
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE UNA INFRAESTRUCTURA DE ESCRITORIO REMOTO VIRTUAL

Candidatura a los premios Socinfo Digital “Universidades TIC”



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Documento redactado por:

Carlos J. Escudero, Catedrático de Universidad y Adjunto al Rector en TI de la Universidad de A Coruña (contacto para comunicaciones escudero@udc.es)

Alejandra M. Rodríguez, Analista de la Universidad de A Coruña

A. Daniel López, Analista de la Universidad de A Coruña

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
CLIENTES VDI LIGEROS	3
SERVIDORES DISTRIBUIDOS.....	4
REPERCUSIÓN PARA EL CIUDADANO Y LAS ADMINISTRACIONES	7
CLIENTES VDI LIGEROS	7
SERVIDORES DISTRIBUIDOS.....	9
EQUIPO DE DESARROLLO Y PROVEEDORES	10
VALORACIÓN ECONÓMICA.....	11
PLAZOS DE CUMPLIMIENTO	12
CONCLUSIONES.....	13
ACRÓNIMOS	14
REFERENCIAS	15

INTRODUCCIÓN

La Universidad de A Coruña (UDC) fue fundada en 1989. Está dividida en dos campus situados en las ciudades de A Coruña¹ y Ferrol² (España), separados por una autopista de aproximadamente 50 km. Entre estos dos campus se reparten 23 centros y 26 departamentos. Además, en la actualidad hay 1.393 profesores, de los cuales el 80% se distribuyen en 144 grupos de investigación.

La estructura organizativa de la Universidad está constituida por dos tipos de personal: docente e investigador (1.439 personas), y administración y servicios (820 personas). Además, la UDC cuenta actualmente con 17.230 estudiantes.

El servicio de informática y comunicaciones (SIC), responsable del proyecto planteado, está compuesto por 67 trabajadores, dependientes directamente del Rector (equivalente al CEO) a través de su adjunto en TI (equivalente al CIO).

Este documento presenta la candidatura a los premios Socinfo Digital “Universidades TIC” por parte de la UDC, a través un proyecto que encaja en la categoría “Virtualización de Infraestructuras”. Debido a su aplicación, también se puede considerar dentro de la “Transformación Digital de las Aulas Universitarias” y, de forma parcial, “Administración Digital”.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el año 2013, la Universidad de A Coruña (UDC) arrancó un proyecto de Infraestructura de Escritorio Virtual (VDI, del inglés Virtual Desktop Infrastructure) como solución para conseguir que el parque de ordenadores de los trabajadores fuera más homogéneo, más fácil de gestionar y con mejor soporte por parte del personal informático; siempre con el objetivo de la sostenibilidad. Este proyecto fue pionero en el ámbito de la universidad española, por su impacto económico y medioambiental [Macia14].

Uno de los factores críticos de un servicio de VDI son los dispositivos cliente usados por sus usuarios. En la UDC, como suele ocurrir en estos casos, se instalaron clientes basados en ordenadores personales generalmente obsoletos, buscando una segunda vida para ellos; o en *thin-clients* cuyo elevado coste cuestionaba la sostenibilidad del proyecto. Por otra parte, este servicio ha estado utilizando servidores con capacidades adecuadas para entregar escritorios orientados a labores ofimáticas, pero que difícilmente podrían atender necesidades de laboratorios o aulas de informática para la docencia, donde las demandas de computación y gráficas suelen ser más exigentes.

La candidatura que se presenta muestra la evolución de la infraestructura de VDI en la UDC, que se materializa en dos subproyectos:

¹ <https://www.udc.es/es/sobreUDC/localizacion/corunha/>

² <https://www.udc.es/es/sobreUDC/localizacion/ferrol/>

- Desarrollo de clientes VDI ligeros. Estos serán de bajo coste y de alta eficiencia energética, garantizando la sostenibilidad del servicio VDI y proporcionando una buena experiencia de usuario.
- Incremento de la capacidad de cómputo. De esta forma se extiende el uso del VDI a la docencia especializada, mejorando las capacidades de cómputo y gráficas de los servidores del servicio, e incorporando recursos hardware ya existentes, aprovechando eficientemente la infraestructura disponible en la Universidad.

CLIENTES VDI LIGEROS

Este subproyecto se inició en 2017 como estrategia para sustituir los clientes VDI basados en ordenadores personales obsoletos. Debía tener en cuenta varios objetivos, como la mejora de la experiencia de usuario, la reducción de costes y la eficiencia energética.

La motivación original fue la búsqueda de una solución para la renovación de los OPAC (Online Public Access Catalog) de las bibliotecas. El alto número de clientes a sustituir (86), la funcionalidad necesaria y el público para el que estaban destinados permitió el planteamiento de usar un hardware basado en SBCs (Single Board Computer). En particular, se buscó un estándar de facto con una comunidad de desarrollo muy extensa: la conocida Raspberry Pi (RPI), desarrollada por la Fundación Raspberry Pi³. Todo su desarrollo y resultados pueden consultarse en un artículo publicado y presentado como un caso de éxito en el congreso internacional de sostenibilidad: *"Symposium accelerating the implementation of sustainable development in campus activities and programmes"* [Escudero19].

Su desarrollo se llevó a cabo con los recursos propios de la UDC, participando en él personal de diferentes áreas del SIC a través de las siguientes tareas:

- Análisis del estado del arte para la selección del hardware más adecuado. Aunque la decisión final fue la RPi, se valoraron diferentes opciones en función de sus características de precio, consumo, facilidad de gestión, software y garantías de continuidad.
- Desarrollo del software. Partiendo de unas distribuciones más o menos estables [RPiThinClient][Collazo15][Suman17], se realizaron importantes adaptaciones para permitir un óptimo funcionamiento con la infraestructura de VDI existente.
- Mecanización. Debido a que estos equipos estarían de cara al público, fue necesario protegerlos de vandalismo, hurtos y problemas eléctricos. Para ello, se realizó una importante labor en el diseño de una carcasa (se realizaron varios diseños según el destino del equipo) y en los mecanismos de anclaje a los monitores con mecanismos antihurto. En la Figura 1 se pueden ver unos OPACs instalados en una biblioteca, con el detalle del cliente anclado al soporte VESA (Video Electronics Standards Association) de un monitor.

³ <https://www.raspberrypi.org>

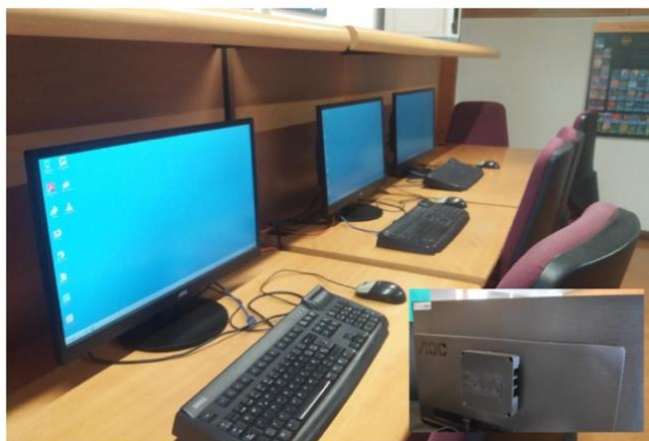


FIGURA 1: CLIENTES VDI INSTALADOS EN UNA BIBLIOTECA

Los clientes VDI basados en RPi se popularizaron rápidamente, superando las expectativas iniciales de demanda. Por eso, no sólo fueron la solución para los OPACs, si no que rápidamente se solicitaron, con un cierto efecto viral, como puestos de trabajo. Esto obligó a adaptar el software para nuevas demandas, como por ejemplo su evolución para ser usadas con webcams en videoconferencias o, más recientemente, su adaptación para soportar la autenticación de doble factor puesta en marcha en la UDC a finales del año 2021.

Lógicamente, el hardware empleado en el proyecto también ha evolucionado, pasando de usar en sus primeras versiones la versión 3B de la RPi a usar en la actualidad la versión 4A e, incluso, la versión 400 integrada con su propio teclado⁴.

SERVIDORES DISTRIBUIDOS

Como es bien sabido, en marzo de 2020 la universidad española se tuvo que transformar en pocos días en una universidad no presencial; no sólo para la docencia, sino también para la gestión administrativa. Esto no ha sido algo puntual, sino que ha abierto nuevas posibilidades, como el teletrabajo en la administración cuyo sustento en la UDC es el VDI.

Gracias al servicio de VDI, la UDC pudo afrontar rápidamente la crítica situación provocada por el inesperado confinamiento de la pandemia, haciendo posible que todo el personal de administración y servicios (PAS) trabajase de forma remota. Para reforzar el servicio, se aprovechó otro proyecto, que estaba en fase de pruebas, cuyo objetivo era la puesta en marcha de un centro de proceso de datos (CPD) extendido. En marzo de 2020, se aceleraron estas pruebas y se pudo usar para aumentar las capacidades del servicio de VDI. Esto permitió que los más de 800 trabajadores que componen el PAS de la UDC pudiesen trabajar desde el primer día (16 de marzo de 2020) desde sus residencias como lo hacían habitualmente en sus puestos de trabajo. Como ejemplo, la Figura 2 muestra el número de sesiones de VDI internas y remotas a la UDC por parte del PAS en los meses del confinamiento, desde marzo a junio de 2020.

⁴ <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-400/>

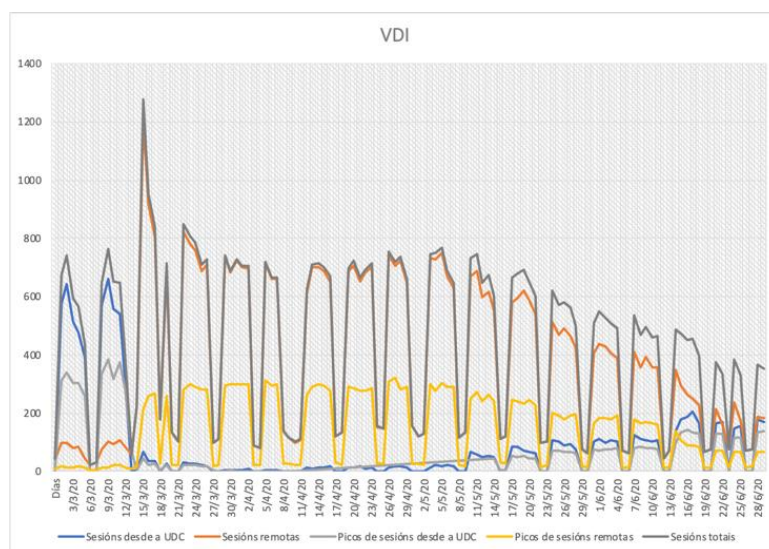


FIGURA 2: SESIONES DE VDI DURANTE EL CONFINAMIENTO PROVOCADO POR LA COVID19 EN 2020

Sin embargo, en este escenario de confinamiento, la docencia no presencial comenzó a ser un nuevo demandante del servicio de VDI. La labor docente centrada en labores ofimáticas o de consultas de bases de datos fue fácil de acomodar, creando nuevas imágenes similares a las utilizadas por el PAS. Para estos casos, el mencionado refuerzo de las capacidades de VDI con el CPD extendido permitió asimilar la excepcional demanda de potencia. Sin embargo, la docencia más especializada comenzó a ser un problema, ya que había materias que necesitaban ejecutar programas de gran coste computacional (edición de vídeo, diseño, cálculo numérico a gran escala, etc.) y muchos estudiantes no disponían de equipos suficientemente potentes para realizar sus prácticas como lo hacían en los laboratorios de sus centros de estudio. Por eso, parecía lógico pensar en una solución a través de VDI.

Afortunadamente, el CPD extendido también tenía como objetivo la posibilidad de proporcionar escritorios VDI con soporte de GPUs (Graphics Processing Unit), característica que no se había probado anteriormente. Esta funcionalidad se aprovechó para dar soporte al alumnado más desfavorecido. Sin embargo, surgió un problema debido a la gran demanda que tuvo este nuevo servicio, requiriendo más capacidad de cómputo con soporte especializado de GPUs. Inicialmente se valoró la posibilidad de una extensión del CPD en la nube, pero la situación de emergencia y urgencia provocada por la pandemia obligó buscar soluciones dentro de la UDC.

Habitualmente, centros con estudios técnicos (arquitectura, ingeniería de caminos, audiovisuales, etc.) poseen ordenadores potentes y bien equipados para poder realizar prácticas docentes con solvencia, pero estos equipos no se estaban usando debido a la situación de no presencialidad provocada por el confinamiento (la misma situación que ocurre en la actualidad durante las horas y días no lectivos). Así que rápidamente se valoró la idea de aprovechar esta capacidad de cómputo infrautilizada de los laboratorios en beneficio de la comunidad universitaria durante los momentos en los que no se estuviesen utilizando de manera presencial.

En este nuevo proyecto fue necesario hacer frente a los siguientes retos:

- Sencillez de uso: el objetivo principal sería entregar la capacidad de cómputo desaprovechada a la comunidad universitaria de forma simple, homogenizándola con los otros servicios de escritorio que ya se le estaban entregando en ese momento.

- Gestión horaria: se hizo imprescindible encontrar un formato de trabajo que permitiese aprovechar al máximo la capacidad de cómputo; es decir, poder hacer uso de ésta, siempre y cuando se encuentre libre, de manera que no se interrumpa en ningún momento la docencia presencial.
- Seguridad en la entrega del servicio: es preciso tener en cuenta que se van a exponer recursos de la UDC desde redes públicas que anteriormente no estaban expuestos a este tipo de amenazas, por lo que es necesario pensar en el modo más eficiente de la entrega de este servicio de forma segura.

Tanto los objetivos perseguidos como los retos que se debían afrontar dieron lugar a la creación de un proyecto de entrega de capacidades de cómputo y gráficos infrautilizados en los laboratorios de docencia, de manera transparente a través del VDI. Esta nueva necesidad implicó una actualización del software, ya que este uso de equipos físicos es una característica que se contempla en las últimas versiones del producto. Al integrar en una misma herramienta la entrega de todo tipo de escritorios, tanto físicos como virtuales, se consigue una gran sencillez y transparencia de uso por parte de la comunidad universitaria (fundamentalmente estudiantes), puesto que ésta únicamente se encarga de demandar escritorios independientemente de los recursos subyacentes. La idea de aprovechamiento de recursos de las aulas de informática no es nueva [Garcia12], pero sí novedosa y poco habitual a través de un servicio de VDI [Li17].

Con respecto a la seguridad, no fue necesario realizar nuevas actuaciones, pues el propio servicio de VDI contempla de forma nativa estos aspectos donde todas las comunicaciones entre cliente y escritorio se realizan cifradas. Con respecto a la gestión de identidad, se cumplen todos los requisitos impuestos por la organización, adaptándose a evoluciones como el del doble factor de autenticación antes mencionado.

La gestión horaria fue quizás el reto más complicado, ya que la herramienta no dispone de estas capacidades de modo nativo; por lo que fue necesario desarrollar una herramienta que se encargase de bloquear y desbloquear la entrega del servicio de manera automática en función de las horas en las que estaba programada la docencia presencial.

Los principales resultados obtenidos con el desarrollo de este subproyecto se detallan a continuación:

- Durante el transcurso de los confinamientos se puso a disposición de la comunidad universitaria los recursos de cómputo de la gran mayoría de los laboratorios físicos de ocho centros de la UDC (ETS Arquitectura, EU Arquitectura Técnica, ETSI Caminos, Facultad de Ciencias de la Comunicación, Facultad de Humanidades y Documentación, ETS de Náutica y Máquinas, Escuela Politécnica Superior, y Escuela Universitaria Politécnica). Inicialmente con dedicación exclusiva 24/7 que fue reduciéndose a medida que se adoptaba la modalidad de docencia semipresencial en las aulas.
- Aunque la estrategia seguida en muchos centros ha sido la recuperación de la situación prepandémica de docencia totalmente presencial, en la actualidad el sistema continúa en uso en 4 laboratorios de prácticas, si bien se ha reducido el número de equipos con dedicación a este fin (con una media de 4-6 equipos/laboratorio).
- Una excepción notable a esta pauta de utilización actual descrita es la ETS de Arquitectura, donde coexisten actualmente dos pools activos: uno de uso genérico a

disposición libre del alumnado del centro 24/7 (31 equipos) y otro específico para docentes y cursos online (9 equipos con control horario por usuario).

- En algunos entornos más especializados, como la docencia práctica del máster de videojuegos de la Escuela Politécnica Superior, siguen en activo máquinas con dedicación exclusiva a este fin, cuyo número varía en función del cupo de matrícula y las necesidades específicas de cada grupo. En este caso, su uso exclusivo está plenamente justificado por los requerimientos gráficos y de espacio (hasta 1 TB para guardar proyectos que llegan a ocupar varios GB).
- El número de accesos mensuales durante el período de confinamiento total superó los 600 en varios de los centros que implementaron este sistema, siendo empleado tanto por alumnos como por docentes. En la actualidad, el número de accesos mensuales supera los 300 en los centros de uso más intensivo.

REPERCUSIÓN PARA EL CIUDADANO Y LAS ADMINISTRACIONES

Siguiendo los dos grandes subproyectos descritos, se presenta y analiza la repercusión de cada uno por separado.

CLIENTES VDI LIGEROS

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los puntos en los que se basó el proyecto de VDI en la UDC fue la simplificación de los puestos de trabajo utilizados para el acceso a un escritorio remoto. El uso inicial de ordenadores personales obsoletos tuvo un impacto beneficioso en el coste de implantación del servicio VDI, pero afectó negativamente a la experiencia de los usuarios que no veían el beneficio del proyecto; ya que su interacción con el servicio era a través de un equipo viejo, ruidoso, lento en su arranque y que generaba mucho calor.

El nuevo cliente VDI consiguió cubrir los siguientes objetivos:

- Mejora de la experiencia del usuario. Se cambió la apreciación del servicio VDI, mejorando así las condiciones de trabajo de los usuarios.
- Reducción de costes. Los nuevos clientes VDI son económicos, fáciles de mantener, ágiles en los tiempos de respuesta a incidencias y de rápido despliegue.
- Eficiencia energética. A diferencia de los antiguos ordenadores personales utilizados hasta ahora, los nuevos clientes proporcionan una alta eficiencia energética [Abrahamsson13][Bekaroo16]. Esto es muy importante, ya que estos equipos están encendidos la mayor parte del día (en algunos casos las 24 horas). De esta forma, se reduce el impacto medioambiental.
- Imagen moderna de la Universidad. La solución adoptada muestra una imagen moderna e innovadora, siendo un paradigma de cómo la Universidad es capaz de dar soluciones imaginativas ante una adversidad.

Como demostración de la acogida de los nuevos clientes de VDI, la Figura 3 muestra el NPS (Net Promoter Score) obtenido con la pregunta: "¿Recomendaría el uso de los nuevos clientes a los usuarios de VDI?". Claramente se puede observar que la mayoría de los encuestados figuran como *promotores*.

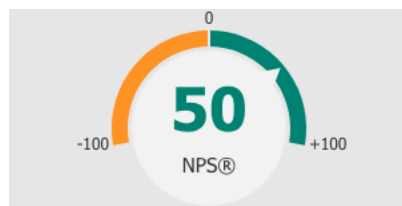


FIGURA 3: NPS SOBRE LA PREGUNTA ¿RECOMENDARÍA EL USO DE LOS NUEVOS CLIENTES DE VDI?

La buena experiencia y la flexibilidad proporcionada por los nuevos clientes ha hecho que éstos se instalen no sólo como sustitutos de los antiguos, sino que han surgido otras situaciones donde han demostrado su utilidad:

- Puestos de información para la comunidad universitaria. Destaca el caso del OPAC, 86 terminales disponibles en las bibliotecas distribuidas por edificios y campus de la UDC.
- Puestos de trabajo para el personal administrativo y docente. Desde donde se realizarán las tareas diarias de su trabajo, con acceso a aplicaciones y servicios internos y externos.
- Puestos de trabajo para laboratorios de docencia. Esta estrategia ha permitido la renovación y puesta en marcha de nuevos laboratorios con un coste muy bajo.
- Estación de trabajo docente (ordenador del profesor). Desde donde los profesores realizarán sus presentaciones y demostraciones.

Todo ello con una serie de ventajas gracias al uso de un hardware homogéneo, con un mantenimiento sencillo y sistemático. Por ejemplo, gracias al reducido coste de las RPi, es posible tener unidades de repuesto para que los cortes del servicio se limiten únicamente al tiempo necesario para que un técnico sustituya un cliente averiado por otro nuevo, con la configuración precargada en la tarjeta de memoria (microSD) correspondiente.

Otro aspecto muy importante del proyecto ha sido el impacto medioambiental. En la Figura 4 se puede observar el consumo de las RPi de mayor despliegue como clientes ligeros de VDI frente a un *thin-client* comercial. En la gráfica se percibe claramente la gran diferencia de consumo. Evidentemente, el verdadero impacto sería comparándolos con los ordenadores inicialmente empleados, que estaba entre 150 y 300 W (unas 100 veces menos). De hecho, no se han incluido en la figura, porque al tener un consumo tan elevado estarían fuera de escala.

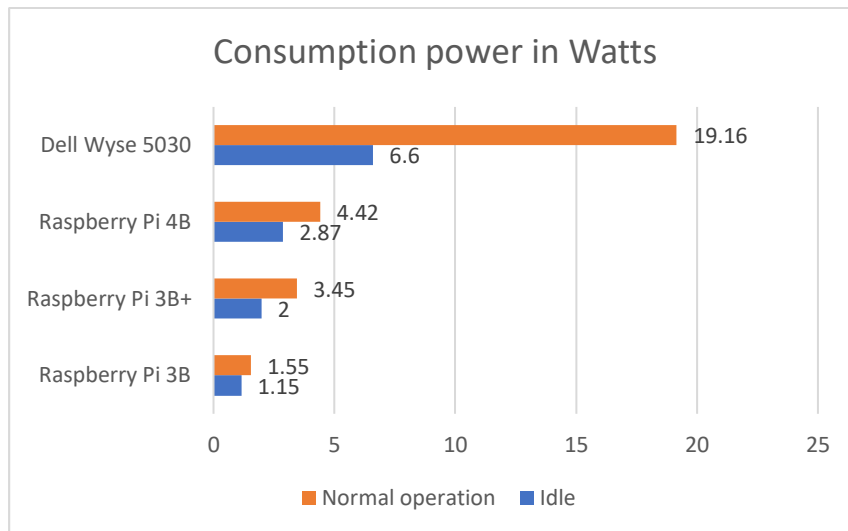


FIGURA 4: CONSUMO DE LOS CLIENTES LIGEROS

SERVIDORES DISTRIBUIDOS

Como se comentó anteriormente, este subproyecto consistió en entregar las capacidades de cómputo, principalmente las capacidades gráficas, de servidores equipados con GPUs y de laboratorios de docencia a la comunidad universitaria (fundamentalmente estudiantes).

El uso de servidores con GPUs permitió extender la utilidad del servicio de VDI a la docencia, y su combinación con los ordenadores de los laboratorios de prácticas se alcanzaron los siguientes beneficios:

- Los laboratorios de prácticas pueden ser utilizados por los estudiantes las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que maximiza el aprovechamiento de los recursos públicos.
- Los laboratorios pueden ser usados desde cualquier lugar, ya que son accesibles desde internet y no es necesario acceder presencialmente a estos recursos en los centros.
- Igualdad de oportunidades para los estudiantes, que no necesitan disponer de equipos potentes y costosos para llevar a cabo sus prácticas docentes.
- Aumento notable del tiempo de amortización de los equipos de los usuarios.
- Extensión de la posibilidad de implementar el paradigma BYOD (Bring Your Own Device) en la Universidad para los estudiantes [Afreen14]. De esta forma, un estudiante podría realizar o completar sus prácticas desde su propio ordenador personal, sin tener que instalar ningún software específico con sus correspondientes licencias en caso de que así lo deseara.

En resumen, la implantación de este subproyecto supuso un gran impulso en el desarrollo de la docencia no presencial, puesto que posibilitó que las clases prácticas impartidas online se parecieran lo máximo posible a las desarrolladas en los laboratorios docentes en situación de presencialidad. La entrega del servicio a través de recursos de hardware distribuidos (servidores con GPUs y ordenadores de laboratorios) es totalmente transparente para el alumnado, puesto que lo único que experimenta es una notable mejoría tanto en el acceso como en las capacidades gráficas y de cómputo ofrecidas por las herramientas especializadas (aplicaciones CAD, software de cálculo numérico y de estructuras, etc.).

La convivencia actual de este sistema con la presencialidad en aulas de prácticas ha permitido una mayor adaptación de la docencia actual a las necesidades específicas del alumnado, puesto que disponen de unos recursos en un horario flexible y muy amplio que anteriormente sólo podían emplear durante la franja horaria de apertura de los laboratorios de prácticas. Esta característica ha sido percibida como una mejora clara en el servicio prestado debido a las facilidades de autoorganización (e incluso conciliación familiar en algunos estudios con un perfil de edad más avanzada), pues no ven limitada su práctica al horario establecido por cada centro y pueden incorporarla más fácilmente en su rutina de estudio diaria.

EQUIPO DE DESARROLLO Y PROVEEDORES

El proyecto principal de VDI se ha desarrollado fundamentalmente por el personal técnico de departamento de TI de la UDC, contando con el apoyo de la empresa Inycom S.A.⁵, partner de VmWare⁶ que fue la solución tecnológica empleada. En particular para cada uno de los subproyectos presentados la situación es la siguiente:

Clientes ligeros

El subproyecto surgió en el centro de atención al usuario (CAU), que en la UDC es el encargado del mantenimiento de equipos del PAS y de los servicios centrales. Su labor fue muy importante, porque, además de los aspectos técnicos, tuvieron en cuenta las verdaderas necesidades de los usuarios y analizaron la experiencia de éstos durante la fase de implantación del proyecto para realizar un proceso de mejora continua.

Para desarrollos concretos se contó con diferentes perfiles: programadores, expertos en sistemas operativos, diseñadores para la mecanización y, por supuesto, los responsables del propio servicio de VDI.

Servidores distribuidos

En este subproyecto jugó un papel muy importante el área de atención a la docencia (AD) del SIC. Esta área se encarga del mantenimiento de los laboratorios de docencia y constituye la conexión de los servicios centrales de informática con la docencia en los centros. Aquí fue donde se detectó la necesidad y se lideró el proyecto con la coordinación y colaboración directa del área de sistemas.

El área de sistemas aprovechó el proyecto de CPD extendido, y uso de GPUs en servidores centrales, para proporcionar el servicio de VDI en la docencia especializada. Respecto a la incorporación de los ordenadores de los laboratorios de docencia como recursos de cómputo y gráfico para el VDI, fue necesaria la selección, instalación y configuración de software, la gestión de licencias y la instalación de agentes en los equipos, todo ello realizado por el personal técnico del AD. Una vez más, en colaboración con los técnicos de sistemas.

⁵ <https://www.inycom.es/>

⁶ <https://www.vmware.com/es.html>

VALORACIÓN ECONÓMICA

De nuevo, para mayor claridad, conviene separar el coste de los dos subproyectos. En ambos casos, no se incluyen las horas de desarrollo, pruebas e integraciones del personal propio de la UDC, pues ambas soluciones fueron fundamentalmente desarrolladas como parte de su jornada laboral.

En la valoración económica se computa el incremento provocado por los dos subproyectos sobre el coste basal de servicio de VDI. Recordemos que estos subproyectos tienen como objetivo aprovechar y potenciar una infraestructura de un servicio (VDI) existente en la UDC desde el curso académico 2013/14.

Clientes ligeros

El coste de cada uno de los clientes varía según el modelo utilizado, las condiciones del mercado y el volumen de unidades realizada en un mismo pedido. En la siguiente relación se muestran costes unitarios típicos:

- Raspberry Pi 3B+, fuente de alimentación y tarjeta de memoria SD: 65 €.
- PLA para imprimir la carcasa: 3 €.
- Tornillos y botonera: 1 €.
- Total: 69 €.

Como se puede observar, con menos de 70 € se dispone de una solución perfectamente válida para todos los escenarios planteados. Los periféricos asociados se pueden ajustar según el tipo de uso al que vayan destinados. Por ejemplo, para los OPACs se instalaron los siguientes:

- Monitor 24": 134 €.
- Teclado y ratón: 15 €.
- Cable HDMI: 5 €
- Total: 154 €.

Es decir, por un coste de 223 € es posible tener un equipo totalmente funcional y atractivo con un rendimiento muy bueno gracias a la potencia de los servidores VDI y que asimismo posibilita una gran experiencia de usuario.

Servidores distribuidos

El proyecto de servidores distribuidos tal y como se concibió desde un inicio no tiene ningún coste asociado, ya que el propio sistema de VDI tiene contemplado en su licenciamiento este tipo de servicio. Además, no ha sido necesaria la adquisición de ningún hardware adicional.

La pieza de software desarrollada para el control horario tampoco tuvo coste asociado, únicamente el consumo de horas de un técnico del SIC. Por tanto, se ha conseguido entregar un servicio muy demandado y de un alto valor para la comunidad universitaria sin coste asociado para la UDC.

Sin embargo, para proporcionar servidores equipados con GPUs necesitan los siguientes elementos con sus correspondientes costes:

Edificio Servicios Centrais de Investigación. Campus de Elviña, s/n. 15071- A Coruña
Teléfono: 981 167000 - Extensión interna: 2600 – Fax extensión interna: 5785
<https://axudatic.udc.gal/>

- Servidor de cómputo y almacenamiento: 15.000 €
- 4 tarjetas GPU por servidor: 12.000 €
- Licencias de uso de GPU: 50 €/año por escritorio

Es importante observar que en el presupuesto se está incluyendo el coste de un nuevo servidor, que en la mayoría de los casos no es necesario si los ya existentes se pueden aprovechar y son compatibles con GPUs. Con esta configuración, es posible ejecutar un promedio de 96 escritorios con capacidades de GPU en cada servidor, por lo que, si se tiene en cuenta que el periodo de amortización medio de esta infraestructura en la UDC es de 6 años, se tendrían los siguientes costes directos: $15.000 \text{ €} + 12.000 \text{ €} + (50 \text{ €/año/escritorio} \times 96 \text{ escritorio} \times 6 \text{ años}) = 55.800 \text{ €}$

Por lo tanto, el coste anual de cada escritorio con GPU es de 96,87 €, coste que compite con soluciones basadas en equipos individuales, proporcionando una serie de valores añadidos difíciles de superar.

Como se ha visto, el proyecto presentado tiene un retorno de la inversión (ROI) inmediato, ya que aprovecha el excedente de capacidad de cómputo de la organización. Aunque los servidores con capacidades gráficas a través de escritorio virtuales suponen la adquisición de tarjetas gráficas GPU especiales (con un alto coste) y las correspondientes licencias asociadas para su uso en este entorno, se consigue una alternativa a la renovación de aulas de docencia. Combinando los dos subproyectos de VDI ligeros con servidores VDI con GPUs se podrían renovar estas aulas con una tecnología que en conjunto proporciona un coste y retorno de inversión muy atractivos. Además, se consigue una importante reducción en los costes indirectos relacionados con el mantenimiento y gestión de los equipos destinados a la docencia.

PLAZOS DE CUMPLIMIENTO

El cronograma del proyecto de VDI en la UDC es el siguiente:

- 2013. Se plantea el proyecto de VDI por primera vez.
- 2014. Se pone en marcha la primera versión de VDI para uso exclusivo del PAS.
- 2017. Se plantea la renovación de los OPACs y comienza el subproyecto de clientes ligeros de bajo coste.
- 2019. Se realizan las primeras pruebas de servidores con GPUs para dar soporte a laboratorios de prácticas con gran demanda computacional.
- 2020. Comienza el proyecto de servidores VDI distribuidos en aulas de docencia.
- 2021. Se normaliza el uso de los servidores VDI distribuidos en las aulas de docencia para el curso 2021/22.
- 2022+. Se pretende mejorar las prestaciones de los servicios de docencia online, especialmente en aspectos relacionados con situaciones de comunicaciones con poco ancho de banda.

CONCLUSIONES

El proyecto planteado es un claro caso de éxito. Está ofreciendo nuevas oportunidades y servicios de valor añadido al servicio de VDI que, en sus inicios, fue considerado como un gasto y no como una inversión. Sin embargo, gracias a este proyecto, el servicio ha mejorado y, en la actualidad, está aumentando su demanda.

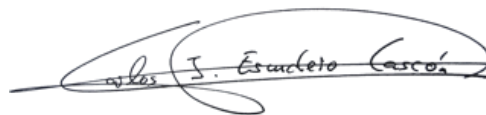
Es importante señalar que se ha contribuido a reducir la huella de carbono provocada por el uso de los servicios informáticos de la UDC. Los nuevos clientes son mucho más eficientes y el soporte con servicios centrales para el desarrollo de prácticas evitan el uso de ordenadores personales con un rendimiento por vatio menor. Además, se han simplificado procesos de mantenimiento y costes de los clientes de VDI.

La percepción de los usuarios respecto al servicio de VDI en general ha mejorado gracias al desarrollo de este proyecto. Además, el retorno de inversión obtenido es evidente, ya que también se han aprovechado infraestructuras que no se utilizaban durante horas no lectivas. Este subproyecto se sigue utilizando para aprovechar los momentos en los que no hay docencia presencial en los laboratorios (noches, fines de semana, festivos, ...). Actualmente, se está ampliando para permitir una verdadera docencia híbrida, de modo que las prácticas puedan seguir desarrollándose en la Universidad más allá del horario de apertura de los centros.

El proyecto planteado está en continua evolución, en un proceso de mejora continua. Entre otras evoluciones caben destacar:

- Creación de una aplicación para la gestión e inventario de los clientes ligeros.
- Optimización de los recursos del VDI distribuido, permitiendo la posibilidad de uso de un equipo de un laboratorio que está siendo usado físicamente, pero con poco consumo computacional.
- Mejora de las prestaciones de los escritorios de VDI cuando el perfil de usuario maneja ficheros de gran tamaño y no dispone de ancho de banda suficiente.

En A Coruña, a 17 de mayo de 2022



Carlos J. Escudero Cascón

Adjunto al Rector de la UDC en TI

ACRÓNIMOS

BYOD: Bring Your Own Device

CPD: Centro de Proceso de Datos

GPU: Graphics Processing Unit

NPS: Net Promoter Score

OPAC: Online Public Access Catalog

PAS: Personal de Administración y Servicios

PDI: Personal Docente e Investigador

ROI: Return Of Investment

RPi: Raspberry Pi

SBC: Single Board Computer

SIC: Servicio de Informática y Comunicaciones de la Universidade da Coruña

UDC: Universidade da Coruña

VDI: Virtual Desktop Infrastructure

VESA: Video Electronics Standards Association

REFERENCIAS

- [Abrahamsson13] P. Abrahamsson et al. "Affordable and Energy-Efficient Cloud Computing Clusters: The Bolzano Raspberry Pi Cloud Cluster Experiment," 2013 IEEE 5th International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Bristol, 2013, pp. 170-175.
- [Afreen14] Afreen, Rahat. "Bring your own device (BYOD) in higher education: Opportunities and challenges." International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science 3.1 (2014): 233-236.
- [Bekaroo16] Bekaroo, G.; Santokhee, A. Power consumption of the Raspberry Pi: A comparative analysis. In 2016 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies (EmergiTech) (pp. 361-366). IEEE. August 2016.
- [Collazo15] Collazo Vallduriola, E. (2015). VDI low cost implementation with KVM and Linux Dockers. Post graduate diploma. Escola tècnica superior d'enginyeria de telecomunicació de Barcelona. Universidad Politècnica de Catalunya.
- [Escudero19] Escudero, Carlos J.; López, Javier; Dopico, Alberto; Reinoso, Rosa M.; "Low Cost Thin Client for a Sustainable VDI for the University of A Coruña". Symposium accelerating the implementation of sustainable development in campus activities and programmes. pp. 1 - 18. A Coruña, España. December 2-3, 2019.
- [Garcia12] García-Loureiro, Antonio, et al. "Formiga CLOUD: una herramienta para la gestión y aprovechamiento de los recursos de las aulas de informática". 2012.
- [Li17] J. Y. Li et al. "The Implementation of a GPU-Accelerated Virtual Desktop Infrastructure Platform". 2017 International Conference on Green Informatics (ICGI), 2017, pp. 85-92, doi: 10.1109/ICGI.2017.42. IEEE 2017.
- [Macia14] Macia da Silva, X; López Rivas, A. Daniel; Nóvoa de Manuel, Javier. "Implementación de una solución VDI para escritorios Linux en la Universidade da Coruña". Trabajo fin de Grado, Universidade da Coruña. September, 24th, 2014.
- [RPIThinClient] Raspberry Pi Thin Client project, <https://rpitc.blogspot.com/> , last visited July 9th, 2019
- [Suman17] Suman, S. H. (2017). "Development of a thin client based operating system with arch linux and raspberry pi for virtual desktop infrastructure (VDI) solution". Post graduate diploma in information and communication technology. Bangladesh University of engineering and technology.