

## Microcomputadoras para la enseñanza y el aprendizaje

Martha Semken, Mariano Vargas

Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento  
General Sarmiento, Buenos Aires, Argentina  
{msemen, avargas} @campus.ungs.edu.ar

### RESUMEN

Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos: Son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición [1].

En las materias del área Sistemas, se presenta mayor dificultad para trabajar sobre dispositivos reales. Se suele trabajar con emuladores para poder simular situaciones o entornos necesarios para llevar a cabo las prácticas de los contenidos vistos. Si bien tienen una primera aproximación, no son entornos de trabajo conocidos, ni utilizados en la actualidad.

El área de sistemas de la carrera Licenciatura en Informática, ha comenzado un proceso de innovación, intentando llevar nuevas herramientas a los alumnos, con tecnologías que se utilizan en el mercado laboral.

Incorporar el uso de microcomputadoras Raspberry Pi. Con la intención de brindar a los alumnos, dándoles acceso a dispositivos físicos logrando una experiencia real. Luego de una primera etapa de acercamiento con dicha herramienta, desarrollar una etapa de investigación basada en este dispositivo.

### CONTEXTO

Este proyecto de I/D en esta primera etapa, involucra el área Sistemas y las materias Organización del Computador y Sistemas Operativos y Redes, de la carrera Licenciatura en Informática del Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento. Con la intención de ampliar las áreas de investigación, abarcando al área programación.

Ya iniciado el proyecto, surge la situación actual de distanciamiento social, lo que da la posibilidad de llevar al máximo la capacidad de la plataforma seleccionada. Con un Raspberry Pi online brindar acceso remoto a los alumnos para que realicen sus prácticas.

### INTRODUCCIÓN

La materia Organización del Computador tiene como objetivo conocer la organización interna y funcionamiento de una computadora, su interacción y operación. En un sistema de software es esencial comprender la ejecución como así también la utilización de los recursos de los que se dispone.

Para lograr estos objetivos se trabaja con un procesador en particular. En nuestro caso la arquitectura elegida anteriormente, era Intel 8086 (Fig. 1). Dicha arquitectura ya es obsoleta, pero dada su simplicidad, permitía introducir a los alumnos en los temas descritos. Los conceptos presentes en este procesador a pesar de su obsolescencia, como recurso de aprendizaje son válidos, pero para los alumnos es una tecnología que no está ni estará presente en su futuro profesional, ni

como herramienta de trabajo en su trayecto académico, salvo por la materia Organización del Computador.

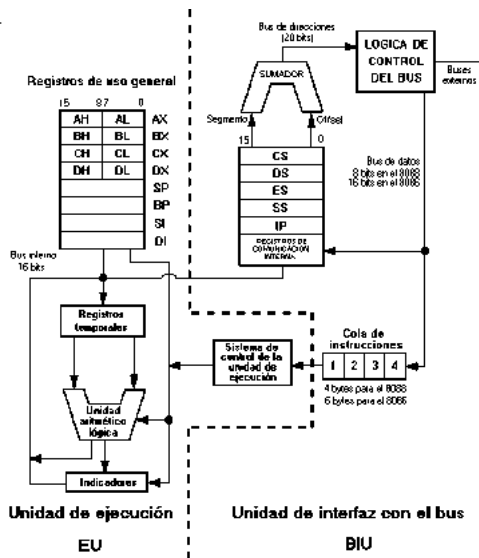


Figura 1 - Arquitectura 8086

En cuanto a la parte práctica, en esta arquitectura, solo se puede trabajar sobre emuladores (Fig. 2). En las prácticas de laboratorio, los alumnos trabajan con Assembler, para lograr comprender como es el proceso para generar un software ejecutable, editar, compilar, vincular, ejecutar. Con frecuencia en los lenguajes de alto nivel, trabajan en entornos de desarrollo (IDE). Lo que hace que el proceso sea prácticamente automático, no llegan a visualizar estos pasos involucrados en el desarrollo de un programa ejecutable. Por esto se incluyen prácticas donde deben realizar estos pasos por separado [2].

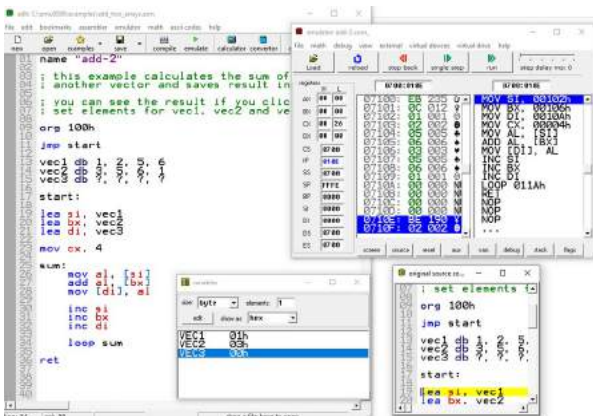


Figura 2- Emu8086, emulador de 8086

Como alternativa a este procesador, el planteo es trabajar sobre ARM (Fig. 3). Este procesador tiene una arquitectura RISC. Dicha arquitectura posee un conjunto reducido de instrucciones [3].

Actualmente es utilizado en celulares y recientemente se conoció la noticia de que los procesadores de Apple serán ARM [4]. Lo que la hace algo actual y tangible.

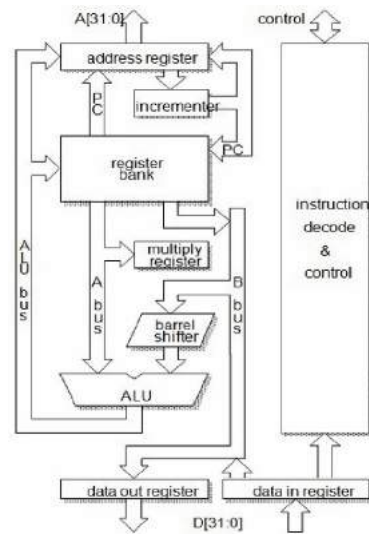


Figura 3 - Arquitectura ARM

Utilizando dispositivos Raspberry Pi, se les puede brindar a los estudiantes una imagen real del hardware sobre el cual trabajar y no un hipotético hardware que nunca verán en su futuro profesional. Estos dispositivos además tienen un muy bajo costo. Brindando un entorno de trabajo basado en el sistema operativo GNU/Linux. Un entorno de trabajo común para desarrollar sistemas en tiempo real.

En la materia Organización del Computador, las prácticas de laboratorio donde trabajan en Assembler de ARM [5], se llevan a cabo sobre un dispositivo al que se accede de forma remota (Fig. 4), lo ideal sería contar con varios dispositivos para distribuir la carga de trabajo.

```

root@raspb01:~/home/oc3q/guap0#
04 /usr: si pasa leer el momento?
05
06      push {r7}

07 : 0x1
08 : 0x7f7f7f7f - 0x7f7f7f7f - */home/oc3q/guap0/TF1BL*
09 : 0x7f7f7f7f - 0x7f7f7f7f - */shell/bin/bash*
10 : 0x7f7f7f7f - 0x7f7f7f7f - */home/oc3q/guap0/TF1BL*
11 : 0x0
12 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f push {r6, r5, r4, r3, r2, r1, r0}
13 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f push {r6, r5, r4, r3, r2, r1, r0}
14 : 0x0
15 : 0x0
16 : 0x0
17 : 0x7f7f7f7f - 0x00000001
18 : 0x0
19 : 0x0
20 : 0x7f7f7f7f - 0x00000001
21 : 0x0
22 : 0x7f7f7f7f - 0x00000001
23 : 0x7f7f7f7f - 0x7f7f7f7f - 0x00000001
24 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
25 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
26 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
27 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
28 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
29 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
30 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
31 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
32 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
33 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
34 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
35 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
36 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
37 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
38 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
39 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
40 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
41 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
42 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
43 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
44 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
45 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
46 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
47 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
48 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
49 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
50 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
51 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
52 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
53 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
54 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
55 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
56 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
57 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
58 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
59 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
60 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
61 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
62 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
63 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
64 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
65 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
66 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
67 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
68 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
69 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
70 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
71 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
72 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
73 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
74 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
75 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
76 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
77 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
78 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
79 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
80 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
81 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
82 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
83 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
84 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
85 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
86 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
87 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
88 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
89 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
90 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
91 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
92 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
93 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
94 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
95 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
96 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
97 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
98 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
99 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f
100 : 0x7f7f7f7f - _libc_0x7f7f7f7f el 0x7f7f7f7f _el_0x7f7f7f7f

```

Figura 4 – Debug GDB

Estas características permitirán ampliar el uso de la plataforma Raspberry Pi a la materia Sistemas Operativos y Redes y en un futuro brinda un entorno de desarrollo, con múltiples posibilidades. Lograr que cada alumno pueda acceder a la interfaz gráfica, que hasta ahora no es posible por la cantidad de alumnos que se conectan concurrentemente. Instalar diversos servicios de red como por ejemplo Apache Web Server. Realizar análisis de tráfico de red entre varios Raspberry Pi.

En este proyecto la propuesta es aprovechar el interés que los alumnos ya demuestran por la plataforma Raspberry Pi, para ponerlo a trabajar en pro del siguiente objetivo docente: facilitar el estudio de conceptos y técnicas impartidas en varias asignaturas de la carrera y en un futuro desarrollar otros proyectos de investigación. Además de proporcionarles una computadora remota a aquellos que no la poseen, para poder realizar sus prácticas.

## LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas de I/D que se proponen abordar mediante el uso del dispositivo Raspberry Pi como herramienta, son múltiples

- Herramienta didáctica: Introducción a los comandos básicos del sistema operativo GNU/Linux, no como concepto teórico sino con una aplicación concreta, para poder realizar prácticas.

Realización de prácticas de laboratorio para la materia Organización del computador, brindando la posibilidad de realizarlas sobre un dispositivo real. Prácticas de laboratorio para la materia Sistemas Operativos y Redes, realizando análisis de tráfico y programación de multithreads.

- Proyectos de investigación: Desarrollo de un Cluster de Raspberry Pi. Aplicaciones de computo de alto rendimiento, basadas en el cluster[6].
- Realización de talleres: Talleres específicos de computación y actividades extracurriculares relacionadas con la programación de servidores, IoT.

## RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

En una primera etapa el objetivo de este proyecto fue brindar a los estudiantes una herramienta de trabajo más actual, mediante el acceso a nuevas tecnologías comunes en el mercado laboral, modernizando de esta manera los contenidos de las materias. Esto fue logrado con éxito.

Durante los dos semestres del año 2020, se utilizó esta nueva arquitectura. Sumándole un condimento adicional, dada la situación de distanciamiento social preventivo. Solo se contaba con un dispositivo Raspberry, que se instaló y se mantuvo online durante la cursada. No se pudo acceder a los laboratorios de la universidad, así que el trabajo se realizó con una red de uso particular, conexión hogareña. Se utilizó el mismo Raspberry Pi con un servicio de DNS dinámico.

Además se implementó una Wiki, para que los alumnos tuvieran acceso a todo el material teórico, de forma más accesible [7].

A los alumnos se les asignó un usuario para que pudieran conectarse en forma remota, para realizar sus prácticas. De esta forma podían trabajar, sin necesidad de instalar nada en sus computadoras. Esto fue una ventaja

adicional, siendo una materia de primer año, la mayoría no tenía manejo del sistema operativo GNU/ Linux, pudieron tener una primera aproximación, sin necesidad de instalarlo, ya que esta actividad es incumbencia de otra materia. Brindándole una primera experiencia, que podrán capitalizar en la siguiente materia Sistemas Operativos y Redes.

A su vez los docentes tuvieron acceso a todas las cuentas y cuando surgió una consulta fue posible acceder a los ejercicios resueltos por los alumnos para asesorarlos o despejar dudas. De la misma forma realizaron las entregas de los TPs finales y fue posible realizar coloquios donde los alumnos presentaban su solución y podían explicarla, pudiendo trabajar directamente sobre su código. En esta etapa trabajaron en grupos y cada grupo tuvo una cuenta común, lo que les facilitaba realizar un trabajo colaborativo. *“El uso instructivo de grupos pequeños para que los estudiantes trabajen juntos y aprovechen al máximo el aprendizaje propio y el que se produce en la interrelación. Para lograr esta meta, se requiere planeación, habilidades y conocimiento de los efectos de la dinámica de grupo”* [8]

En cuanto a la enseñanza/aprendizaje, la estrategia fue exitosa, se notó mayor motivación y un aumento de interés por la nueva tecnología.

Algo no proyectado inicialmente fue la posibilidad del trabajo remoto, con el agregado de poder compartir un espacio de trabajo, docentes y alumnos. Generando lo más parecido al trabajo en laboratorio de forma presencial.

El próximo paso es ampliar el uso de esta plataforma en la materia Sistemas Operativos y Redes.

Disponer de un laboratorio de Raspberry Pi, dado su bajo costo y la posibilidad de accederlo remotamente, este es un beneficio

adicional para los alumnos que no disponen de computadora con gran capacidad de procesamiento. Podrán acceder a los dispositivos y trabajar de forma remota.

Una vez afianzada la nueva tecnología y con alumnos ya familiarizados con ella, continuar con la etapa de investigación sobre estos dispositivos, que dan amplias posibilidades, abriéndose muchas ramas de investigación posible.

## FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los miembros del equipo poseen formación en informática y electrónica. Ambos están cursando el Ciclo de Licenciatura en Tecnologías Digitales para la Educación, en la UNLA

## BIBLIOGRAFIA

1. Ausubel-Novak-Hanesian (1983). Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo. 2º Ed. TRILLAS México
2. Robert G. Plantz. Introduction to Computer Organization: ARM Assembly Language Us-ing the Raspberry Pi. Online, 2018. [URL:http://bob.cs.sonoma.edu/IntroCompOrg-RPi/intro-co-rpi.html](http://bob.cs.sonoma.edu/IntroCompOrg-RPi/intro-co-rpi.html).
3. Andrew S. Tanenbaum and Todd Austin. Structured Computer Organization. PearsonPrentice-Hall, New Jersey 07458, 6 edition, 2013. URL:https://goo.gl/N2YQc3.
4. Tecno. 9 de noviembre 2020. *Infobae*. Qué se puede esperar del evento donde Apple presentaría sus nuevas Mac con chip propio <https://www.infobae.com/america/tecno/2020/11/09/que-se-puede-esperar-del-evento-donde->

- [apple-presentaria-sus-nuevas-mac-con-chip-propio/](#)
5. VILLENA GODOY, ASENJO PLAZA, CORBERA PEÑA. Prácticas de ensamblador basadas en Raspberry pi. (2015) Universidad de Malaga. España. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/10214>
  6. Rodríguez Sebastián, Chichizola Franco, Rucci Enzo. (2018) *Análisis del Uso de un Cluster de Raspberry Pi para Cómputo de Alto Rendimiento*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires. Argentina
  7. Semken, Vargas, Velcic, Rojas Paredes, Lopez Holtman. (2020) Wiki Sistemas. <http://wikisistemas.servehttp.com/>
  8. Johnson & Johnson, D. (1998). *Cooperation in the classroom* (7a ed.). Interactionbook Company.