Teoría de autómatas y lenguajes formales

Segundo semestre 2021

IIC 2223

Prof. Cristian Riveros

¿teoría de autómatas y lenguajes formales?

Automata theory

From Wikipedia, the free encyclopedia

Automata theory is the study of **abstract machines** and automata,
as well as the **computational problems** that can be solved using them.

abstract machines: "*máquinas que no son implementadas pero que son definidas matemáticamente*"

;

computational problems: compiladores, extracción de información, bases de datos, verificación de software, . . .

¿algunos ejemplos de **máquinas abstractas**?

. . . daremos dos ejemplos.


replaceAll(" ", " ", a); a = a.
return a.split(" "); } $("#unique").
a = array_from_string($("#fin").
").val(), c = use_unique(array_
").val())); if (c < 2 * b - 1) {
e), this.trigger("click");
!= a[b] && " " != a[b] ||
logged").val(); c = array
e.length;b++) { -1 != a.
; for (b = 0;b < c.length;
$("#User_logged").val(
click(function(

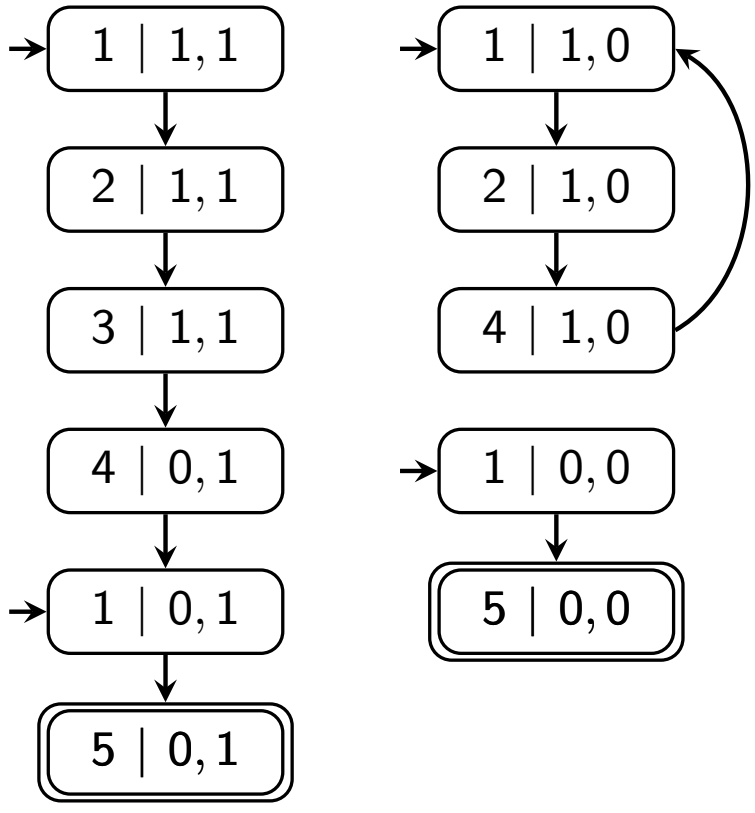
Máquina abstracta que representa un programa

```
1 while x = 1 do
2     if y = 1 then
3         x ← 0
4     y ← (1 − x)
5 return
```

$l \mid x, y$

$l \in \{1, \ldots, 5\}$

$x, y \in \{0, 1\}$



¿siempre se detiene este código?

Máquina abstracta que representa programas concurrentes

```
1 while true do
2     if x < 2 then
3         x ← x + 1
```

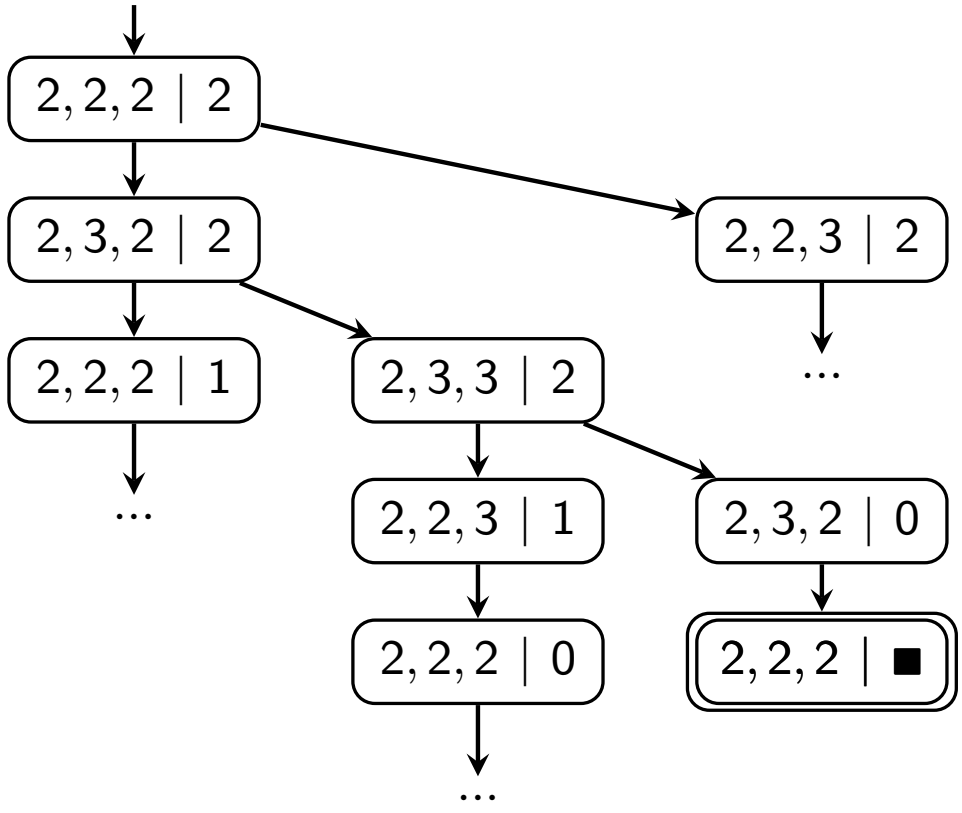
```
1 while true do
2     if x > 0 then
3         x ← x − 1
```

```
1 while true do
2     if x = 2 then
3         x ← 0
```

$\boxed{l_1, l_2, l_3 \mid x}$

$l_1, l_2, l_3 \in \{2, 3\}$

$x \in \{0, 1, 2, \blacksquare\}$



¿siempre se cumple que $0 \leq x \leq 2$?

Model checking

Model checking: dado un modelo de un sistema, verificar automaticamente si el modelo cumple una especificación dada.

Dos premios Turing (novel en computación) en esta área:

- Amir Pnueli (1996).

  "For seminal work introducing temporal logic into CS and for outstanding contributions to program and systems verification."

- Edmund M. Clarke, E. Allen Emerson y Joseph Sifakis (2007).

  "For their roles in developing model checking into a highly effective verification technology, widely adopted in the hardware and software industries."

Teoría de autómatas constituye una parte fundamental de model checking y verificación formal de software.

Secuencias de ADN y verificación de patrones

```
AGGATGACCCGAAATGCCCC
TCCAGCCAAAGGAGTCCGTT
ATGAGGGGATGGCAGCATGT
TGGTGGACAATTTCGAGGGA
GAGAACCGCTTAGCAGCGCT
TTTGACCGAAATAACCCATA
GCCTCGCAATAATAGTACGC
CGCAATGAAGCTTGTTTGAG
TCTTAACAGTATCTGGA...
```

Buscamos la subsecuencia "**ACAA**".

Secuencias de ADN y verificación de patrones

```
AGGATGACCCGAAATGCCCC
TCCAGCCAAAGGAGTCCGTT
ATGAGGGGATGGCAGCATGT
TGGTGGACAATTTCGAGGA
GAGAACCGCTTAGCAGCGCT
TTTGACCGAAATAACCCATA
GCCTCGCAATAATAGTACGC
CGCAATGAAGCTTGTTTGAG
TCTTAACAGTATCTGGA...
```

Buscamos la subsecuencia "**ACAA**".

```
1 for i ← 1 to d.lenght do
2     if d[i] = 'A' then
3         if d[i + 1] = 'C' then
4             if d[i + 2] = 'A' then
5                 if d[i + 3] = 'A' then
6                     Output i
```

Para un patrón p

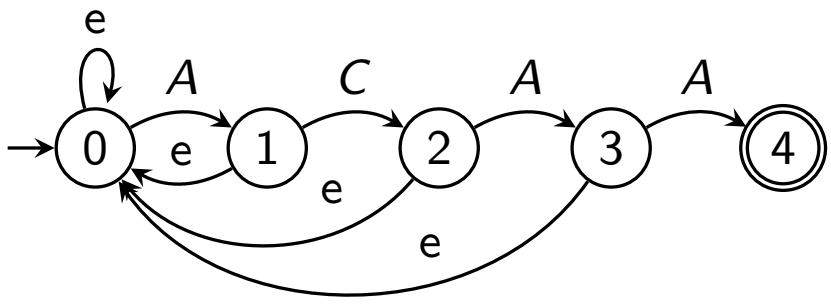
tiempo: $O(|p| \cdot |d|)$

¿podemos hacer una algoritmo más eficiente?

Secuencias de ADN y verificación de patrones

```
AGGATGACCCGAAATGCCCC
TCCAGCCAAAGGAGTCCGTT
ATGAGGGGATGGCAGCATGT
TGGTGGACAATTTCGAGGA
GAGAACCGCTTAGCAGCGCT
TTTGACCGAAATAACCCATA
GCCTCGCAATAATAGTACGC
CGCAATGAAGCTTGTTTGAG
TCTTAACAGTATCTGGA...
```

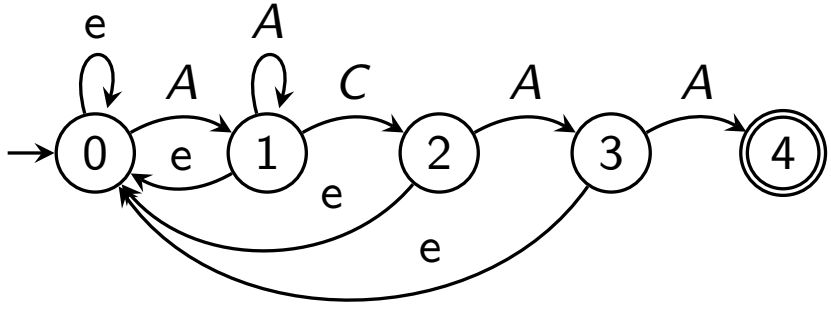
```
1  s = 0
2  for i ← 1 to d.lenght do
3      if s = 0 ∧ d[i] = 'A' then
4          s = 1
5      else if s = 1 ∧ d[i] = 'C' then
6          s = 2
7      else if s = 2 ∧ d[i] = 'A' then
8          s = 3
9      else if s = 3 ∧ d[i] = 'A' then
10         Output i − 3
11     else  s = 0
```



Secuencias de ADN y verificación de patrones

```
AGGATGACCCGAAATGCCCC
TCCAGCCAAAGGAGTCCGTT
ATGAGGGGATGGCAGCATGT
TGGTGGACAATTTCGAGGA
GAGAACCGCTTAGCAGCGCT
TTTGACCGAAATAACCCATA
GCCTCGCAATAATAGTACGC
CGCAATGAAGCTTGTTTGAG
TCTTAACAGTATCTGGA...
```

```
1  s = 0
2  for i ← 1 to d.lenght do
3      if (s = 0 ∨ s = 1) ∧ d[i] = 'A' then
4          s = 1
5      else if s = 1 ∧ d[i] = 'C' then
6          s = 2
7      else if s = 2 ∧ d[i] = 'A' then
8          s = 3
9      else if s = 3 ∧ d[i] = 'A' then
10         Output i − 3
11     else  s = 0
```



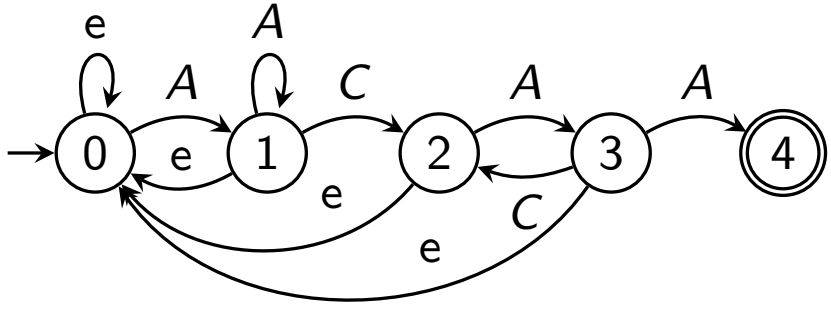
Secuencias de ADN y verificación de patrones

```
AGGATGACCCGAAATGCCCC
TCCAGCCAAAGGAGTCCGTT
ATGAGGGGATGGCAGCATGT
TGGTGGACAATTTCGAGGA
GAGAACCGCTTAGCAGCGCT
TTTGACCGAAATAACCCATA
GCCTCGCAATAATAGTACGC
CGCAATGAAGCTTGTTTGAG
TCTTAACAGTATCTGGA...
```

Para una subsecuencia s

tiempo: $O(|s| + |d|)$

```
1  s = 0
2  for i ← 1 to d.lenght do
3      if (s = 0 ∨ s = 1) ∧ d[i] = 'A' then
4          s = 1
5      else if (s = 1 ∨ s = 3) ∧ d[i] = 'C' then
6          s = 2
7      else if s = 2 ∧ d[i] = 'A' then
8          s = 3
9      else if s = 3 ∧ d[i] = 'A' then
10         Output i − 3
11     else  s = 0
```



Pattern matching y teoría de autómatas

Pattern matching: encontrar la presencia de un patrón en una secuencia de información.

Varias aplicaciones en:

- Sequenciación de ADN.
- Busquedas en la web.
- Extracción de información desde documentos.
- ...

Teoría de autómatas constituye el modelo de abstracción para el desarrollo de algoritmos más eficientes.

CONCLUSIONES

Algunas conclusiones de los dos ejemplos

1. Autómatas constituyen una noción fundamental y útil en ciencia de la computación.
2. Aplicaciones de teoría de autómatas en diversas áreas de computación.
3. La modelación con teoría de autómatas nos permite abstraernos del problema para así encontrar soluciones más eficientes.

> *"I suggest that automata theory is the* **linear algebra** *of computer science. . . as a basic, fundamental subject, known and used by everyone, which has formed part of the intelectual landscape for so long that it is no longer noticed."*
>
> Jacques Sakarovitch.

Outline

Programa del curso

Cristian Riveros

- Profesor
- cristian.riveros@uc.cl
- Oficina 3-S, DCC

Dante Pinto

- Ayudante jefe
- drpinto1@uc.cl

Programa del curso

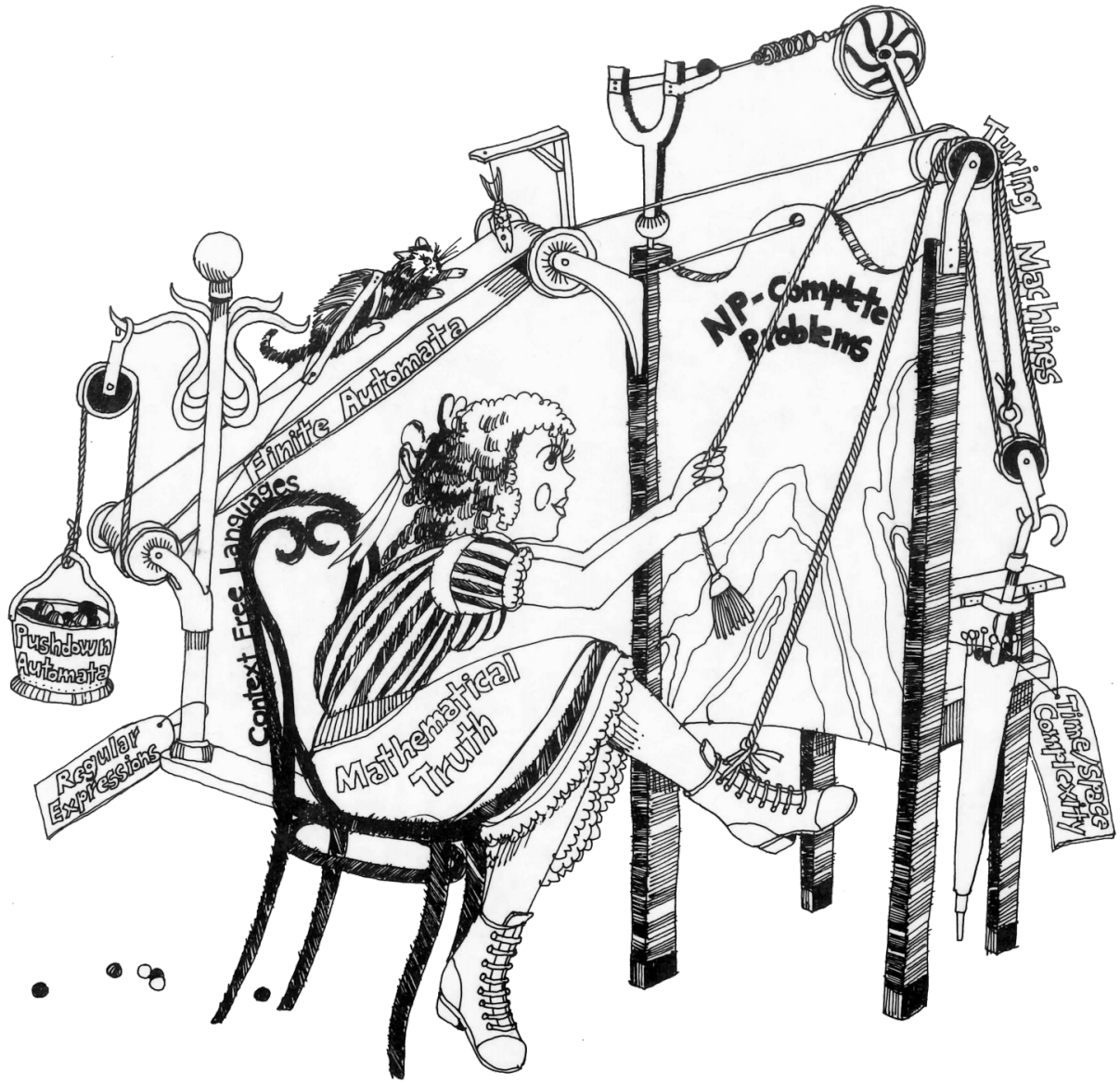
Clases:	Lunes y Miércoles módulo 2.
	Sala A3.
Ayudantías:	Viernes módulo 2.
	Sala por definir
Atención:	A toda hora, preferentemente después de clases.

Tanto las clases como las ayudantías serán presenciales, sin asistencia

Objetivos del curso

1. Estudiar las nociones fundamentales de la ciencia de la computación.
2. Entender los **modelos básicos** de computabilidad y complejidad.
3. Entender la importancia para aplicaciones prácticas en ingeniería.

Temario del curso



ADVERTENCIA!

Temario del curso

- **NO** vemos **máquinas de Turing**
  (ver en curso Lógica para Ciencia de la Computación).
- Veremos más **algoritmos y aplicaciones** en teoría de autómatas.

Evaluaciones

1. Tareas.
2. Interrogaciones.
3. Examen.

Por la pandemia, esta versión del curso
no tendrá actividades prácticas de programación.

Tareas

- Cada tarea constará de dos problemas.
- Habrán 6 tareas durante el semestre en las siguientes fechas:

	Publicación enunciado	Entrega
Tarea 1	Viernes 27 de Agosto	Jueves 2 de Septiembre
Tarea 2	Viernes 10 de Septiembre	Jueves 16 de Septiembre
Tarea 3	Viernes 8 de Octubre	Jueves 14 de Octubre
Tarea 4	Viernes 29 de Octubre	Jueves 4 de Noviembre
Tarea 5	Viernes 19 de Noviembre	Jueves 25 de Noviembre
Tarea 6 (opcional)	Viernes 26 de Noviembre	Jueves 2 de Diciembre

Tareas

- Enunciado se publicará los días viernes.
- Entrega será el jueves siguiente hasta las 23:59 horas.
- La evaluación de cada pregunta en las tareas será de:
  - 0 (respuesta incorrecta),
  - 3 (con errores menores),
  - 4 (correcta).
- Solución a cada tarea será discutida durante la ayudantía.

NO se aceptarán tareas **fuera de plazo**.

Tareas: formato de entrega

- El método de entrega será online.
- La tarea debe ser escrita y entregada en LaTeX.

NO se aceptarán tareas **escritas a mano**
ni en otro sistema de composición de texto.

Interrogaciones y Examen

- Dos interrogaciones y un examen final.

	Fecha
Interrogación 1	Lunes 27 de Septiembre
Interrogación 2	Miércoles 10 de Noviembre
Examen	Jueves 16 de Diciembre

- Las interrogaciones y examen serán presencial.
  - Horario por confirmar.

- Las interrogaciones son opcionales y el examen es **obligatorio**.
  - No se necesita un justificativo si no pueden dar una interrogación.

"El profesor no se hará responsable por tope de horarios con interrogaciones o exámenes de cursos que se regulen por la programación académica de la Escuela de Ingeniería."

Evaluación

Nota Tareas (**PT**):

$$\mathbf{PT} \;=\; \frac{T_1 + \ldots + T_6 - \min\{T_1, \ldots, T_6\}}{5}$$

Nota Interrogaciones y Examen (**PE**):

$$\mathbf{PE} \;=\; \max\left\{ E \;,\; \frac{I_1 + I_2 + 2 \cdot E}{4} \right\}$$

La intención de esta formula es poner la importancia en el examen, donde las interrogaciones están pensadas cómo una **preparación**.

Evaluación

Nota Final (**NF**):

$$\mathbf{NF} \;=\; 0.3 \cdot \mathbf{PT} + 0.7 \cdot \mathbf{PE}$$

El curso se aprueba si, y solo si, **todas** las siguiente condiciones se cumplen:

- $\mathbf{PE} \geq 4.0$
- $\mathbf{PT} \geq 3.0$
- $\mathbf{NF} \geq 4.0$

En caso de no aprobar, la nota final del curso será $\min\{\,\mathbf{NF}, 3.9\,\}$.

Comunicación digital

- Noticias, clases, ejercicios, etc . . .

  Canvas / Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales

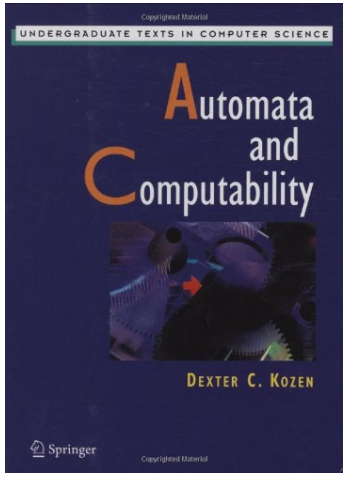
- Preguntas sobre materia:
  - Foro de Canvas.
  - Personales:

    iic2223@ing.puc.cl

- Preguntas por problemas personales relacionados al curso:

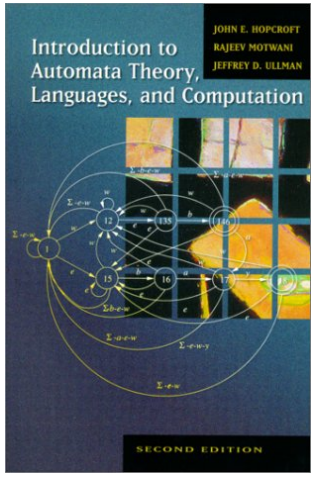
  cristian.riveros@uc.cl

Bibliografía



Automata and Computability

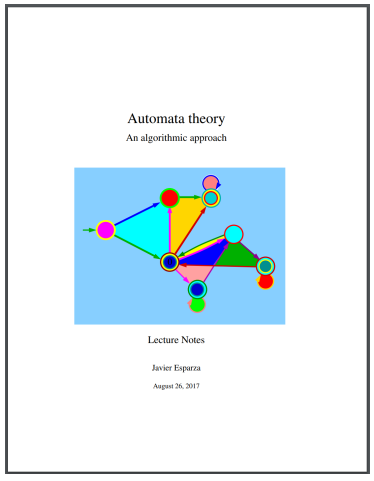
- Dexter Kozen.
- Springer, 1997.



Intr. to automata theory languages and computation

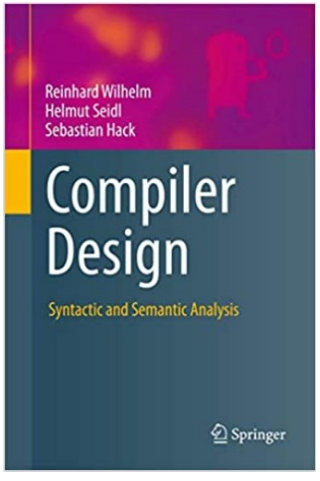
- Hopcroft, Motwani, y Ullman.
- Addison-Wesley o Prentice Hall.
- Múltiples ediciones: 1979, 2000, 2006.

Bibliografía



Automata Theory: An Algorithmic Approach.

- Javier Esparza.
- Disponibles en internet.



Compiler design: syntactic and semantic analysis

- Wilhelm, Seidl y Hack.
- Springer, 2013.

Outline

Sobre pandemia y presencialidad . . .

Si **no pueden asistir** a las clases presenciales:

1. Todo el material de las clases será publicado en Canvas.
2. Publicaremos todas las grabaciones de las clases online 2020'2.
3. En caso de no poder rendir las evaluaciones presenciales **por razones justificadas**, se permitirá realizar las evaluaciones en formato online.
4. Daremos todo el apoyo que sea posible.

Hagan su mejor esfuerzo para participar del curso

Sobre pandemia y presencialidad . . .

Para cualquier problema que tengan:

1. No entrar en pánico.
2. Estamos para apoyarlos.
3. Daremos flexibilidad en caso de ser necesario.

Cualquier problema comunicarse **cuanto antes**
con el profesor o ayudantes

Sobre las tareas, interrogaciones y examen

Recomendaciones de estudio :

1. Asistir a clases.
2. Leer la materia de un libro.
3. Pensar . . .
4. Hacer y escribir las demostraciones (individualmente).
5. Pensar . . .
6. Hacer varios y diversos ejercicios.

En este curso **NO** se pueden mecanizar los ejercicios.

Sobre correcciones y recorrecciones

El proceso de **corrección** y **recorrección** de evaluaciones será el siguiente:

1. Entrega de notas y feedback (online): 2 semanas.
2. Recorrección online por zoom.
3. Recorrección escrita.
4. En caso de no quedar satisfecho con recorrección,
   solicitar la recorrección con el profesor (enviar un correo).

En caso de tener cualquier duda sobre corrección o feedback,
enviar un correo a **iic2223@ing.puc.cl**.

Sobre copia

- Tanto las tareas, controles y examen son individuales.
- Material de libros o Internet debe estar debidamente **referenciados**.
- En caso de copia se aplicará:

POLÍTICA DE INTEGRIDAD ACADÉMICA
DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN

¿PREGUNTAS?