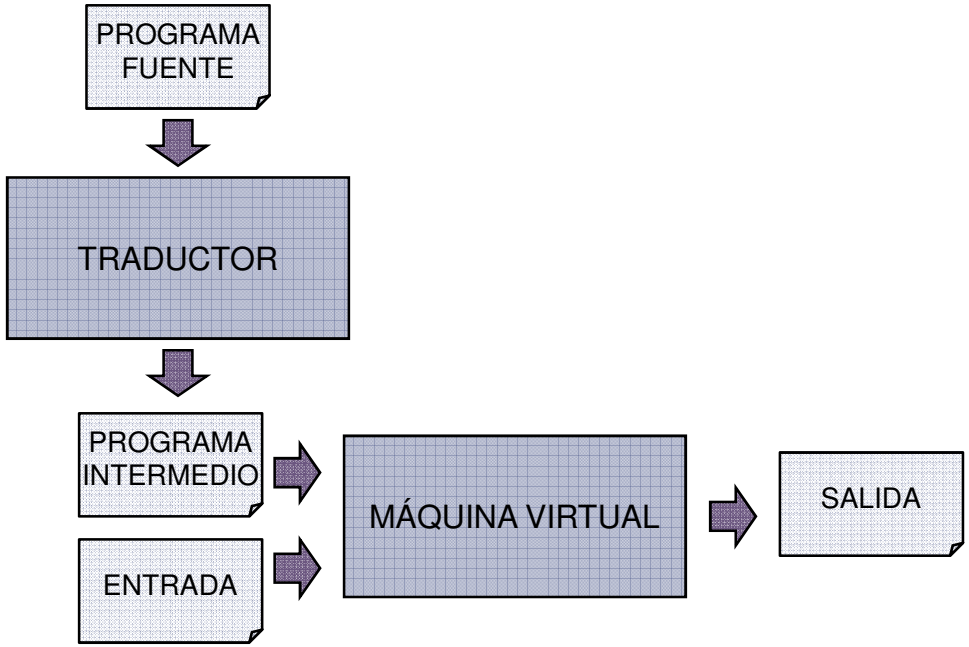



# Compilación e interpretación

- En principio, cualquier lenguaje de programación se puede interpretar o compilar.
  - *Compilador*
    - Mayor velocidad en la salida
  - *Intérprete*
    - Mejores diagnósticos de error
- Ejemplos de lenguajes compilados: Ada, C, C++, Pascal, etc.
- Ejemplos de lenguajes interpretados: Basic, Prolog, LISP, etc.

# Compilación e interpretación

- *Traductores híbridos*:




- Ejemplo: Java

# En la historia…

- El concepto de *máquina objeto* apareció en los 70's.
  - Se genera código para una máquina imaginaria.
  - En la máquina real se interpreta.

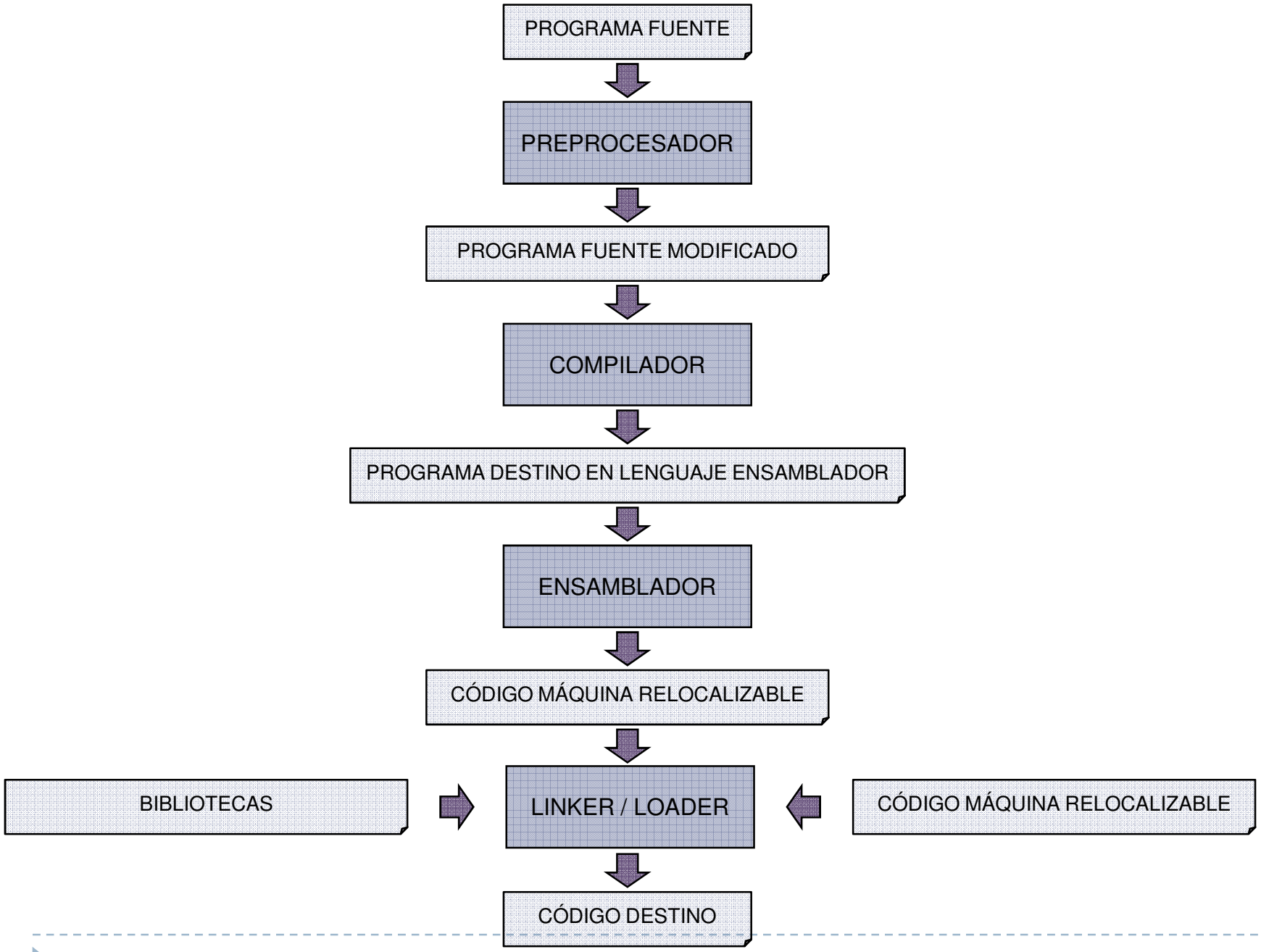
  Ejemplos:
  - p-Machine
  - p-Code
- Existieron intentos de *máquinas lenguaje*.
  - La máquina entiende el lenguaje de alto nivel.

  Ejemplos:
  - Máquina LISP
  - Máquina FORTH

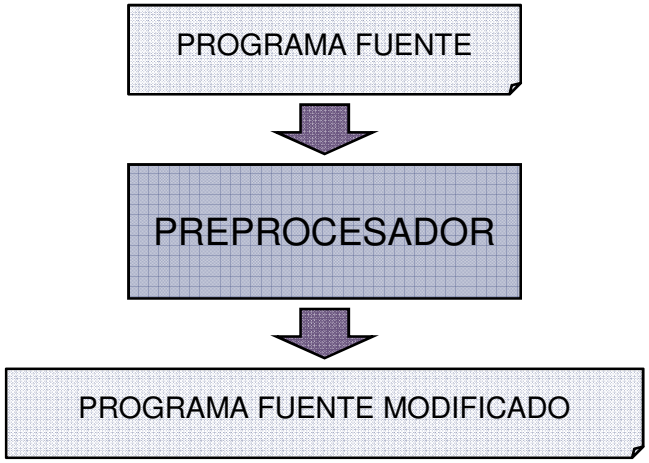
# Máquina objeto → Máquina virtual

- La máquina objeto quedó en desuso hasta la aparición de Java.
- Un compilador genera código (bytecode) para la máquina virtual.
  - El código se interpreta
  - El código se compila con un compilador *just-in-time*.
- Ejemplos:
  - Java
  - Perl
  - PHP
  - Python

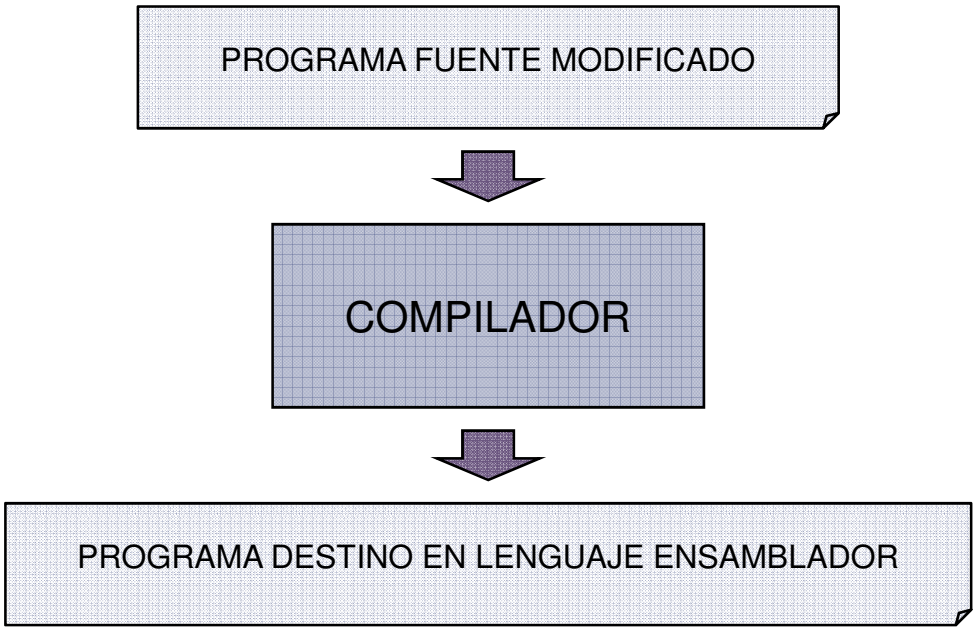
¿Es el compilador el único programa utilizado en la traducción?


PROGRAMA FUENTE
PREPROCESADOR
PROGRAMA FUENTE MODIFICADO
COMPILADOR
PROGRAMA DESTINO EN LENGUAJE ENSAMBLADOR
ENSAMBLADOR
CÓDIGO MÁQUINA RELOCALIZABLE
BIBLIOTECAS
LINKER / LOADER
CÓDIGO MÁQUINA RELOCALIZABLE
CÓDIGO DESTINO

# Preprocesadores



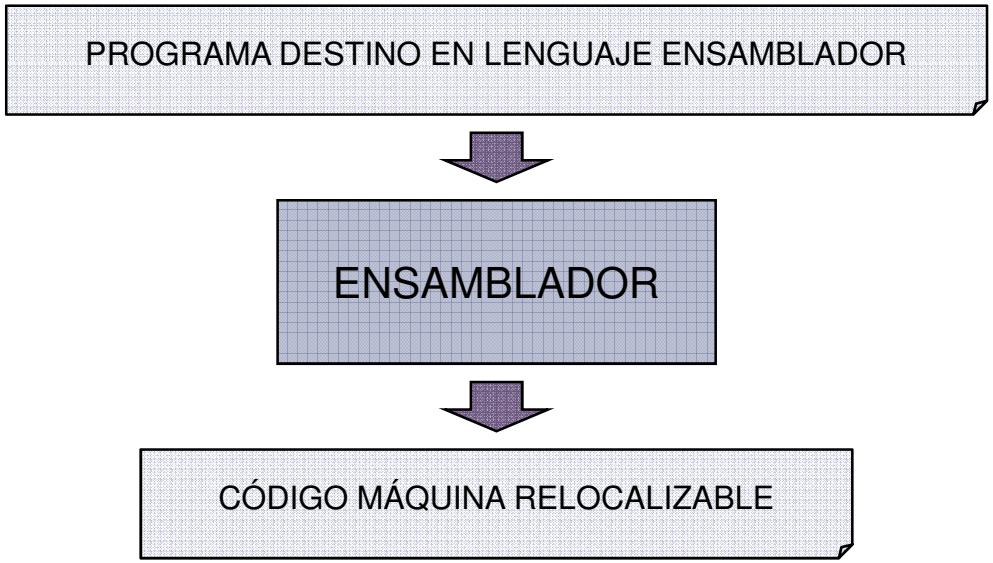

- Recolecta módulos de código ubicados en archivos diferentes
- Expande macros




- Un compilador que genera lenguaje ensamblador como su salida, requiere un ensamblador para terminar la traducción.

# Ensambladores

- Un ensamblador es un traductor para el lenguaje ensamblador (Assembler) de una computadora en particular.

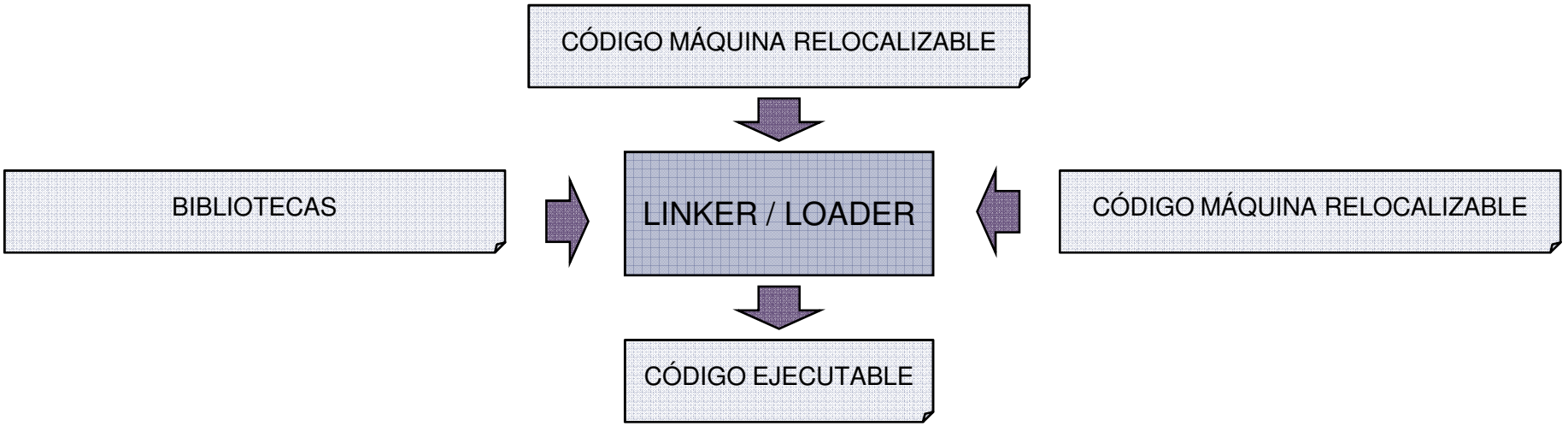



# Compilaciones separadas

PF1 → Salida 1
PF2 → Salida 2
Bibliotecas

} Generación del Ejecutable

# Vinculación




- *Linker,* ligador o enlazador
- *Loader* o cargador

# Linker / Loader

- El ***linker*** recopila:
  - código compilado o ensamblado por separado en diferentes archivos objeto
  - código de funciones de librerías estándar

- Se conecta el programa objeto con:
  - recursos suministrados por el sistema operativo de la computadora:
    - asignadores de memoria
    - dispositivos de entrada y salida.
- El proceso de vinculación está fuertemente ligado al sistema operativo y al procesador.

# Compiladores con características especiales

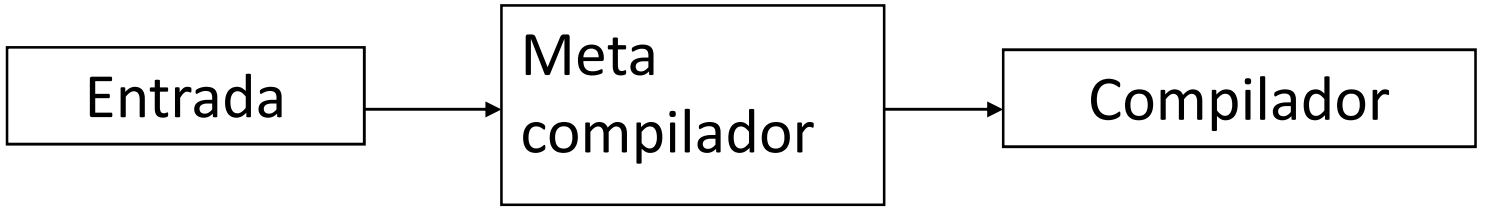
# Cross-Compilers

- Se ejecutan en una máquina, pero producen una salida para otra.
  - Ejemplo: Compilador de C++ que corre en SUN, pero su salida se ejecuta en PENTIUM.
- Usos:
  - Aplicaciones móviles.
  - Aplicaciones empotradas,.
    - Ejemplos:
      - Teléfonos públicos
      - Contadores de billetes
      - Etc.

  (la aplicación corre en dispositivos no aptos para desarrollo)

# Metacompiladores

Son compiladores de compiladores




- Para generar automáticamente un compilador, la entrada debería formalizar:
  - Sintaxis del lenguaje
  - Semántica del lenguaje
  - Arquitectura de la CPU
  - Descripción del SO
- Sólo se ha logrado formalizar la sintaxis mediante BNF.
  - → En los 70's se crea ***Yacc***, cuya salida es lenguaje C.
  - → Hacia 1999 empiezan a aparecer versiones de Yacc para otros lenguajes, y hoy en día, existen versiones para la mayoría de los lenguajes.

# Compiladores incrementales

- Se utilizaron a principios de los 90's. En estos compiladores, se aprovecha para ir avanzando en la compilación, a medida que se edita.
- No prosperaron.
- Los editores guiados por sintaxis tienen su origen en este tipo de compiladores.

# Autocompiladores

- Son compiladores escritos en el mismo lenguaje que compilan.
  - Ejemplo: Un compilador de C++ escrito en C++.
- El compilador de Ada de Linux, es un autocompilador. Está escrito en Ada y la salida es C++, y el compilador de C++ está escrito en C++.
- En general, todos los compiladores de C y C++ están escritos en C.

# Decompiladores

- Traducen Código de bajo nivel (código máquina) a un lenguaje de mayor nivel de abstracción (lenguaje de programación).
- El éxito de la decompilación depende de la cantidad de información presente en el código que está siendo decompilado y en la sofisticación del análisis realizado sobre él.
  - Los formatos de bytecode utilizados por máquinas virtuales en ocasiones incluyen metadatos en el alto nivel que hacen la decompilación más flexible.
  - Los lenguajes máquina normalmente tienen mucho menos metadatos, y son por lo tanto mucho más difíciles de decompilar.
- Existe legislación respecto a los alcances de los decompiladores.

# Cantidad de pasadas

- Algunas veces, no es suficiente leer el código una sola vez para traducirlo.
  - Ejemplo: Recursión indirecta

    La función A llama a la función B y B llama a A
- Soluciones:
  - Dos o más pasadas de compilación
  - Modificaciones al lenguaje
- Inconvenientes de hacer más de una pasada
  - Ineficiencia
  - ***Solución***: Trabajar con una copia abstracta del código en memoria

# Diagramas T

Notación para representar implementaciones

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

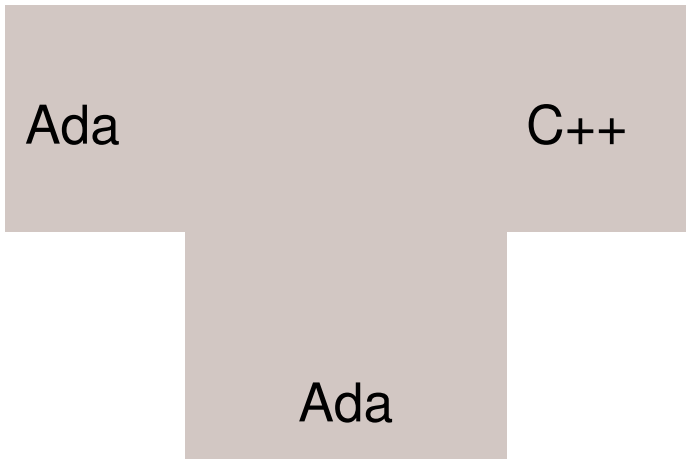
- En un compilador, hay 3 lenguajes involucrados:


Fuente del compilador

# Diagramas T

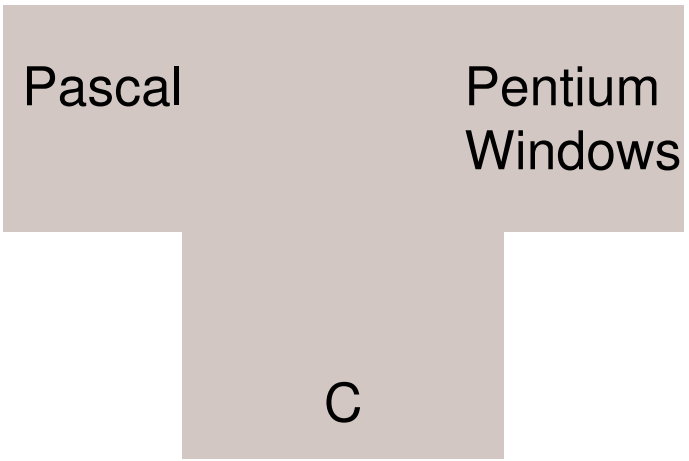
## Notación para representar implementaciones

### Ejemplo 1




Autocompilador de Ada

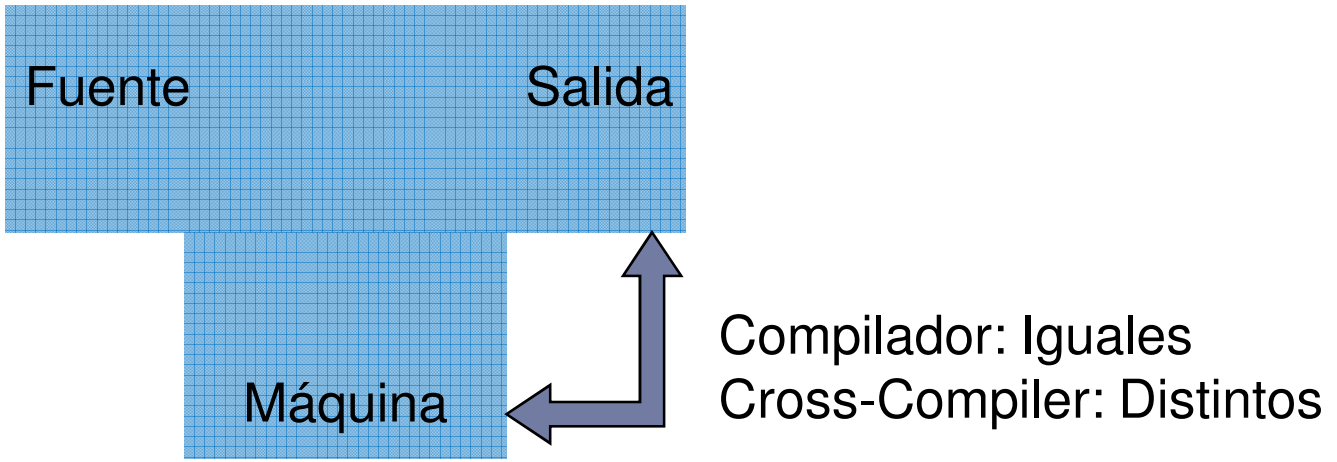
### Ejemplo 2




Compilador de Pascal escrito en C

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

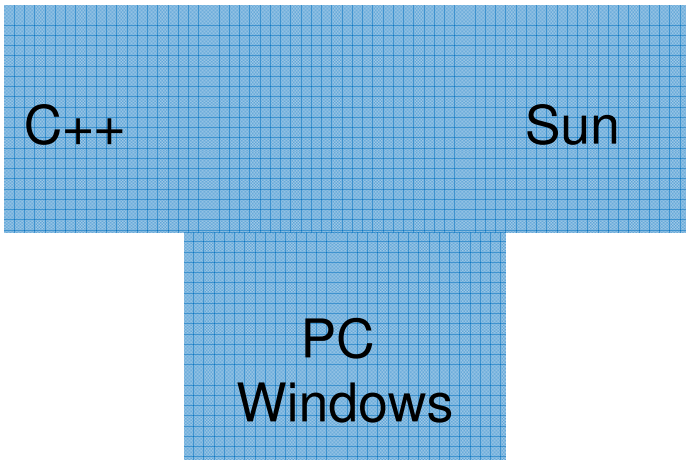
- Un compilador tiene un ejecutable:




Ejecutable del compilador

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

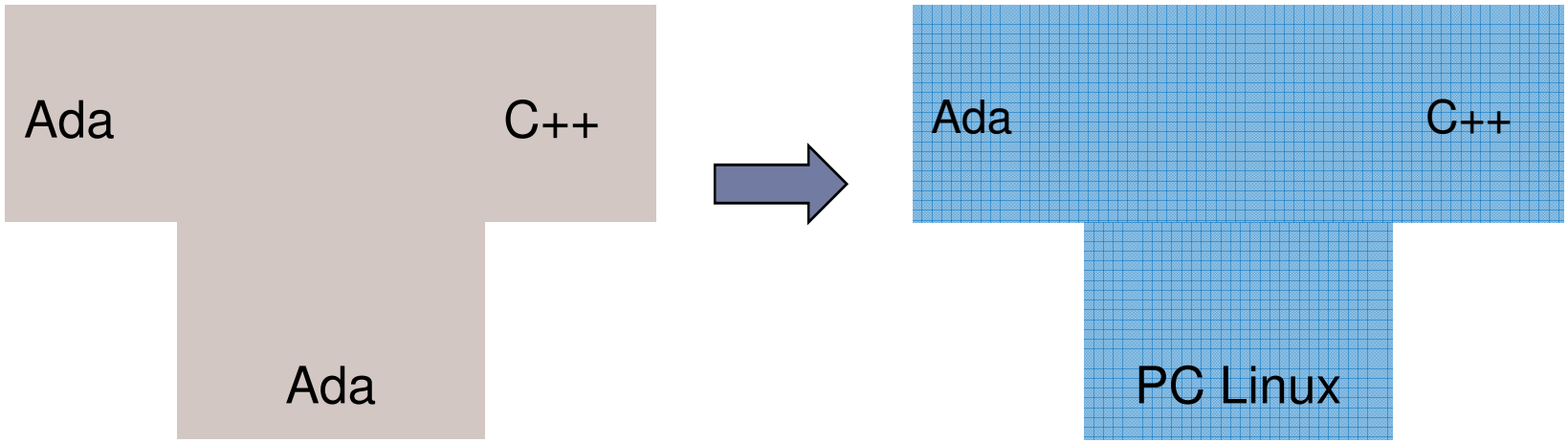
- Ejemplo 3: Cross-Compiler




Ejecutable del compilador

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

### Ejemplo 1: Autocompilador de Ada

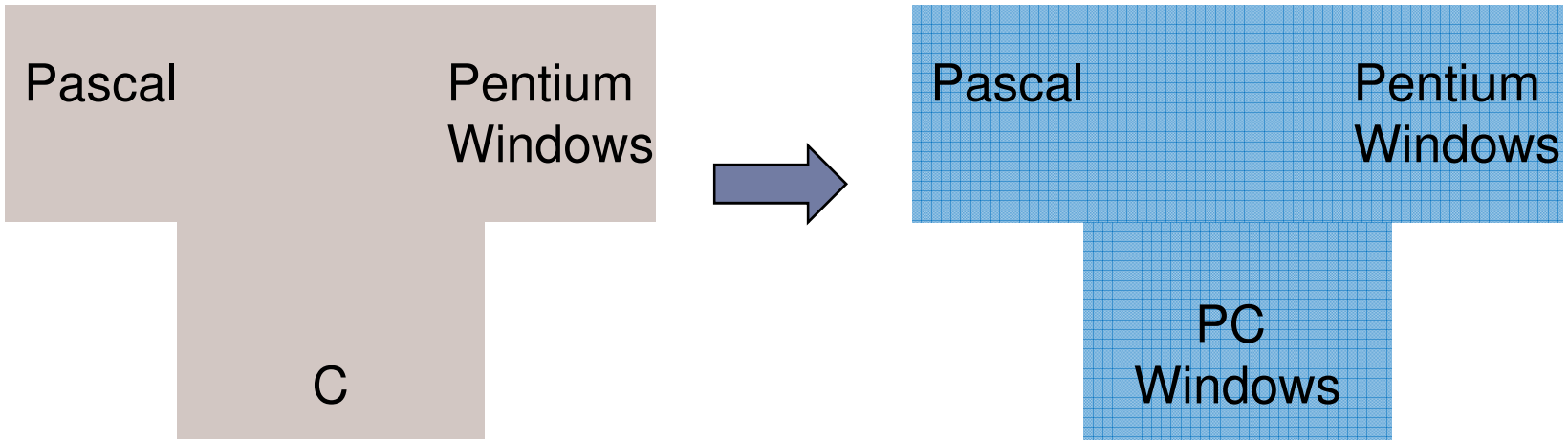



Fuente del compilador  Ejecutable del compilador

- Es necesario compilar el fuente para obtener el ejecutable
- Puedo necesitar uno o más compiladores

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

Ejemplo 2: Compilador de Pascal escrito en C

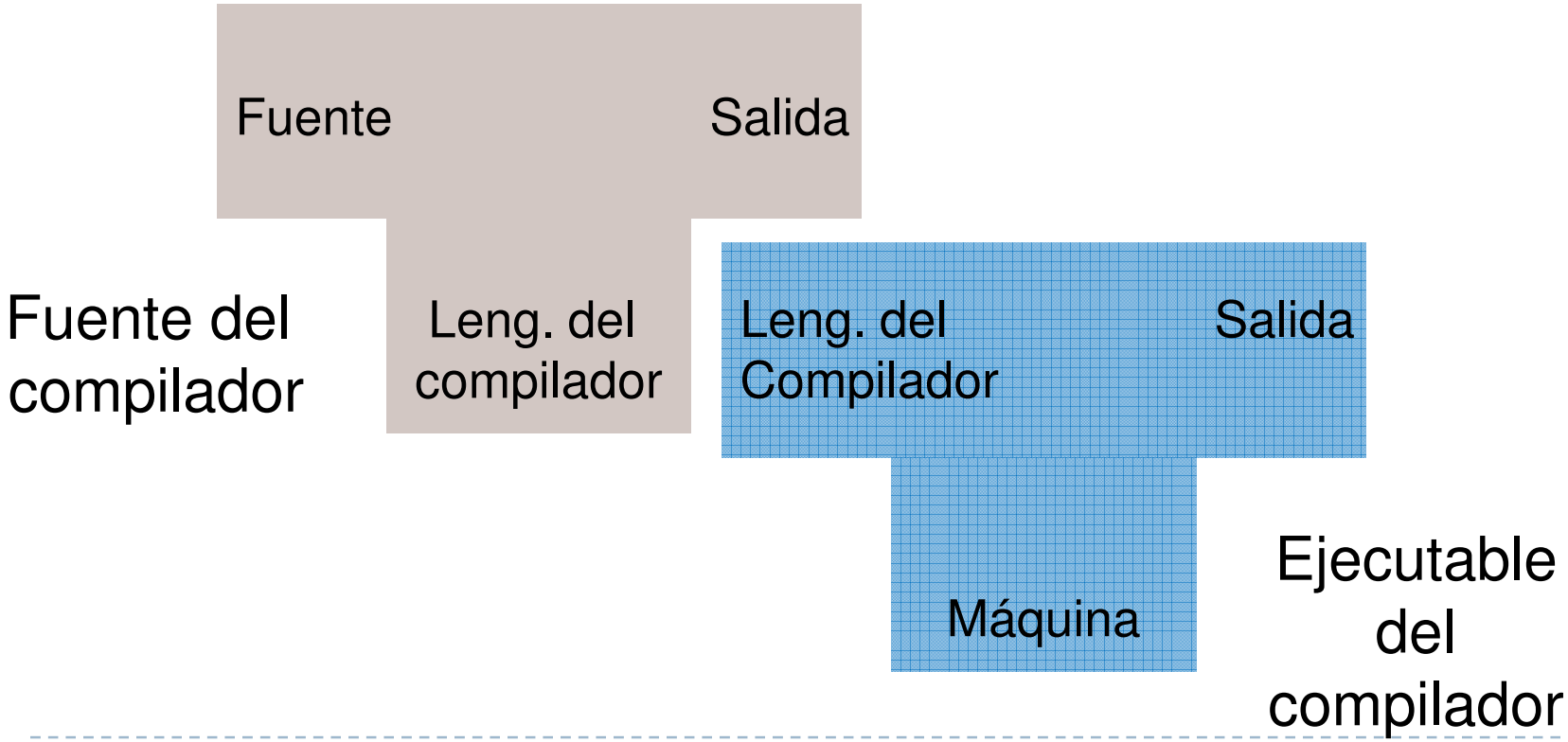



Fuente del compilador Ejecutable del compilador

- Es necesario compilar el fuente para obtener el ejecutable

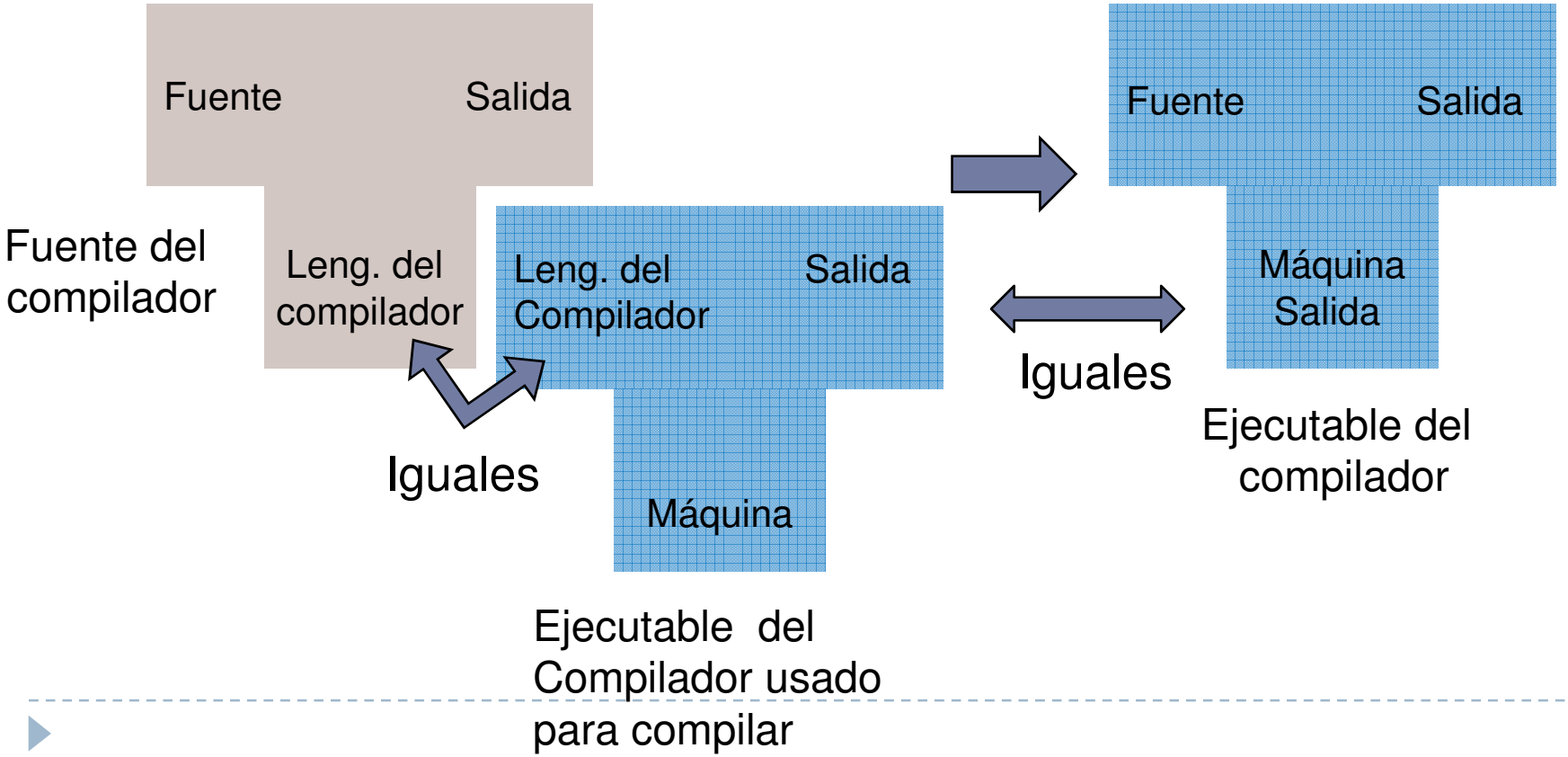
# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

- ¿Cómo se compila un compilador?



# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

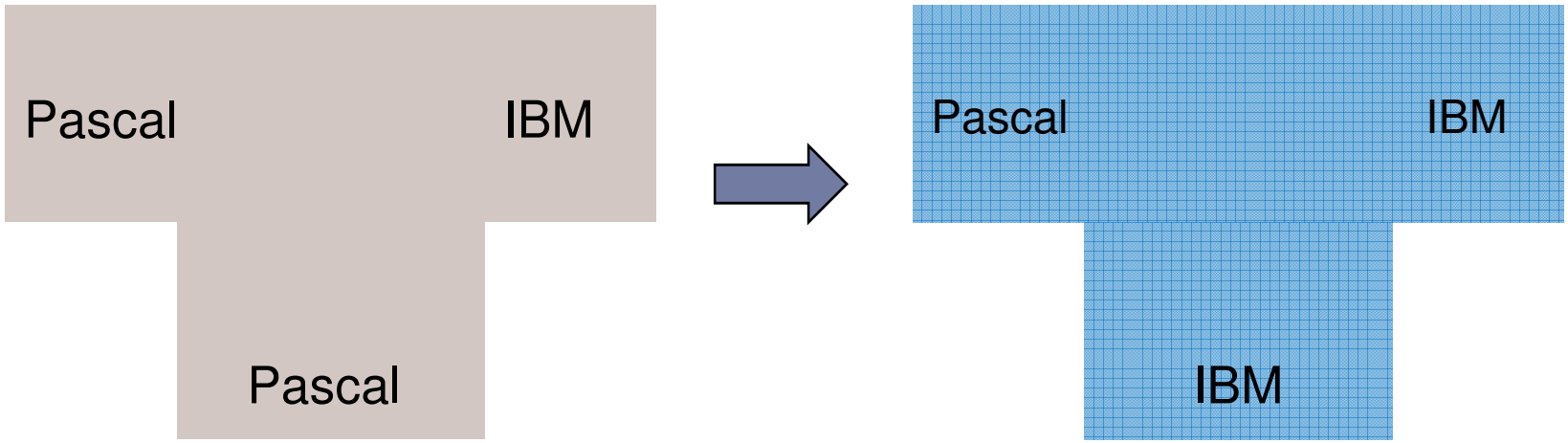
- ¿Cómo se compila un compilador?



# Diagramas T

## Notación para representar implementaciones

### Autocompilador de Pascal

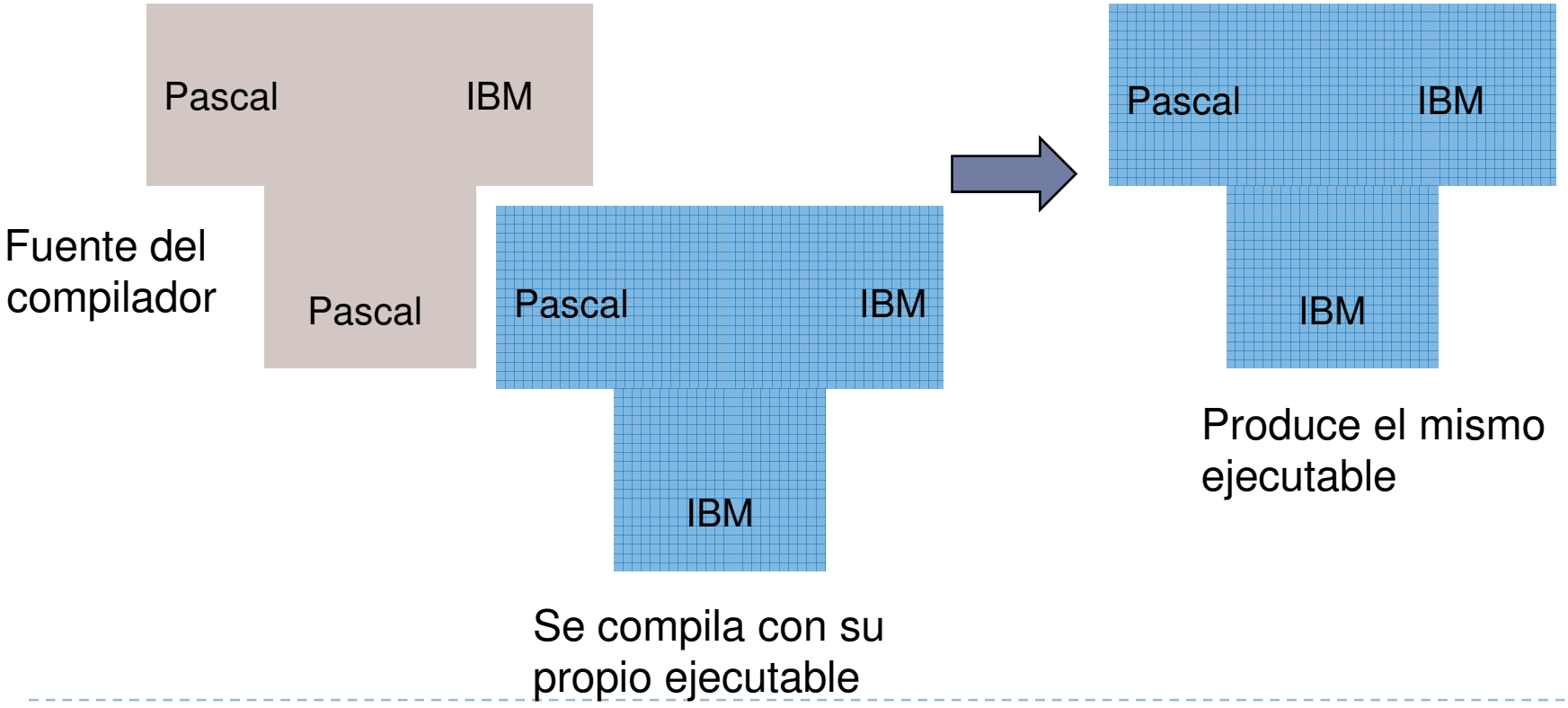



Fuente del compilador

Ejecutable del compilador

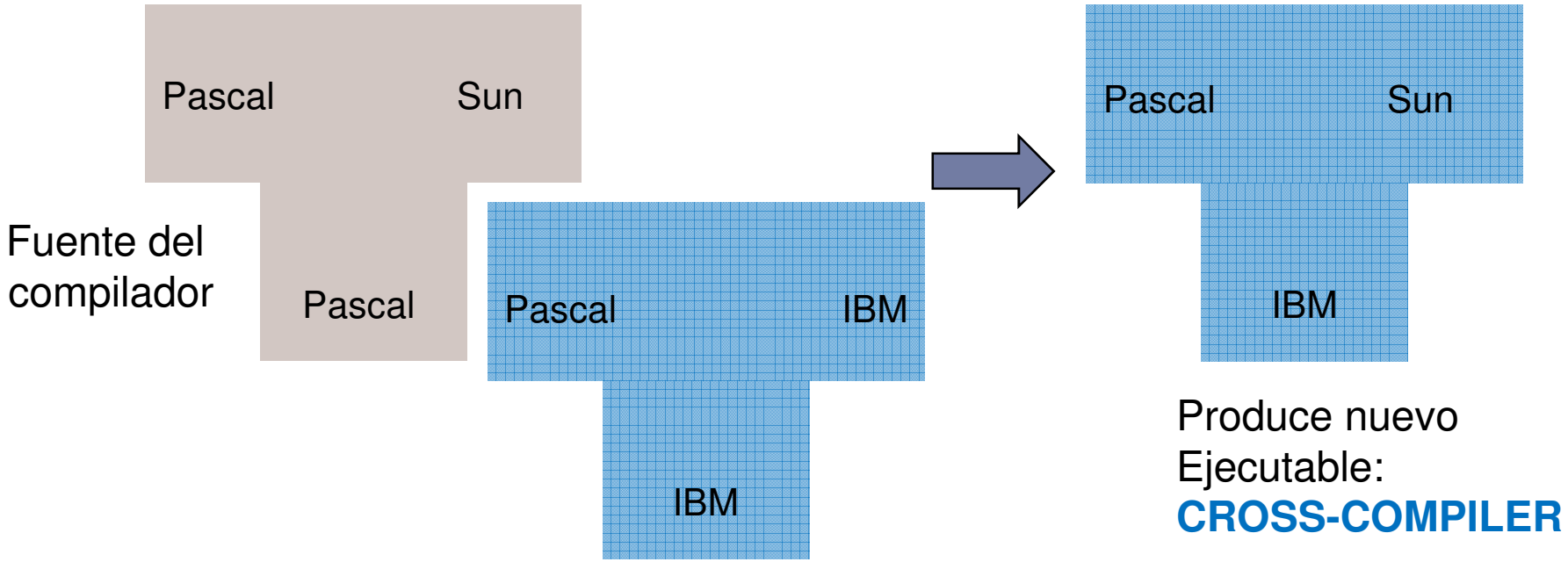
# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

- Compilación de un autocompilador



# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

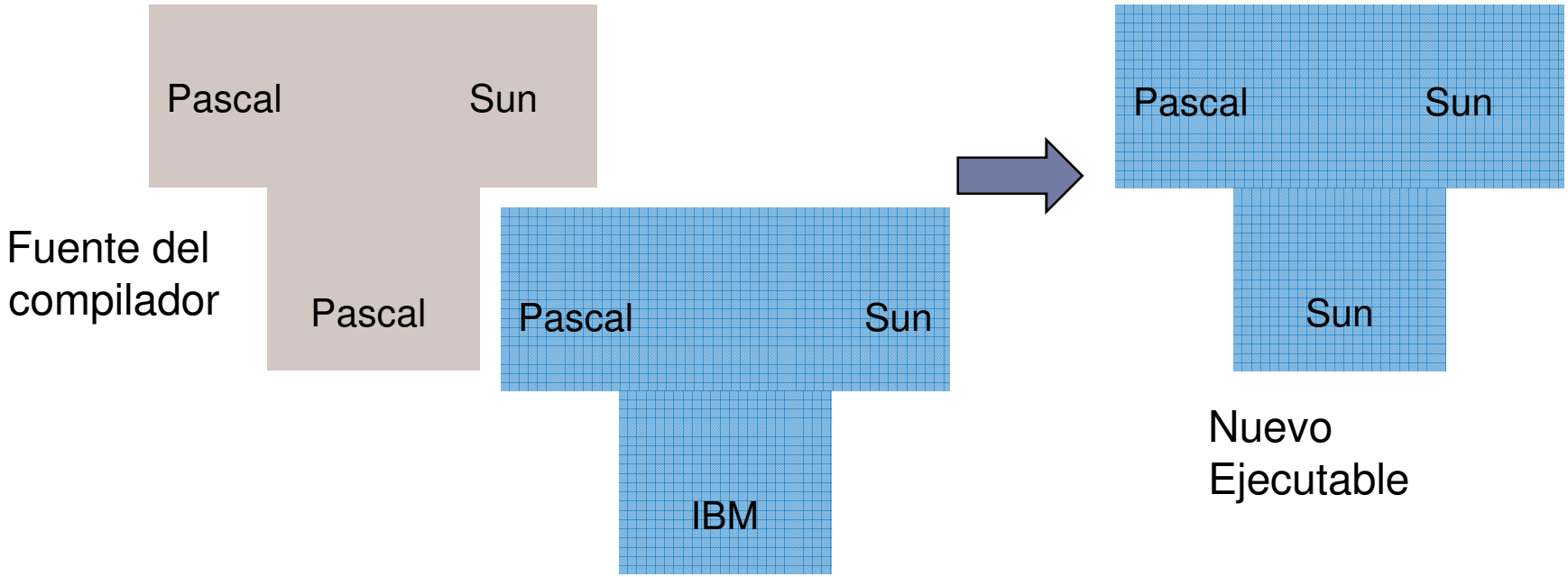
- Migración a otra CPU (Sun) - Paso 1:
  - Se modifica el fuente para que produzca salida Sun
  - Se compila con el único ejecutable existente




Único ejecutable existente

# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

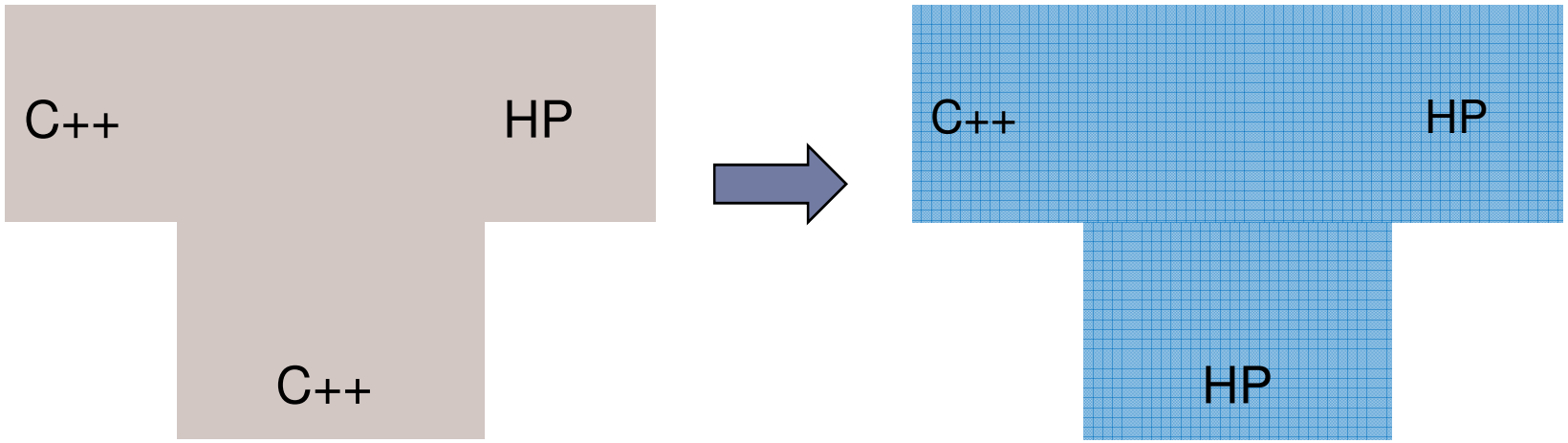
- Migración a otra CPU (Sun): Paso 2
  - Se compila con el CROSS-COMPILER



# Diagramas T

## Notación para representar implementaciones

Autocompilador de c++

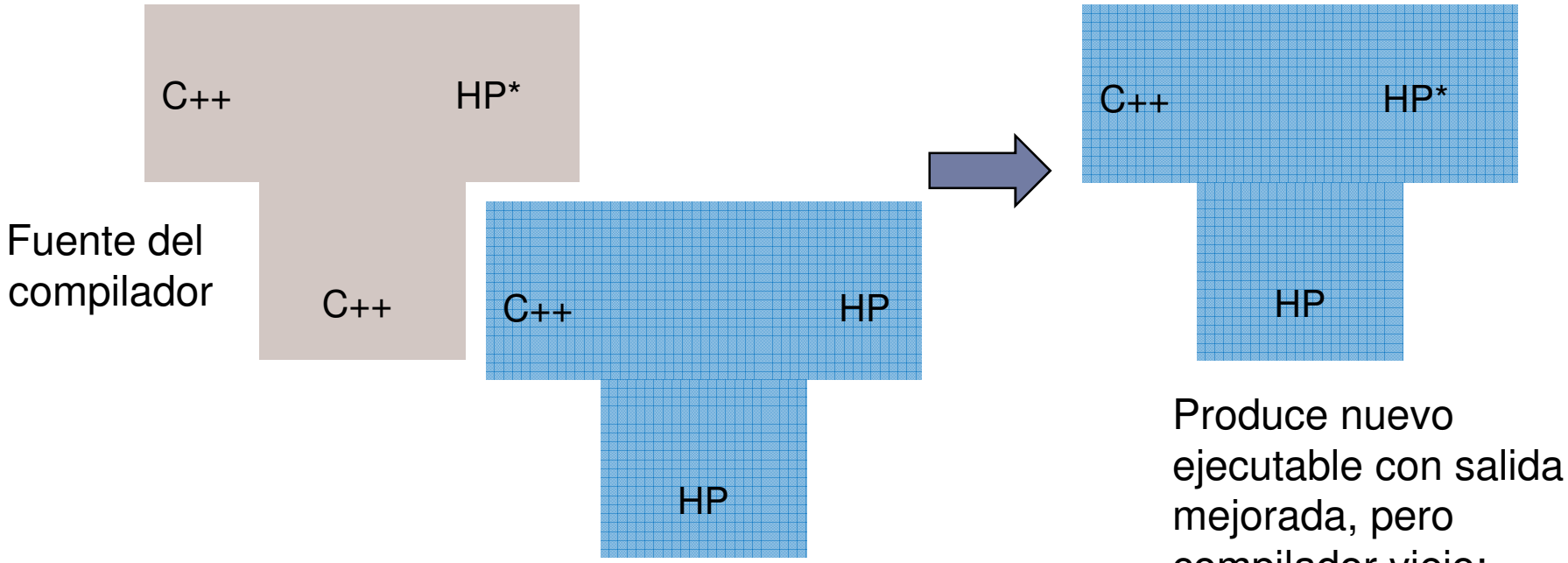



Fuente del compilador

Ejecutable del compilador

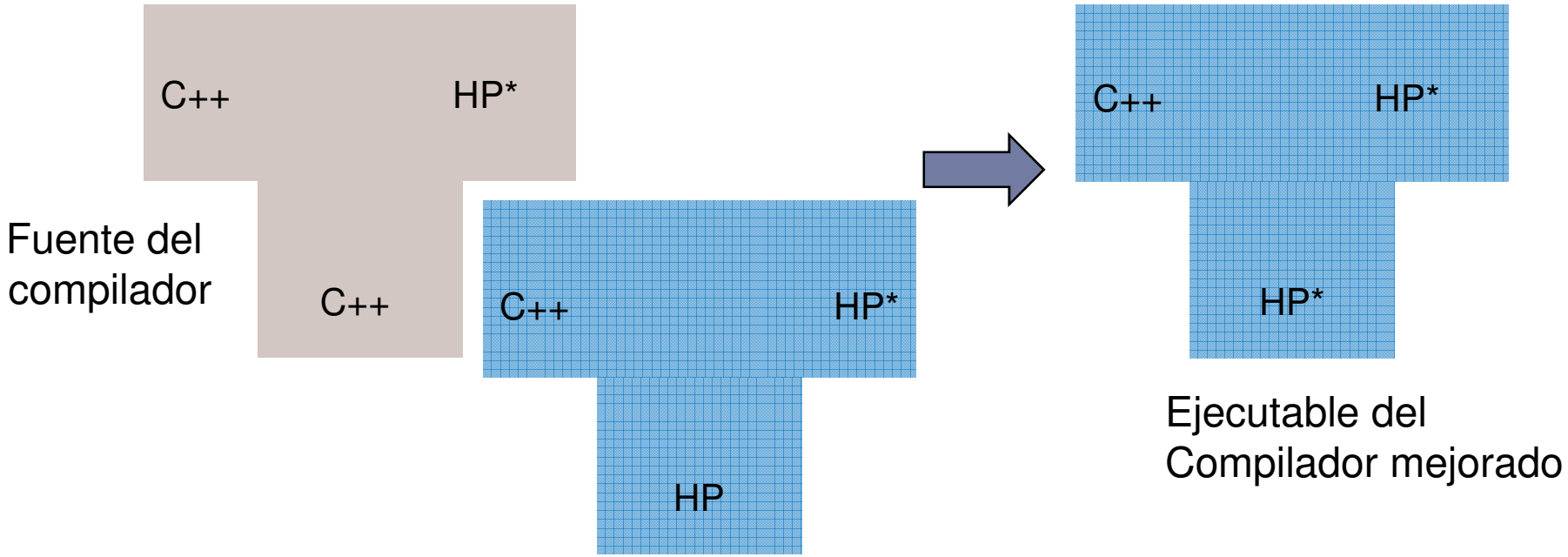
# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

- Mejorar un autocompilador - Paso 1:
  - Se modifica el fuente para que produzca salida mejor (HP*)
  - Se compila con el único ejecutable existente



# Diagramas T
## Notación para representar implementaciones

- Mejorar un autocompilador - Paso 2:
  - Se compila con el ejecutable mejorado



# Ejercicios

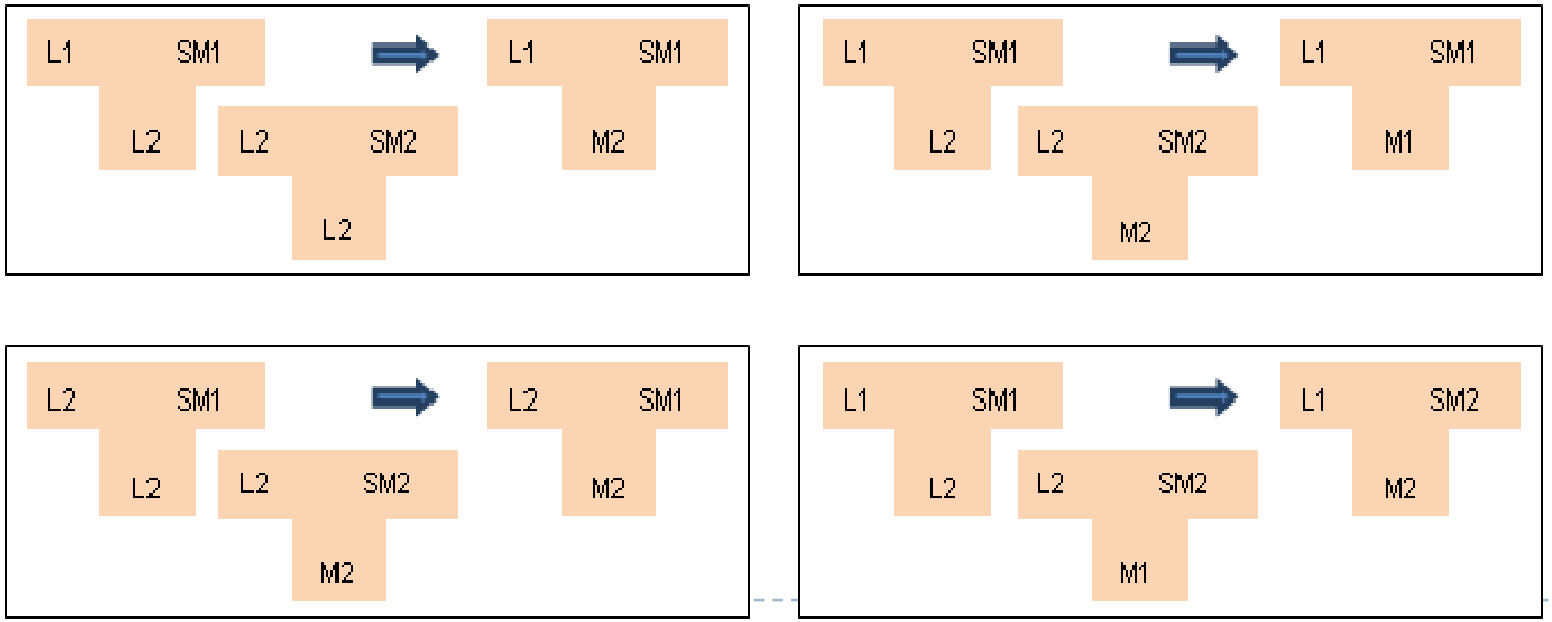
- Considerar que se dispone de un compilador de PASCAL a ASSEMBLER de SUN escrito en "C".
  - **¿Qué se necesita para generar, en una PC con procesador PENTIUM y Sistema Operativo WINDOWS, ejecutables para SUN?**

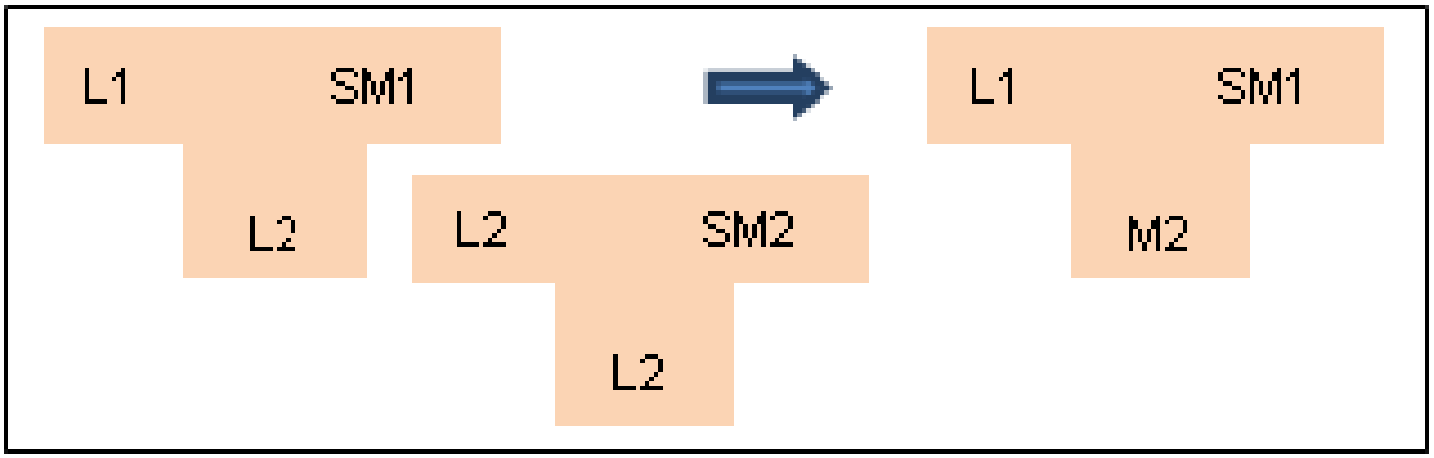
  **(Representar usando diagramas T)**

# Ejercicios

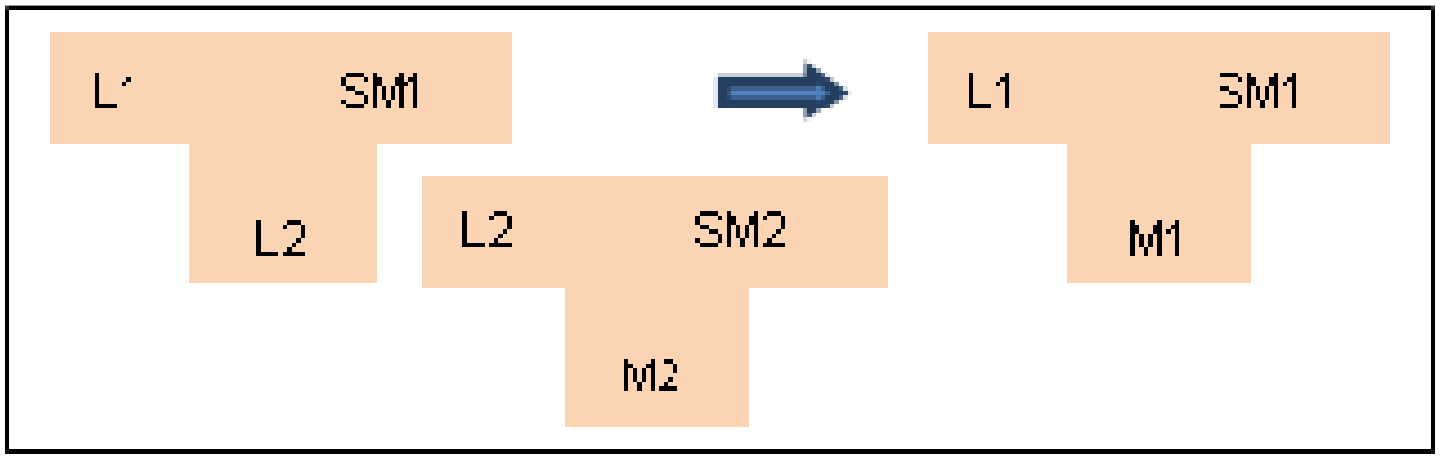
Para cada situación descripta mediante diagramas T, responder las siguientes preguntas, justificando las respuestas.

- ¿La figura corresponde a una posible implementación de compiladores?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un autocompilador?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un cross-compiler?

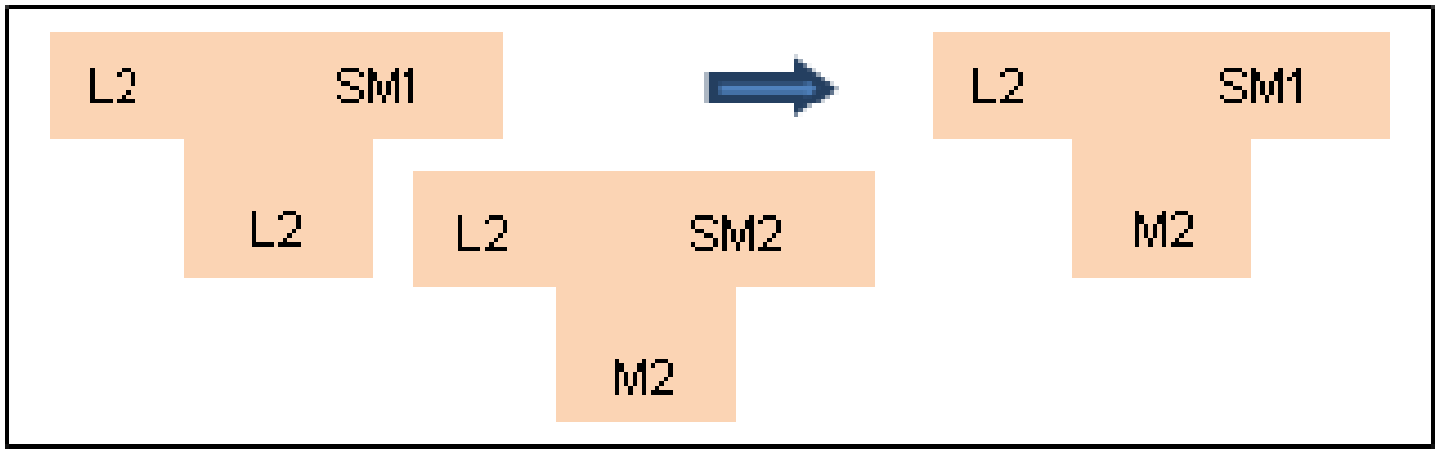




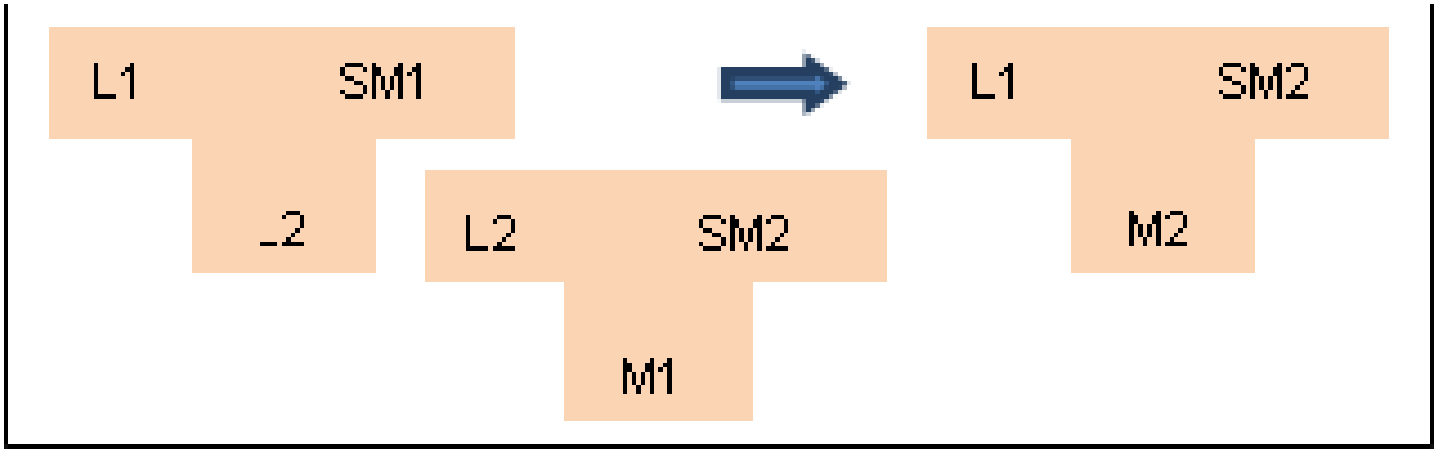

- ¿La figura corresponde a una posible implementación de compiladores?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un autocompilador?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un cross-compiler?




- ¿La figura corresponde a una posible implementación de compiladores?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un autocompilador?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un cross-compiler?




- ¿La figura corresponde a una posible implementación de compiladores?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un autocompilador?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un cross-compiler?




- ¿La figura corresponde a una posible implementación de compiladores?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un autocompilador?
- ¿Alguno de los compiladores involucrados, es un cross-compiler?