

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación  
Universidad Nacional de Córdoba

# Modelado automático de trayectorias de aprendizaje: ¿Cuándo generar ayuda personalizada para principiantes en programación?

Marco Moresi

March 20, 2019

# Sistemas de corrección automática para la enseñanza de programación

# ¿Por qué se necesitan estos sistemas?



¿Por qué se necesitan estos sistemas?:

- ▶ Introducción de las CC en la curricula de la escuela K-12
- ▶ Falta de docentes capacitados
- ▶ Dificultad de capacitar docentes
- ▶ Aulas heterogéneas

# ¿Por qué se necesitan estos sistemas?



¿Por qué se necesitan estos sistemas?:

- ▶ Introducción de las CC en la curricula de la escuela K-12
- ▶ Falta de docentes capacitados
- ▶ Dificultad de capacitar docentes
- ▶ Aulas heterogéneas

# ¿Por qué se necesitan estos sistemas?



¿Por qué se necesitan estos sistemas?:

- ▶ Introducción de las CC en la curricula de la escuela K-12
- ▶ Falta de docentes capacitados
- ▶ Dificultad de capacitar docentes
- ▶ Aulas heterogéneas

# ¿Por qué se necesitan estos sistemas?



¿Por qué se necesitan estos sistemas?:

- ▶ Introducción de las CC en la curricula de la escuela K-12
- ▶ Falta de docentes capacitados
- ▶ Dificultad de capacitar docentes
- ▶ Aulas heterogéneas

# ¿Qué se necesita de estos sistemas?



## ¿Qué se necesita de estos sistemas?

- ▶ Secuenciación de contenidos
- ▶ Corrección automática de ejercicios
- ▶ Seguimiento personalizado de estudiantes

# ¿Qué se necesita de estos sistemas?



¿Qué se necesita de estos sistemas?

- ▶ Secuenciación de contenidos
- ▶ Corrección automática de ejercicios
- ▶ Seguimiento personalizado de estudiantes



# ¿Qué se necesita de estos sistemas?



¿Qué se necesita de estos sistemas?

- ▶ Secuenciación de contenidos
- ▶ Corrección automática de ejercicios
- ▶ Seguimiento personalizado de estudiantes



# ¿Qué es Mumuki?



- ▶ Sistema usado para la enseñanza de programación
- ▶ Código libre
- ▶ Desarrollada por docentes universitarios nacionales
- ▶ Corrige automáticamente ejercicios de programación
- ▶ Brinda asistencia a profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje.

# ¿Qué es Mumuki?



- ▶ Sistema usado para la enseñanza de programación
- ▶ Código libre
- ▶ Desarrollada por docentes universitarios nacionales
- ▶ Corrige automáticamente ejercicios de programación
- ▶ Brinda asistencia a profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje.

# ¿Qué es Mumuki?



- ▶ Sistema usado para la enseñanza de programación
- ▶ Código libre
- ▶ Desarrollada por docentes universitarios nacionales
- ▶ Corrige automáticamente ejercicios de programación
- ▶ Brinda asistencia a profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje.

# ¿Qué es Mumuki?



- ▶ Sistema usado para la enseñanza de programación
- ▶ Código libre
- ▶ Desarrollada por docentes universitarios nacionales
- ▶ Corrige automáticamente ejercicios de programación
- ▶ Brinda asistencia a profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje.

# ¿Qué es Mumuki?



- ▶ Sistema usado para la enseñanza de programación
- ▶ Código libre
- ▶ Desarrollada por docentes universitarios nacionales
- ▶ Corrige automáticamente ejercicios de programación
- ▶ Brinda asistencia a profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje.

## Demo Time





Perspectiva del docente

# ¿Cómo realiza el seguimiento el docente?



<div><div>RO</div><div>✉ Roc [redacted] 64 ✓ @ roc [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 6 ✖</div></div> <div><div>Práctica Guardas y P...</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>	<div><div>AR</div><div>✉ Ar [redacted] 68 ✓ @ arr [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 1 ✖</div></div> <div><div>Práctica Recursividad</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>	<div><div>GI</div><div>✉ Ros [redacted] 65 ✓ @ giul [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 4 ✖</div></div> <div><div>Práctica Recursividad</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>
<div><div>JU</div><div>✉ Pist [redacted] 62 ✓ @ julie [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 5 ✖</div></div> <div><div>Práctica Recursividad</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>	<div><div>C</div><div>✉ Cb [redacted] 60 ✓ @ cb [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 6 ✖</div></div> <div><div>Práctica Recursividad</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>	<div><div>V</div><div>✉ Per [redacted] 62 ✓ @ val [redacted] 0 ⓘ 📅 Registrado hace 7 meses 3 ✖</div></div> <div><div>Práctica Guardas y P...</div><div>hace 6 meses</div><div>🔗 Ultima lección</div><div>🕒 Ultima solución</div></div>

# ¿Cómo realiza el seguimiento el docente?



Enviada el 2016-09-01 02:34:41

1	1	recortar :: [(a,a)] -> [(a,a)]
2	2	recortar [] = []
3	-	recortar (a,b:xs) = (a, (take 15 b)) : recortar xs
3	+	recortar (a,b:xs) = (a, take 15 b) : recortar xs

Enviada el 2016-09-01 02:38:06

1	1	recortar :: [(a,a)] -> [(a,a)]
2	2	recortar [] = []
3	3	recortar (a,b:xs) = (a, take 15 b) : recortar xs

Enviada el 2016-09-01 02:38:31

1	1	recortar :: [(a,a)] -> [(a,a)]
2	2	recortar [] = []
3	-	recortar (a,b:xs) = (a, take 15 b) : recortar xs
3	+	recortar (a,b:xs) = (a, (take 15 b)) ++ recortar xs

# Dataset Mumuki



Cada vez que un estudiante envía una solución, el sistema almacena la siguiente información:

▶ <b>content</b>	{	"content" : "recortar xs = take 15 x",
▶ <b>created at</b>		"created_at" : "2018-04-17T02:32:27.374Z",
▶ <b>status</b>		"status" : "errored",
▶ <b>exercise.name</b>		"exercise.name" : "Recortar tuits",
▶ <b>exercise.id</b>		"exercise.id" : 9,
▶ <b>submission.count</b>	}	"submissions_count" : 1,

# Dataset de Mumuki

Mumuki io vs Intro Algo



	Intro Algo 2018		Mumuki io	
Cantidad de submissions	19372		235742	
Estudiantes	75		3915	
Submissions Status	#	%	#	%
Errored (rojo oscuro)	7457	38.5	69249	29.3
Failed (rojo claro)	7855	40.5	86525	36.7
Passed (verde)	4060	21.0	79928	34.0

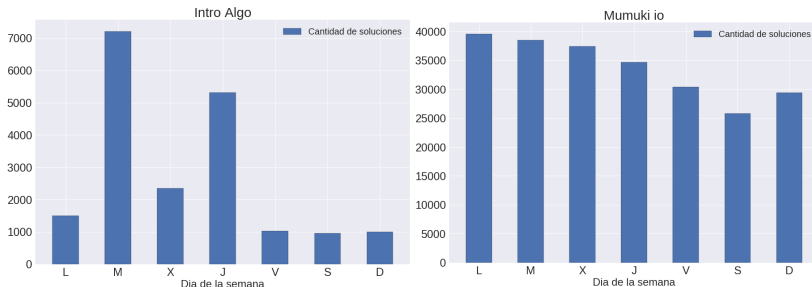
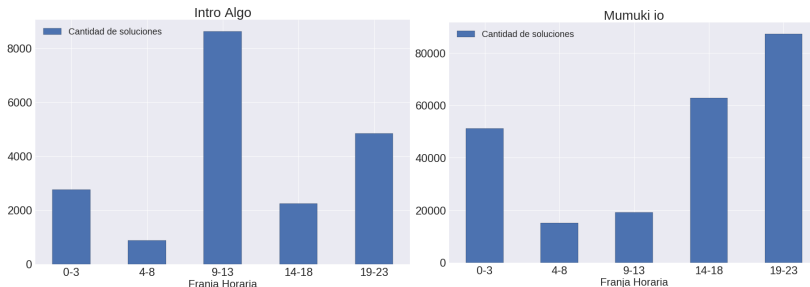


Figure: Comparación de la utilización del sistema Mumuki por día.

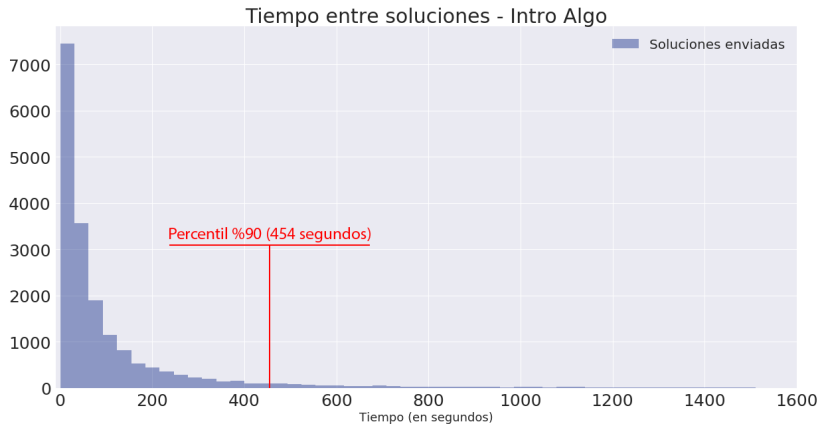


**Figure:** Comparación de la utilización del sistema Mumuki por hora.





- ▶ **Abandono en sesión:** consideramos abandono en sesión cuando el estudiante supera el umbral de tiempo de inactividad sobre un ejercicio dejando en rojo su última solución enviada dentro de la sesión.
- ▶ **Abandono por cambio de ejercicio:** durante una sesión el estudiante deja un ejercicio en rojo y cambia a trabajar sobre otro ejercicio dentro de la plataforma Mumuki.





**Sesión:** soluciones enviadas de forma continuada donde el tiempo de inactividad no supera un cierto umbral, 454 segundos (7,56 min) para Intro Algo y 565 segundos (9,41 min) para Mumuki io.

# Predicción de abandono

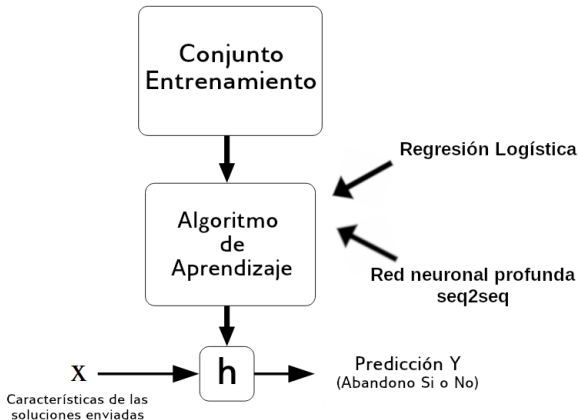


Distribución de las clases luego de anotar el conjunto de datos.

	Mumukio		Intro Algo	
	#	%	#	%
<b>Abandonos en sesión</b>	32189	13.7	3382	17.5
<b>Abandonos por cambio de ejercicio</b>	39358	16.7	5781	29.9
<b>Total abandonos</b>	71547	30.4	9163	47.4
<b>Total no abandonos</b>	164155	69.6	10134	52.6
<b>Total soluciones</b>	235702	100	19297	100

# Aprendizaje supervisado

## Aprendizaje supervisado



# Ingeniería de características para regresión logística



Luego de haber anotado ambos conjunto de datos surge la necesidad de diseñar características que modelan cuándo el estudiante está en un estado de posible abandono del ejercicio. Inspirados en el trabajo de Blikstein et al (2014) propusimos tres dimensiones.

- ▶ Dimensión estudiante
- ▶ Dimensión ejercicio
- ▶ Dimensión estudiante-ejercicio





Luego de haber anotado ambos conjunto de datos surge la necesidad de diseñar características que modelan cuándo el estudiante está en un estado de posible abandono del ejercicio. Inspirados en el trabajo de Blikstein et al (2014) propusimos tres dimensiones.

- ▶ Dimensión estudiante
- ▶ Dimensión ejercicio
- ▶ Dimensión estudiante-ejercicio



Luego de haber anotado ambos conjunto de datos surge la necesidad de diseñar características que modelan cuándo el estudiante está en un estado de posible abandono del ejercicio. Inspirados en el trabajo de Blikstein et al (2014) propusimos tres dimensiones.

- ▶ Dimensión estudiante
- ▶ Dimensión ejercicio
- ▶ Dimensión estudiante-ejercicio

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ **PA**, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA



Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ **PA**, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ PA, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ PA, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA



Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ **PA**, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ **PA**, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA



Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Experiencia
  - ▶ PCA, PSA
- ▶ Nivel Abandono
  - ▶ **PA**, EA
- ▶ Nivel Insistencia
  - ▶ PTT, PDL, IPA

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Dificultad
  - ▶ PCSA, **APE**, CAPE, COMP
- ▶ Nivel Conceptual
  - ▶ Exercise id

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Dificultad
  - ▶ PCSA, **APE**, CAPE, COMP
- ▶ Nivel Conceptual
  - ▶ Exercise id

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Dificultad
  - ▶ PCSA, **APE**, CAPE, COMP
- ▶ Nivel Conceptual
  - ▶ Exercise id

Dentro de esta dimensión se propusieron diversos niveles

- ▶ Nivel Dificultad
  - ▶ PCSA, **APE**, CAPE, COMP
- ▶ Nivel Conceptual
  - ▶ Exercise id

- ▶ Submission count

- ▶ Content

- ▶ {'xs', 'take', '=', 'recortar', '15', 'x'}

```
{  
  "content" : "recortar xs = take 15 x",  
  "created_at" : "2018-04-17T02:32:27.374Z",  
  "status" : "errored",  
  "exercise.name" : "Recortar tuits",  
  "exercise.id" : 9,  
  "submissions_count" : 1,  
}
```

- ▶ Submission count
- ▶ Content

- ▶ {'xs', 'take', '=', 'recortar', '15', 'x'}

```
{  
  "content" : "recortar xs = take 15 x",  
  "created_at" : "2018-04-17T02:32:27.374Z",  
  "status" : "errored",  
  "exercise.name" : "Recortar tuits",  
  "exercise.id" : 9,  
  "submissions_count" : 1,  
}
```

- ▶ Submission count
- ▶ Content
  - ▶ {'xs', 'take', '=', 'recortar', '15', 'x'}

```
{  
  "content" : "recortar xs = take 15 x",  
  "created_at" : "2018-04-17T02:32:27.374Z",  
  "status" : "errored",  
  "exercise.name" : "Recortar tuits",  
  "exercise.id" : 9,  
  "submissions_count" : 1,  
}
```



# Regresión Logística

Dataset	Intro Algo		Mumuki io	
Baseline	Subm. count	Subm. content	Subm. count	Subm. content
<b>Dimensión Estudiante</b>				
N. Experiencia	PCA	PSA	PSA	PCA
N. Abandono	PA	PA	PA	PA
N. Insistencia	PTT	PDL	PTT	IPA
<b>Dimesión Ejercicio</b>				
N. Dificultad	APE	APE	COMP	PCSA
<b>Métrica de clasificación</b>				
F1 Score	0.69	0.67	0.74	0.77
Dummy Classifier	0.51		0.57	



Baseline Submission Count	
Características	F1 Score
PCA + PA + PTT + APE	<b>0.697</b>
PCA + PA + PTT	0.64
PCA + PTT + APE	0.65
PCA + PA + APE	0.694
PA + PTT + APE	0.697
PCA + PA	0.64
PCA + PTT	0.61
PCA + APE	0.65
PA + PTT	0.64
PA + APE	0.696
PTT + APE	0.64

**Table:** *Ablation study* sobre las características con mejor desempeño en el baseline Submission count para el conjunto de datos Intro Algo



	Intro Algo	Mumukio
<b>Dummy classifier</b>	0.51	0.57
<b>Submission Count + PA + APE</b>	0.68	0.75
<b>Mejor combinación obtenida</b>	0.69	0.77

Recordemos que PA es la proporción de abandonos, correspondiente al nivel de abandono de la dimensión de estudiante. Mientras que APE son los abandonos por ejercicio, esta característica está dentro del nivel de dificultad de la dimensión de ejercicio.

# Redes neuronales profundas seq2seq

Construiremos una red neuronal recurrente con unidades LSTM. Con las siguientes características:

- ▶ La entrada es el código generado por estudiantes
- ▶ Cada solución se tokeniza con un vocabulario de 35 mil tokens
- ▶ Padding a 100 tokens de longitud
- ▶ Cada token es representado por un embedding (128, 256, 512 dimensiones)
- ▶ Estos embeddings son la entrada de una capa de 100 unidades LSTM
- ▶ Última capa una función de activación sigmoide (Clasificación)

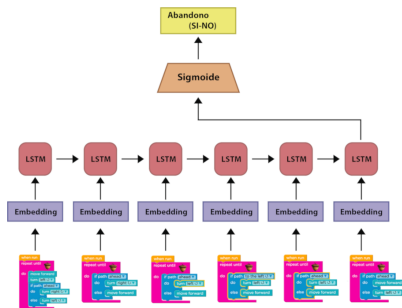


Figure: Wang et. al (2017). Learning to Represent Student Knowledge on Programming Exercises Using Deep Learning

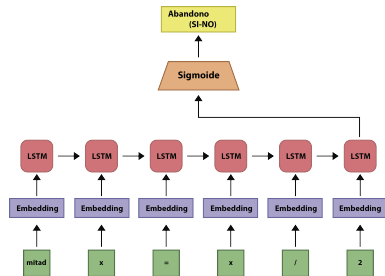


Figure: Estructura propuesta por este trabajo

Métrica de éxito F1 para cada una de las configuraciones de la red.

	Intro Algo	Mumuki io
	F1 Score	
<b>LSTM (Embeddings 128)</b>	0.84	0.78
<b>LSTM (Embeddings 256)</b>	0.85	0.81
<b>LSTM (Embeddings 512)</b>	0.85	0.80

**Table:** Valores de F1 obtenidos para cada una de las configuraciones de la red.



# Comparación de modelos

# Análisis de tiempos vs performance

Tiempo de predicción



	Intro Algo		Mumuki io	
	Tiempo predicción	F1	Tiempo predicción	F1
<b>Modelo General</b> <b>Sub. count + PA + APE</b>	3.62 $\mu s$	0.68	4.23 $\mu s$	0.75
<b>LSTM (Embeddings 128)</b>	1.7 ms	0.84	1.7 ms	0.78
<b>LSTM (Embeddings 256)</b>	1.9 ms	0.85	1.8 ms	0.81
<b>LSTM (Embeddings 512)</b>	2.5 ms	0.85	2 ms	0.80



# Conclusiones y Trabajo Futuro

- ▶ Pudimos formalizar la tarea de predecir abandonos y se trabajó sobre un conjunto de datos novedoso
- ▶ Logramos construir un modelo de regresión lineal con buenos tiempos de respuesta pero la performance se vio claramente superada por la opción neuronal
- ▶ A diferencia de los trabajos relacionados en el área en el modelo neuronal obtuvimos un buen desempeño sólo utilizando el texto de la solución



- ▶ Registrar el tiempo de inicio de trabajo
- ▶ Probar otra estructura de red neuronal
- ▶ Combinar experimentos
- ▶ Mejorar representación del texto
- ▶ Trayectorias adaptativas

¿Preguntas?

**TODO TERMINÓ SEÑORES**



Gracias