

# Un modelo para la incorporación de computadoras livianas extensible en ambientes educativos

Nonino Fabian Alberto<sup>1</sup>  
Lic. Alejandro Sartorio<sup>2</sup>

Desarrollador e investigador del proyecto<sup>1</sup>

[fabian.nonino@gmail.com](mailto:fabian.nonino@gmail.com)

Docente Coordinador<sup>2</sup>

[alejandro.sartorio@uai.edu.ar](mailto:alejandro.sartorio@uai.edu.ar)

Universidad Abierta Interamericana - Rosario, Santa Fe, Argentina

**Resumen.** El objetivo del presente trabajo, es brindar a instituciones educativas, un modelo de infraestructura computacional que además de ser lo más económico posible, responda de manera eficiente a los requerimientos para el normal desempeño de las clases.

Esto se logró partiendo de una solución tecnológica ya existente en el mercado, como es el cliente delgado. Sobre esta se diseñó y construyó un modelo para el uso en ambientes educativos

Usando como cliente computadoras de placa simple Raspberry Pi y administrando las sesiones de los usuarios mediante un LDAP logramos crear un modelo económico y fácilmente adaptable a cada

Para mejorar la experiencia del usuario, realizaremos una selección del protocolo de comunicación ideal, adaptaremos la mejor solución para 2 escenarios planteados y evaluaremos su desempeño

**Palabras Clave:** cliente delgado, sbc, infraestructura económica, inclusión educativa, TICs en la educación.

## 1 Contexto

Desde el año 2004, la Municipalidad de la ciudad de Rosario con su proyecto *Munix*, promueve el uso de Software adaptado en todo el ámbito de la administración municipal “...*En el 2004 la Municipalidad de Rosario comenzó la transición hacia el uso de Software Libre a nivel de escritorio, en lo que ha denominado Proyecto Munix. Éste fue planificado y gestionado internamente y contó con el aval del poder ejecutivo y el marco legal dispuesto a tal fin, utilizando los instrumentos legales provistos por la ordenanza N° 7787/2004 y el decreto N° 2833/2005...*”<sup>1</sup>.

Inspirados en *Munix*, nuestra idea nace en respuesta a la necesidad de promover el uso de las **TICs** en el ámbito educativo no sólo para enseñar, sino también para aprender y mejorar la experiencia de los usuarios. Favoreciendo además la

---

<sup>1</sup> <https://www.rosario.gov.ar/mr/softwarelibre/infraestructura-sl>

accesibilidad. Es por esto que comenzamos a desarrollar un modelo cliente-servidor (Thin Client/Cliente Delgado) lo más económico posible. Para lograrlo, utilizamos como dispositivos clientes "Single Board Computers" **SBC Raspberry Pi 3 model B** (Fig. 1) conectados a un servidor central, el cual por medio de sesiones de escritorio adaptadas intenta darle al usuario el acceso a los medios necesarios para el desarrollo de las clases.



**Fig. 1.** SBC Raspberry Pi 3 model B

## 2 Introducción

El ámbito de la educación viene redefiniendo sus prácticas dentro del aula en un contexto de avance de las nuevas tecnologías. Estas herramientas se han ido popularizando, pero muchos sectores ya sea por su situación socioeconómica o geográfica no pueden acceder aún. El presente trabajo trata de acercar a instituciones educativas que se encuentran en este contexto, un modelo de infraestructura computacional accesible desde el punto de vista económico, que pueda ser de utilidad a la hora de ser utilizado en las clases. Intentamos que tanto alumnos como docentes puedan acceder al uso de la tecnología y de esta forma reducir la **"brecha digital"**<sup>2</sup>. Haremos foco también en la accesibilidad de alumnos con capacidades especiales y su inserción al mundo de las TIC.

Este modelo, reemplaza la típica configuración de clientes autónomos, donde cada uno de los terminales utilizan para el procesamiento de la información sus propios recursos tanto de Hardware; memoria RAM, disco rígido, microprocesador, etc; como también de Software. Este tipo de clientes "gruesos" o "fat", en ciertos casos puntuales continúan siendo recomendables, pero nuestro proyecto apunta a reemplazarlos por **Cientes Delgados** (Véase esquema básico de configuración en Fig. 2) apoyados en la tecnología **SBC** o Single Board Computer para luego personalizar el Sistema Operativo.

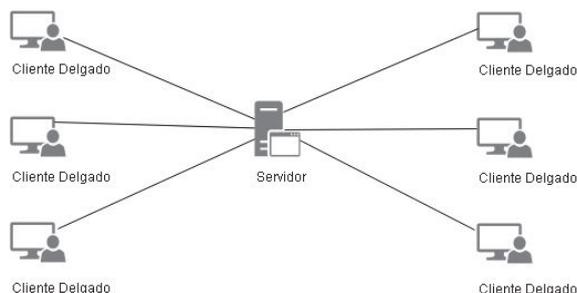
Un cliente liviano es básicamente una computadora que se configura de forma que pueda conectar con un servidor, el cual puede estar en un lugar remoto.

El servidor es en este caso el que realizará las tareas que los usuarios soliciten desde sus terminales:

---

<sup>2</sup> <http://www.labrechadigital.org>

- Procesamiento de datos
- Ejecución de aplicaciones
- Almacenamiento de información[4]



**Fig. 2.** Esquema básico de un modelo de Cliente Delgado

En el desarrollo del trabajo haremos referencia al conjunto de equipos de hardware que integran nuestro modelo como “infraestructura” y así también las posibles variantes que lo componen para poder adaptarlo a distintos escenarios.

Con el fin de montar una infraestructura que minimice la inversión monetaria en la compra de hardware, que pueda acercarse al desempeño que tiene un conjunto de hosts autónomos o gruesos, utilizaremos una SBC "Single Board Computer" como terminal. Para esta ocasión el modelo seleccionado será: Raspberry Pi 3 Model B. A ella se le conectará una PC-Clon que funcionará como servidor, en el mismo se ejecutarán todas las sesiones de los usuarios, las cuales previamente se personalizaron y gestionaron mediante un LDAP teniendo en cuenta que la solución debe aportar a los usuarios una experiencia similar a la que se tiene al utilizar computadoras autónomas.

### 3 Estado del Arte

A continuación se hace referencia a diferentes proyectos que fueron tomados como punto de partida a la hora de llevar adelante la realización del presente trabajo.

El trabajo número uno trata sobre la performance de los Clientes Delgados y las técnicas existentes para analizarla. Se enfoca principalmente en una técnica para el análisis de rendimiento llamada “Slow Motion Benchmarking” [1].

El trabajo número dos hace referencia al impacto de las TIC en el ámbito educativo y en la sociedad [2].

En el artículo número tres, se analiza la performance de gran cantidad de Clientes Delgados distribuidos en distintos países y funcionando a través de internet [3].

El trabajo número cuatro basa sus esfuerzos en la realización de un modelo al que denominaron “SRIDesk” el cual por medio de la virtualización de escritorios

adaptados y la aplicación de técnicas de optimización en la performance de la arquitectura, intenta brindar al usuario la mejor experiencia posible [4].

Tomando como referencia los trabajos anteriores, se presenta en la Tabla 1. una comparativa entre los diferentes trabajos y las características más importantes del presente trabajo de investigación.

**Tabla 1.** Comparativa de trabajos anteriores con el proyecto actual.

Trabajo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Measuring ThinClient performance Using Slow-Motion Benchmarking	X				X		
TIC: Su uso como Herramienta para el Fortalecimiento y el Desarrollo de la Educación Virtual			X				
On the performance of wide-area thin-client computing	X				X	X	
SRIDesk: A Streaming based Remote Interactivity architecture for desktop virtualization system	X			X	X		
Trabajo Actual	X	X	X	X	X	X	X

C1: ThinClient C2: Entornos adaptados C3: TICS en la educación

C4: Single Board Computers (SBC) C5: Rendimiento C6: Eficiencia Energética C7: LDAP

De acuerdo a los estudios relevados, pueden apreciarse análisis enfocados tanto a clientes delgados como a las tecnologías de la información. Ninguna de estas investigaciones relaciona el modelo Cliente Delgado con las TICs en el ámbito educativo.

Nuestro trabajo trata de integrar los conceptos exhibidos en la Tabla 1. para conseguir un modelo conceptual que se ajuste a los requerimientos para fomentar el uso de las tecnologías de la información en la educación.

#### 4 Análisis e Implementación

Tanto el análisis como la posterior implementación del modelo propuesto (ver Fig.3.) se realizaron por etapas. La primera etapa corresponde a la Selección del protocolo de comunicación entre el cliente/servidor. Luego se procedió a seleccionar el hardware involucrado, al hacerlo tuvimos en cuenta algunos puntos fundamentales:

- Minimizar la inversión en la compra de hardware.
- Equipos fácilmente reemplazables.
- Incorporar equipos que puedan cumplir con los requerimientos del usuario.

En la tercera etapa se comenzó con la configuración de la solución, luego en la etapa cuatro se personalizaron las sesiones de los usuarios, agregando software para facilitar la enseñanza/accesibilidad.

Luego en la etapa cinco, hacemos referencia al rendimiento de la solución y a las técnicas que se utilizan comúnmente para optimizarla.

Al finalizar, analizamos los beneficios de la solución propuesta.

### Modelo "SBC Para la Inclusión"

#### Referencias

-  **Cliente:** Raspberry Pi 3 Model B Operado por Usuario + Monitor y periféricos.
-  Cliente genera información desde su puesto de trabajo. La misma es enviada al servidor, pasando en primera instancia por un Switch.
-  La información ya procesada por el servidor se devuelve al usuario en pantalla.
-  Switch de Acceso para la comunicación entre los clientes y el servidor.
-  PC Clon: utilizada como servidor de sesiones que por medio del protocolo RDP son accedidas por los usuarios

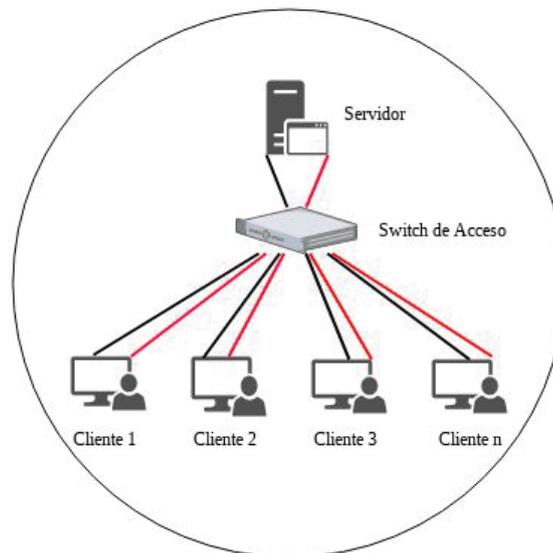


Fig. 3. Diagrama del modelo propuesto.

#### 4.1 Protocolos para la comunicación entre cliente y servidor

El software utilizado por los clientes delgados consiste en un GUI (Interfase gráfica de usuario), un agente de acceso (por ejemplo RDP, PCoIP, ICA, etc), un web browser local, un set básico de utilidades locales y en algunos casos cuenta con emulaciones por terminal.

Existen una gran cantidad de protocolos para la comunicación entre el terminal y el servidor principal, entre ellos los más destacados son:

- RDP
- ICA
- RFB
- NX
- X Windows System

Seleccionamos para nuestra solución RPD “Protocolo de Escritorio Remoto” el cual está basado en una extensión de los estándares de la familia T-120. Es un protocolo multicanal que permite separar canales virtuales para llevar datos de presentación, comunicación de dispositivos seriales, información de licencias, datos fuertemente encriptados (actividad del mouse y teclado) y más.

RDP es una extensión del protocolo central "T.Share", tiene muchas otras capacidades, como las características arquitectónicas necesarias para admitir multipunto (sesiones múltiples). Es un protocolo que tuvo varias revisiones y que actualmente se encuentra en vigencia; su estabilidad es sin dudas una de las características por lo que lo elegimos. Otro punto que nos pareció atractivo es la posibilidad que tiene el protocolo para admitir sesiones múltiples o multipunto.

#### **4.2 Gestionar de usuarios**

A la hora de realizar la gestión de los usuarios, se decidió por la implementación dentro del protocolo LDAP

El protocolo LDAP está diseñado para gestionar usuarios y privilegios de accesos de gran cantidad de Computadoras y sistemas operativos de manera centralizada, remota y sencilla.

Se optó por OpenLDAP, ya que es una alternativa de código abierto, la cual se ajustó a la necesidad del sistema, de manera que podamos gestionar accesos y usuarios en esta arquitectura, pudiendo incluso, nuclear la administración varios centros de cómputos, que residan en el mismo establecimiento o geográficamente distantes.

#### **4.3 Selección de Hardware**

El equipo más importante dentro de nuestro proyecto y hablando en términos de eficiencia, es la SBC Raspberry Pi 3 modelo B.

Los motivos principales por los que seleccionamos este equipo fueron: gran potencial en muy poco espacio, su costo es ínfimo, lleva años en el mercado; lo cual demuestra que conoce el nicho en el cual ofrece sus productos. La comunidad que desarrolla software para la misma es sumamente grande y se encuentra documentación de todo tipo/para cualquier tipo de proyecto.

Para el servidor principal se utilizará una pc clon.

#### **4.4 Funcionamiento**

Hablaremos en primer lugar del core de la arquitectura, es decir; la PC Clon. En ella se configuró Windows Server 2016 educacional con el protocolo RDP habilitado para que los usuarios puedan loguearse remotamente. Para esta primera implementación, se lanza desde un Raspbian<sup>3</sup> (el cual estará presente en las SD de las terminales) un aplicativo como rdesktop, que permita por medio del protocolo RDP iniciar sesión al usuario en el servidor remoto.

Dentro del servidor Windows Server, se instala un servidor DHCP para asignar direcciones IP a los terminales clientes. Decidimos hacerlo de esta forma para facilitar la administración y el posterior escalamiento de la red. Además se agrega en el mismo, un servidor DNS para que todos los recursos locales puedan ser accedidos por nombre.

---

<sup>3</sup> <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian>

#### 4.5 Personalización de los entornos

Para demostrar la adaptabilidad del proyecto, a continuación se plantean 2 escenarios diferentes donde implementar la solución.

##### Escenario 1

Aula informática con 10 puestos de trabajo que consten de acceso a internet, recursos compartidos, paquete office, herramientas de desarrollo de software y diseño.

##### Escenario 2

Aula informática con 25 puestos de trabajo, que consten de acceso a internet, recursos compartidos, paquete office y herramientas para personas invidentes.

##### Solución:

**Software.** A la hora de instalar el servidor, donde los clientes delgados van a ir a buscar y procesar las aplicaciones necesarias, se prepara una imagen ya desde su instalación para ambos escenarios, teniendo todos los recursos de software ya integrados, solo resta volcar esa imagen en el servidor escogido en cada escenario.

Se creó un repositorio de software Libre, en el que incluimos software para facilitar la accesibilidad a la información, entre ellas: **NVDA**<sup>4</sup> el cual tiene la capacidad de leer la información de la pantalla y es de gran ayuda para las personas no videntes, como característica adicional permite transformar texto a Braille si se le conecta un “Braille Display”. **Dasher**<sup>5</sup> permite escribir a través de un sistema predictivo basado en el movimiento del puntero del ratón. **Lumisonic**<sup>6</sup>, aplicación que “visualiza” el sonido en tiempo real de una forma en que las personas con discapacidad auditiva pueden interpretar.

Creamos también una interfaz gráfica para que los docentes puedan incluir cualquier tipo de software que favorezca la accesibilidad. En la misma se incluyen gran parte de los que presenta la **Athena free AT Software Inventory**<sup>7</sup>

**Hardware.** Los puestos de trabajo irán equipados con raspberry Pi 3, no importa el escenario, solo hay que abordar la cantidad requerida en cada caso.

El punto a evaluar son las capacidades computacionales del servidor requeridas en cada escenario.

---

<sup>4</sup> <https://www.nvaccess.org/>

<sup>5</sup> <http://www.inference.org.uk>

<sup>6</sup> <http://soundandmusic.org/projects/lumisonic/>

<sup>7</sup> <http://access.uoa.gr/ATHENA/eng/pages/home>

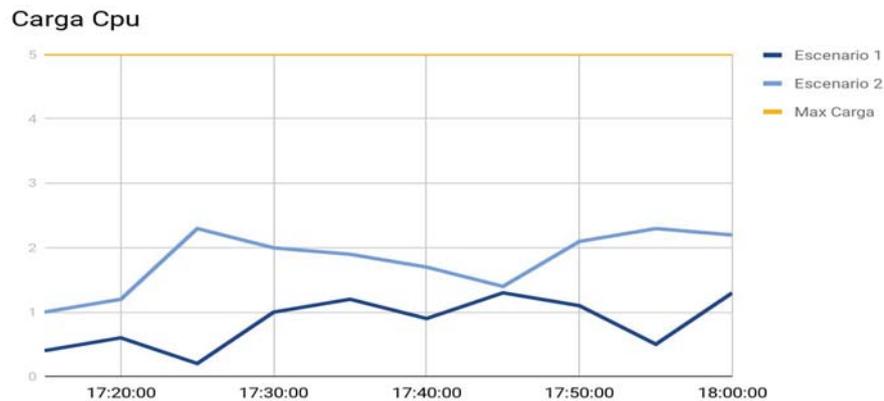
**Tabla 1.** A continuación se presenta una tabla comparativa entre el modelo tradicional y el propuesto en este trabajo, en ambos escenarios, evaluando costos, tanto monetario como en función del tiempo que insume cada tarea.

Tareas	Escenario 1				Escenario 2			
	Modelo Tradicional		Modelo Propuesto		Modelo Tradicional		Modelo Propuesto	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
T1	150.000	0	100.000	0	375.000	0	250.000	0
T2	0	0	17.000	0	0	0	40.000	0
T3	0	10	0	1.5	0	25	0	4
T4	0	0	0	0.25	0	0	0	0.25
T5	800	5	800	5	800	12	800	12
<b>Totales</b>	<b>150.800</b>	<b>15</b>	<b>117.800</b>	<b>6.75</b>	<b>375.000</b>	<b>37</b>	<b>290.800</b>	<b>16.25</b>

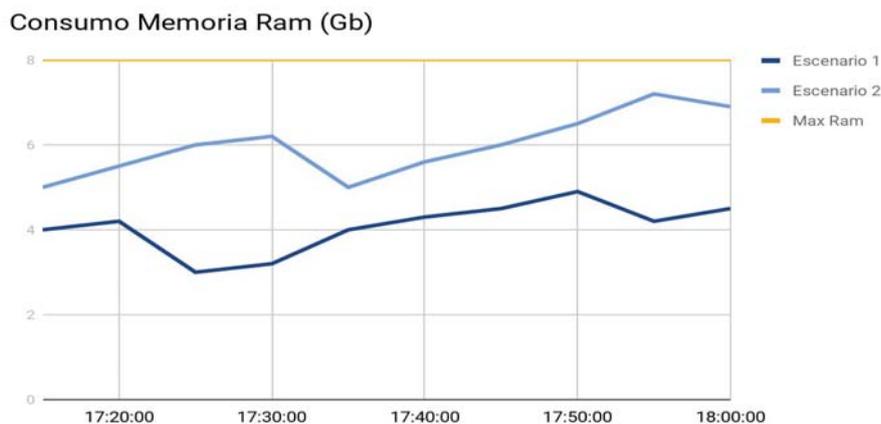
**C1:** Costo Monetario (\$) **C2:** Tiempo que insume la tarea (Hs) **T1:** Hardware puestos de trabajo **T2:** Hardware servidor **T3:** Instalación software de puestos de trabajo **T4:** Instalación software servidor **T5:** Montaje de infraestructura

#### 4.5 Rendimiento

La gran mayoría de las herramientas que existen para la realización de análisis/medición de rendimiento, fueron creadas para probar tanto PCs autónomas o Servidores. En el modelo propuesto, el procesamiento de la información no se realiza en el cliente, sino que se lleva a cabo en el servidor central; en consecuencia, bajo condiciones normales de funcionamiento total de ambos escenarios, se realizaron mediciones tanto de uso de cpu como de consumo de memoria ram en dichos servidores



**Fig. 4.** Gráfico comparativo de carga de Cpu de los servidores de ambos escenarios, con todos sus puestos de trabajo funcionando



**Fig. 5.** Gráfico comparativo de uso de memoria Ram de los servidores de ambos escenarios, con todos sus puestos de trabajo funcionando

## 5 Conclusión

La infraestructura propuesta, es sumamente flexible y permite incorporar gran cantidad de nuevas terminales con un esfuerzo mínimo (fácilmente **escalable**). Esto va acompañado al uso eficiente de los recursos informáticos con los que se cuenta.

Este modelo reduce considerablemente los costos y tiempos de implementación, sea el escenario que sea (ver Fig.3.)

Partiendo de los escenarios planteados anteriormente, vemos que esta propuesta reduce un 21% el costo monetario del escenario 1 y un 28% el costo monetario del escenario 2 y a razón de un 55% el tiempo de implementación en ambos.

**Esto demuestra la adaptabilidad del modelo frente a 2 escenarios diferentes, manteniendo sus virtudes**

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas que realizamos durante el desarrollo de nuestro modelo, podemos concluir en que la solución propuesta es una alternativa sumamente interesante con múltiples beneficios ya sea en lo **económico** por el valor del hardware involucrado, en la **seguridad de la información** al tener un solo equipo que contenga la información a securizar y por sobre todo adaptativa a cualquier escenario posible sin que sus beneficios se vean afectados

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nieh, Jason, S. Jae Yang, and Naomi Novik. "Measuring thin-client performance using slow-motion benchmarking." *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)* 21.1 (2003): 87-115.
- [2] Rosario, Jimmy. "TIC: Su uso como Herramienta para el Fortalecimiento y el Desarrollo de la Educación Virtual." *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia* 8 (2006).
- [3] Lai, Albert M., and Jason Nieh. "On the performance of wide-area thin-client computing." *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)* 24.2 (2006): 175-209.
- [4] Wu, Jiewei, et al. "Sridesk: A streaming based remote interactivity architecture for desktop virtualization system." *Computers and Communications (ISCC), 2013 IEEE Symposium on. IEEE, 2013.*
- [5] Schmidt, Brian K., Monica S. Lam, and J. Duane Northcutt. "The interactive performance of SLIM: a stateless, thin-client architecture." *ACM SIGOPS Operating Systems Review. Vol. 33. No. 5. ACM, 1999.*
- [6] Jain, Vipul K., Bhaskar Peddinti, and James Molenda. "Power optimization on a thin client device." U.S. Patent Application No. 13/071,622.
- [7] Bertolín, Javier Areitio. *Seguridad de la información. Redes, informática y sistemas de información.* Editorial Paraninfo, 2008.
- [8] Tanenbaum, Andrew S. *Redes de computadoras.* Pearson Educación, 2003.
- [9] Forouzan, Behrouz A. *Behrouz A. Transmisión de datos y redes de comunicaciones.* McGraw-Hill, 2007.
- [10] Tso, Fung Po, et al. "The glasgow raspberry pi cloud: A scale model for cloud computing infrastructures." *Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW), 2013 IEEE 33rd International Conference on. IEEE, 2013.*
- [11] Partridge, Craig, and Robert M. Hinden. *Version 2 of the reliable data protocol (RDP). No. RFC 1151. 1990.*
- [12] <http://caeti.uai.edu.ar/lineas.aspx>
- [13] Bustamante, Fernando Prieto, Carlos Andrés Peña Guzman, and Juan Diego Lopez Vargas. "ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL GREEN IT EN LAS ORGANIZACIONES."
- [14] Petrov, Nikola, et al. "Examples of Raspberry Pi usage in Internet of Things." (2016): 112-119. <http://eprints.fikt.edu.mk>