

## SBC PARA LA INCLUSION

Mansilla Luis<sup>1</sup>, Nonino Fabian<sup>1</sup>, Spooner Federico<sup>1</sup>

Ing. Pedro López<sup>2</sup>

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

{lmansilla022, fabian.nonino,  
spoonerfederico}@gmail.com

Docente Coordinador<sup>2</sup>

pedro.lopez@uai.edu.ar

Universidad Abierta Interamericana - Rosario, Santa Fe, Argentina

**Resumen.** El objetivo del presente trabajo, es brindar a instituciones educativas de bajos recursos, 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 lograría a partir de la implementación de un modelo de Cliente Delgado, usando como cliente computadoras de placa simple Raspberry Pi o cualquier PC que se considere obsoleta para operar de manera autónoma.

Las sesiones de los usuarios estarán adaptadas para brindar facilidades en la accesibilidad. Para mejorar la experiencia del usuario, realizaremos una selección del protocolo de comunicación ideal, luego evaluaremos su rendimiento.

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

### 1 Contexto

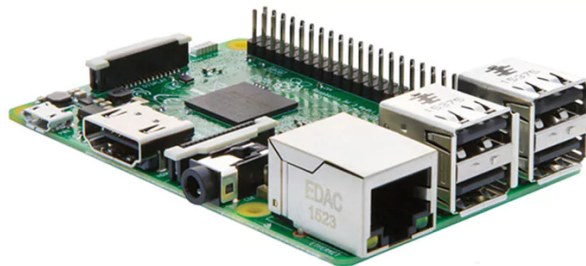
Desde el año 2004, la Municipalidad de la ciudad de Rosario con su proyecto Unix, promueve el uso de Software adaptado en todo el ámbito de la administración municipal “...En el 2004 la Municipalidad de Rosario comenzó la transición hacia el uso de Software Libre a nivel de escritorio, en lo que ha denominado Proyecto Unix. 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 Unix, 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 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

---

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

(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.

Nuestro **modelo conceptual**, 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 **Clientes Delgados** (Véase esquema básico de configuración en Fig. 2) apoyados en la tecnología **SBC** o Single Board Computer para luego personalizar el Sistema Operativo.

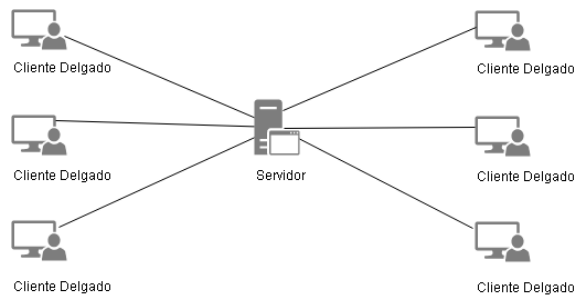
Un cliente liviano es básicamente una computadora que se configura de forma que pueda conectar con un servidor, el cual puede estar en un lugar remoto. El servidor es en este caso el que realizará las tareas que los usuarios soliciten desde sus terminales:

-Procesamiento de datos

---

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

- 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”.

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 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
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

**C1:** ThinClient **C2:** Entornos adaptados **C3:** TICS en la educación  
**C4:** Single Board Computers (SBC) **C5:** Rendimiento **C6:** Eficiencia Energética

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

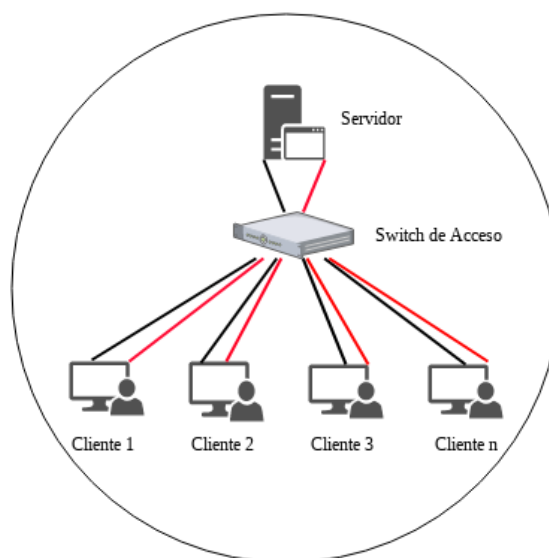


Fig. 3. Diagrama del modelo propuesto.

#### 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.

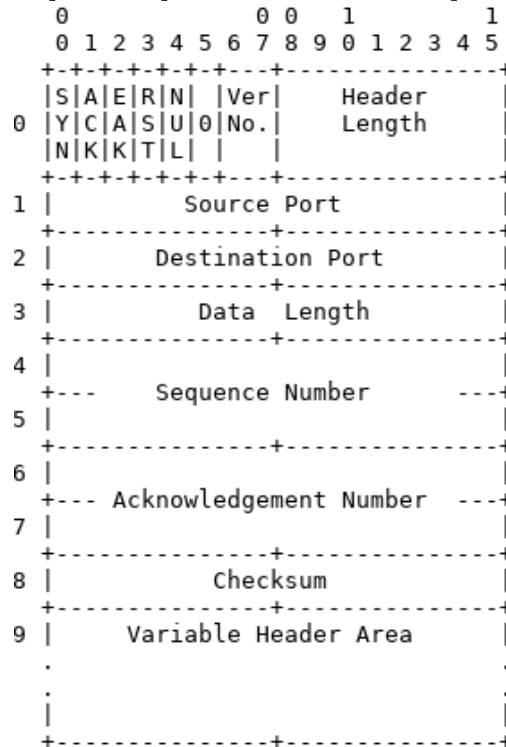
Existen una gran cantidad de protocolos para la comunicación entre el terminal y el servidor principal, entre ellos los más destacados son:

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

Seleccionamos para nuestra solución RDP "Protocolo de Escritorio Remoto" (véase en la Fig. 4. el formato Header) 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.



**Fig. 4.** Formato Header RDP<sup>3</sup>

#### 4.2 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.

#### 4.3 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>4</sup> (el cual estará presente en las SD de las

<sup>3</sup> extraído de RFC 1151 [11]

<sup>4</sup> <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian>

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.

#### 4.4 Personalización de los entornos

Para adaptar las sesiones de los usuarios, se utilizaron temas de escritorio minimalistas, priorizando la performance por sobre lo estético.

A la par que se fueron seleccionando los aplicativos necesarios para el dictado de las clases; se creó un repositorio de software Libre, en el que incluimos software para facilitar la accesibilidad a la información (ver Fig. 5), entre ellas: **NVDA**<sup>5</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>6</sup> permite escribir a través de un sistema predictivo basado en el movimiento del puntero del ratón. **Lumisonic**<sup>7</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>8</sup>

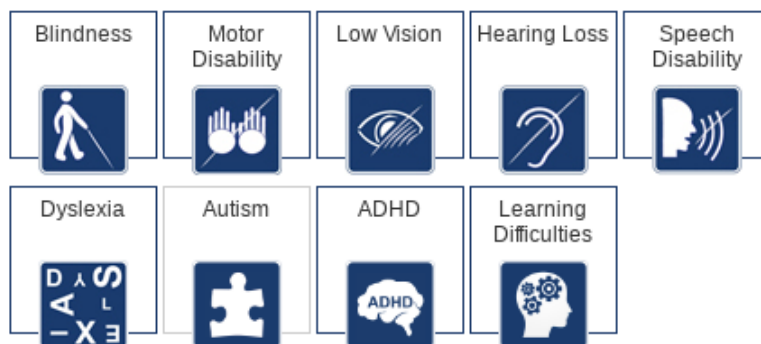


Fig. 5. Clasificación del software para la accesibilidad<sup>7</sup>

#### 4.5 Rendimiento

<sup>5</sup> <https://www.nvaccess.org/>

<sup>6</sup> <http://www.inference.org.uk>

<sup>7</sup> <http://soundandmusic.org/projects/lumisonic/>

<sup>8</sup> <http://access.uoa.gr/ATHENA/eng/pages/home>

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, la única prueba que realmente no es trivial, es la de la velocidad con que se muestran en pantalla los resultados del procesamiento de los datos que fueron ingresados por los usuarios.

Todo test de rendimiento que pueda aplicarse tanto a memoria RAM, disco rígido o microprocesador no tendría relación alguna con el cliente delgado en cuestión, ya que estaríamos evaluando puntualmente las características del servidor central.

Para mejorar el rendimiento de la visualización remota, especialmente en entornos donde el ancho de banda de la red es limitado, los sistemas basados en clientes delgados ofrecen tres formas de optimización; **compresión, almacenamiento en caché y fusión**. Para la compresión, pueden aplicarse distintos algoritmos que si bien reducen notablemente el ancho de banda necesario para transmitir los datos, traen como consecuencia una mayor carga de procesamiento. Con almacenamiento en cache, el cache de un cliente puede utilizarse para almacenar elementos que tiene que presentarse en el display, tales como fuentes de letra, bitmaps, etc; para que de esta forma los clientes puedan obtener elementos de display más utilizados y mostrarlos en pantalla rápidamente en lugar de tener que solicitarlo de manera repetitiva al servidor. Por otro lado con la fusión, las actualizaciones de pantalla se van poniendo en cola dentro del servidor para fusionarse antes de ser enviadas al clientes. Si dos actualizaciones cambian la misma región de pantalla, la fusión eliminará al anterior actualización y solo enviará la más reciente. En la fusión se envían las actualizaciones de visualización de manera asíncrona con respecto a la ejecución de las aplicaciones, desacoplando el renderizado de la aplicación de salida en el servidor, de los mostrado en ese momento como salida en pantalla del cliente. Dependiendo de la política de fusión y de la velocidad de la red, podría existir un tiempo significativo desde que la renderización de la aplicación se da en el server, hasta ser mostrado en pantalla.

#### **4.7 Beneficios del modelo propuesto**

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.

La administración de la solución requiere de poco esfuerzo/tiempo (lo cual se traduce en ahorros a nivel de recursos humanos involucrados) que una configuración tradicional ya que hay un sólo servidor de aplicaciones donde se ejecutan las tareas de los clientes.

A la hora de tener que reponer un puesto, su reemplazo en caso de contar con el recurso es prácticamente instantáneo. Esto claramente es otro beneficio, no sólo porque el personal técnico puede ocupar su tiempo en otras tareas que resulten de importancia para la institución en la que se esté implementando la solución sino que también el usuario involucrado en el incidente puede volver a operar de manera rápida.

Esta implementación cumple con las premisas de las denominadas “Green IT”[13] en español “Tecnologías Verdes” las cuales velan por el cuidado del medio ambiente, esto debido al muy bajo consumo energético por SBC.



Desde el punto de vista de la seguridad, los clientes al no almacenar información tienen muy baja probabilidad de ser atacadas por virus. Otro punto a destacar es que la política para el respaldo de la información se simplifica porque hay una única fuente.

Desde lo económico, también podemos ver que existe un ahorro significativo en licencias de SO y de antivirus.

## 5 Líneas de investigación y desarrollo

Nuestra investigación está centrada en la modelización de redes de clientes livianos utilizando como dispositivo principal computadoras de placa simple: Raspberry Pi, y el funcionamiento/optimización de aplicaciones sobre dicho modelo.

Se espera obtener información sobre la performance de dicha arquitectura para este marco de utilización puntual.

El proyecto pertenece a una de las 5 líneas de investigación de **CAETI Rosario**<sup>9</sup> denominada “Sociedad del Conocimiento y Tecnologías aplicadas a la Educación”. Las producciones de esta línea tienen la intención de “...potenciar las sinergias originadas en la vinculación del contenido, el conocimiento y el aprendizaje para lograr que los contenidos y conocimientos sean completos, accesibles, interactivos y utilizables en el tiempo. Se generarán avances en términos de usabilidad, accesibilidad, escalabilidad y costo de los métodos y tecnologías que manejan la creación, distribución y aprehensión del conocimiento...”[12].

## 6 Conclusión

A partir del desarrollo de este modelo y desde nuestro papel de alumnos intentamos brindar un marco informático que cumpla con los requerimientos mínimos para posibilitar y fomentar la enseñanza de tecnologías informáticas dentro de instituciones educativas que se vean limitadas desde el punto de vista económico en la adquisición de hardware informático. Pusimos también especial atención a facilitar la inclusión de alumnos con capacidades diferentes a la hora de seleccionar el software de las terminales.

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, es **ecológica** ya que alienta a la reutilización de hardware obsoleto y promueve el bajo consumo de energía eléctrica debido a los bajos requerimientos de los clientes y por sobre todo **inclusiva** ya que intentamos que el acceso a las TICS sea lo más plural posible.

## 7 Formación de Recursos Humanos

---

<sup>9</sup> <http://caeti.uai.edu.ar/lineas.aspx>

El presente trabajo, fue realizado por alumnos del Centro de Altos Estudios en Tecnologías Informáticas de la Universidad Abierta Interamericana regional Rosario (CAETI Rosario) del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos: Luis Mansilla, Fabian Nonino y Federico Spooner.

El mismo cuenta con la dirección del Ing. Pedro López, docente de Universidad Abierta interamericana.

## 8 Agradecimientos

Agradecemos a los Sysadmins de Municipalidad de Rosario Sebastián Ferraro y Federico Ferraro, por orientarnos desde su experiencia en la modelización de la infraestructura presentada y a nuestro profesor de Universidad Abierta Interamericana Ing. Pedro López por ser nuestro tutor en el presente trabajo.

## 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>