

GREEN-BANNER: Una propuesta para mejorar la responsabilidad energética de los usuarios en las organizaciones

José A. García Berná¹, Juan M. Carrillo de Gea¹, José L. Fernández Alemán¹, Joaquín Nicolás¹, Begoña Moros¹, Ambrosio Toval¹, José María Abellán Perpiñán², and Francisco Maeso Fernández³

¹ Grupo de Investigación de Ingeniería del Software, Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Murcia,

{josealberto.garcia1,jmcdg1,aleman,jnr,bmoros,atoval}@um.es

² Grupo de Investigación en Economía de la Salud y Evaluación Económica, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Murcia, dionisos@um.es

³ Grupo de Investigación en Economía de la Educación y Evaluación de Políticas Públicas, Depto. de Economía Aplicada, Universidad de Murcia, fmaeso@um.es

Resumen La sostenibilidad en su sentido más amplio y desde el punto de vista de la ecología comprende todo aquello que se puede mantener durante largo tiempo sin agotarlo o causar un daño grave al medio ambiente. Históricamente no se ha prestado una atención especial a las consecuencias que supone para el medio ambiente la producción y uso de la energía eléctrica. Es en la actualidad, con la indiscutible supremacía de demanda de este recurso, cuando se destaca que el gasto de cantidades ingentes de energía supone un daño para el planeta. Con el firme propósito de que los usuarios de los ordenadores de las Aulas de Libre Acceso (ALAs) de la Universidad de Murcia (UMU) sean conscientes de la importancia que tiene para el medio ambiente el buen uso de este recurso, pretendemos realizar un experimento de concienciación para estudiar si mediante mensajes mostrados en la pantalla o con pegatinas adheridas a la carcasa del ordenador es posible modificar los hábitos de uso de estos dispositivos. Trataremos de conseguir que los usuarios suspendan los equipos cuando terminen de utilizarlos en lugar de solamente cerrar la sesión, evitando que se queden encendidos desperdiciando energía. En este trabajo proponemos el diseño y la infraestructura para llevar a cabo el experimento propuesto y detallaremos el estudio estadístico a seguir con los datos que recabemos.

1. Introducción

El imparable desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha incrementado significativamente la demanda de energía [1]. Esta creciente necesidad de suministrar energía destinada al uso de dispositivos electrónicos está planteando serios problemas [2] para el medio ambiente que podrían mitigarse hasta cierto punto por medio de un incremento en la producción y uso de las energías renovables [3]. Sin embargo, al ritmo de implantación

que tienen actualmente las energías limpias, no se espera que puedan cubrirse por completo las necesidades energéticas existentes y las que están por venir. La Agencia Internacional de la Energía prevé para 2040 un peso de las energías fósiles en la demanda global de energía primaria del 60% (16% carbón, 22% petróleo, 22% gas natural) [4]. Por este motivo se hace cada vez más necesaria la racionalización en el consumo de energía, con el objetivo de hacer un uso más eficiente de los recursos, que permita alcanzar la sostenibilidad [5].

Inspirados por la idea de proponer acciones concretas que favorezcan el uso responsable de la energía, pretendemos realizar un estudio empírico para analizar los hábitos de uso de los ordenadores de las Aulas de Libre Acceso (ALAs) de la Universidad de Murcia (UMU). Actualmente los equipos informáticos de estas salas solo disponen, en el momento de terminar de usarse, de la posibilidad de cerrar la sesión. No hay posibilidad de suspender el ordenador, o apagarlo, si no es pulsando el botón físico de encendido. Esto normalmente conlleva que, después de que terminen las clases en estas aulas, quede un número considerable de ordenadores encendidos a la espera de un nuevo inicio de sesión, con el consiguiente desperdicio energético (véase el ejemplo de esta situación que se muestra en la Figura 1).



Figura 1. Ejemplo de ALA en la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad de Murcia con ordenadores encendidos y sin usuarios que los utilicen

El objetivo que nos planteamos en el presente trabajo es medir el impacto de la campaña de concienciación que pretendemos realizar para que los usuarios de los ordenadores de las ALAs suspendan los equipos cuando terminen de usarlos, en lugar de limitarse únicamente a cerrar la sesión, promoviendo de este modo el ahorro energético en estas aulas. Se ha llevado a cabo un estudio preliminar [6]

en el cual se estima el impacto que podría derivarse de contar con unos usuarios concienciados y con el estado de suspensión habilitado en los ordenadores de las ALAs (ver Tabla 1).

La pregunta de investigación que nos planteamos resolver en este estudio es la siguiente:

RQ1: *¿Es posible cambiar el comportamiento de los usuarios de los ordenadores para evitar que dejen el equipo informático encendido cuando terminen de utilizarlo mediante mensajes de concienciación energética?*

Las principales contribuciones del presente trabajo son: (1) nuestra propuesta GREEN-BANNER (*GREEN Basic Approach for improviNg orgaNisational Energy Responsibility*) para hacer más eficiente el uso de los recursos informáticos de las organizaciones a través de una mayor concienciación energética de sus usuarios; y (2) el diseño, instrumentación y procedimiento experimental que hemos ideado para evaluar la eficacia de distintas intervenciones, en forma de mensajes de concienciación energética, en las aulas de informática de la UMU.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2 se expone el contexto del que surge el experimento que se presenta en este estudio. En la Sección 3 se revisa la literatura relacionada. En la Sección 4 se presenta nuestra propuesta para analizar empíricamente la eficacia de los mensajes de concienciación energética en las aulas de informática de la UMU y como resultado de ello hacer un uso más sostenible de los ordenadores. Por último, en la Sección 5 se incluyen nuestras conclusiones y el desarrollo futuro que prevemos para esta línea de trabajo.

2. Contexto del trabajo

A continuación se describe el entorno en el que se enmarca este trabajo. En primer lugar, se presentan las ALAs de la UMU. Después se ofrecen unas nociones básicas acerca del consumo de los equipos informáticos, particularizando a continuación los datos al caso de la UMU. Seguidamente, se describen las posibles mejoras en consumo y contaminación que podrían conseguirse con las intervenciones que se proponen más adelante.

2.1. Las aulas de libre acceso de la UMU

La UMU tiene a disposición de sus usuarios un amplio número de ordenadores como parte de su oferta de servicios para la comunidad universitaria. Estos equipos se agrupan en aulas de informática distribuidas por sus distintos campus y edificios. A estas aulas de informática se las conoce como ALAs. Las ALAs están conectadas a la red corporativa de la universidad (UnimurNet), la cual a su vez interconecta los distintos campus de la UMU entre sí (es decir, Espinardo, La Merced, Arrixaca, San Javier y Lorca). UnimurNet cuenta a su vez con un enlace a internet de alta velocidad a través de la Red Nacional de I+D RedIRIS.

De acuerdo con el organismo encargado de gestionar los servicios informáticos en la universidad —el Área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Aplicadas (ATICA) de la UMU— hay 73 aulas de informática con más de 1800 puestos de trabajo [7]. Dichas aulas se clasifican en tres tipos: (1) ALAs (Aulas de Libre Acceso), se trata de aulas de informática de acceso libre que se ubican en dependencias de las diferentes facultades de la UMU; (2) ADLAs (Aulas de Docencia y Libre Acceso), su finalidad es la realización de prácticas docentes, aunque cuando no están siendo utilizadas para este propósito pueden usarse en la modalidad de libre acceso; y (3) AIGs (Aulas de Interés General), son usadas por ATICA para la impartición de cursos al personal de la UMU. Los usuarios pueden acceder a los ordenadores previa acreditación de su pertenencia a la comunidad universitaria mediante sus credenciales de acceso o su carné universitario.

2.2. Consumo energético e impacto medioambiental

El consumo de energía de un ordenador depende básicamente de los siguientes factores: (1) las especificaciones de sus componentes hardware; (2) las tareas más o menos pesadas o exigentes que ejecuta; y (3) las horas que permanece en uso cada día. Asimismo, otro factor relevante para nuestro estudio son los estados de energía en los que puede estar un equipo informático. Podemos categorizar estos estados del siguiente modo:

- Encendido. El equipo puede estar activo, ejecutando procesos de usuario, o también puede estar ocioso a la espera de que algún usuario inicie sesión, consumiendo energía sin que se obtenga ningún beneficio —esta última situación es la que pretendemos evitar.
- Suspendido. El equipo se encuentra en estado de ahorro de energía, en espera, lo que permite realizar un reinicio rápido en lugar de hacer todo el proceso de arranque completo.
- Apagado. El equipo está inactivo, el consumo de energía es mínimo, pero debe realizar el proceso de arranque completo para poder volver a utilizarse, con el consiguiente tiempo de espera.

Existe un repunte en el consumo durante el proceso de arranque y parada de los ordenadores que lo eleva durante esos momentos en un 35 % aproximadamente en relación al consumo registrado en estado ocioso [8]. Este factor, junto con el aumento que se produce en el tiempo necesario para volver al estado encendido desde el estado apagado de los ordenadores, con la consiguiente molestia para los usuarios de los equipos informáticos, nos han hecho decantarnos por el estado de suspensión en nuestra propuesta.

De acuerdo a las estimaciones de que disponemos (ver el informe completo en [6]), existe un elevado margen de mejora en relación al consumo energético —y la huella de carbono asociada— de los ordenadores de las aulas de informática de la UMU. En este sentido, la Tabla 1 resume algunos datos clave. Como se puede apreciar, se podría disminuir el consumo de energía diario de cada equipo

de 0,6138 kWh a 0,3267 kWh (un 53,22 %). Pasaríamos de un coste anual de 36.628,20 € para el conjunto de las aulas informáticas a 19.053,14 € y de unas emisiones de 105.798,6 kg CO₂ a 56.311,2 kg CO₂.

Tabla 1. Datos clave que han sido estimados para el escenario de aplicación de la propuesta (extraído de [6])

| Concepto | Consumo energético | Coste económico | Huella de carbono |
|--|--------------------|-----------------|------------------------------|
| <i>Situación de partida</i> | | | |
| Ordenador (día actividad) | 0,6138 kWh | – | – |
| Ordenador (año) | 147,312 kWh | 20,349 € | 58,777 kg CO ₂ |
| ALAs (año) | 271.321,92 kWh | 36.628,20 € | 105.798,6 kg CO ₂ |
| <i>Previsión tras aplicar GREEN-BANNER</i> | | | |
| Ordenador (día actividad) | 0,3267 kWh | – | – |
| Ordenador (año) | 78,408 kWh | 10,585 € | 31,284 kg CO ₂ |
| ALAs (año) | 141.134,4 kWh | 19.053,14 € | 56.311,2 kg CO ₂ |

3. Trabajos relacionados

El consumo de la energía destinada al funcionamiento de los dispositivos electrónicos se estudia desde hace muchos años. En la literatura podemos encontrar diversos trabajos en los que se trata de evaluar a qué se destina este recurso desde diferentes ámbitos. A modo de ejemplo se sabe que la minería del bitcoin ya consume más energía que la gastada en más de 130 países del mundo, entre los que se encuentran Serbia, Irlanda o Marruecos [9]. La existencia de multitud de estudios relacionados con la evaluación del consumo de la energía confirma la creciente concienciación social hacia la sostenibilidad con el medio ambiente y la importancia del uso eficiente de la energía.

Entre los trabajos relacionados encontramos un ejemplo en el que se estudian estrategias de uso de equipos de centros de datos para mejorar los problemas de eficiencia energética [10]. Con la herramienta SCORE se estudian los modelos de planificación del entorno operativo para prever los resultados del consumo energético en situaciones de carga de trabajo heterogénea y realista. Otro trabajo en donde el gasto energético se estudia es en el de sensores portátiles de bajo consumo como son los *wearables* [11]. En este estudio se propone utilizar un dispositivo móvil, EG0N, para la medida in-situ de las variaciones del consumo de estos dispositivos con el objetivo de recabar unos datos más fiables. Otro ejemplo que encontramos en la literatura consiste en utilizar sistemas de medición del consumo de la energía en edificios. Por medio del sistema Virtual Energy Management System (VMS), quedan registrados parámetros de electricidad, costes y huella de carbono, que son visibles por los usuarios a través de Internet [12]. Otro ejemplo lo tenemos en el diseño de circuitos de control de bajo consumo con el objetivo de reducir el gasto energético en fuentes de alimentación en situaciones

en las que el ordenador se encuentra en modo *stand by*. Este circuito de control tiene un conmutador en la entrada que la interrumpe la corriente en situaciones de *stand by*, logrando reducir el consumo del ordenador [13].

El estudio del ahorro energético y la concienciación del gasto de energía de los ordenadores en el lugar de trabajo se ha analizado anteriormente. Por medio de la exposición de los trabajadores a información relacionada con la concienciación en el consumo de la energía en los ordenadores se ha logrado reducir el consumo energético en el lugar de trabajo [14]. También se han estudiado las formas de ahorro de energía eléctrica en la oficina, contando además de con el gasto del ordenador, con el del resto de dispositivos del lugar de trabajo [15] y proponiendo herramientas para analizar las tarifas energéticas más adecuadas para un mayor ahorro [16].

Por lo observado en los estudios anteriores, el análisis del consumo de energía es un objetivo relevante en el mundo académico. En los ejemplos mencionados se analiza la reducción del gasto energético o bien a través de dispositivos de medida, o por medio de software que almacena datos de consumo energético para estudiar posteriormente los registros obtenidos. Estos enfoques difieren por tanto del mostrado en este trabajo, que está más centrado en los procesos de cambio de comportamiento de las personas para reducir el gasto energético.

4. GREEN-BANNER: una propuesta para mejorar la concienciación energética

Con este trabajo pretendemos estudiar la eficacia de los mensajes de concienciación para implicar a las personas que usan equipos informáticos en la mejora de su eficiencia energética. Aunque nuestro estudio se circunscribe a los ordenadores de las aulas de informática de la UMU, la estrategia propuesta resulta simple y barata, y si se demuestra su eficacia, podría tener un ámbito de aplicación mucho más amplio, incluyendo equipos informáticos domésticos y equipos gestionados en organizaciones de todo tipo, grandes y pequeñas, tanto públicas como privadas.

Los mensajes están dirigidos a motivar a los usuarios de los ordenadores para que suspendan el equipo al finalizar su sesión, en lugar de dejarlo encendido en estado ocioso. Con ello se pretende básicamente concienciar a los usuarios del impacto que tiene su actividad en las aulas de informática y promover, de esta forma, un cambio de comportamiento hacia la adopción de prácticas más sostenibles.

La realización de esta simple acción de suspender los ordenadores por los propios usuarios, que causa una mínima molestia y tiene un coste técnico muy reducido, permite reducir el impacto en el medio ambiente que tiene el funcionamiento de la organización, así como su coste económico (ver Sección 2). Además, al mismo tiempo, se estaría despertando una mayor conciencia medio ambiental a través de los mensajes, que podría contribuir a obtener resultados positivos más allá del contexto de aplicación original, en otros ámbitos en los que también es necesario adoptar prácticas respetuosas con el entorno.

4.1. Diseño experimental

A continuación se expone el diseño del experimento. Con él pretendemos determinar el grado de eficacia de los mensajes de concienciación para lograr el cambio de comportamiento de los usuarios. En el estudio vamos a analizar los siguientes tipos de mensajes y estrategias:

1. Mensaje físico en el ordenador. Se coloca una pegatina en el ordenador con un mensaje que esté claramente a la vista del usuario.
2. Mensaje en pantalla al inicio de la sesión y antes de finalizarla. Se muestra una ventana emergente (*pop-up*) al usuario al inicio de su sesión y cuando va a finalizarla.
3. Mensaje físico en el ordenador, junto con premio de puntos. Al mecanismo propuesto en 1) se le añade un premio de puntos canjeables por regalos por suspender la máquina en lugar de dejarla encendida.
4. Mensaje en pantalla al inicio de la sesión y antes de finalizarla, junto con premio de puntos. Al mecanismo propuesto en 2) se le añade un premio de puntos por suspender la máquina en lugar de dejarla encendida, al igual que en 3).

La Figura 2 muestra un ejemplo de mensaje de concienciación energética “básico”. Este tipo de mensaje sería aplicable a los escenarios 1) y 2) enumerados antes. Partiendo de este ejemplo base y manteniendo el mismo diseño, podemos crear variantes como la propuesta en la Figura 3. Este mensaje incluye una referencia a la existencia de un premio de puntos como recompensa por realizar la acción solicitada y sería aplicable a los escenarios 3) y 4).



Figura 2. Mensaje básico de concienciación energética



Figura 3. Variación del mensaje básico de concienciación energética para incluir una mención al premio de puntos

La UMU creó en el año 2007 el proyecto *Campus Sostenible*¹ con la finalidad de mejorar el entorno y la concienciación ambiental de la comunidad universitaria. En el marco de Campus Sostenible se ha creado un programa de puntos² para fomentar la participación universitaria en un programa de prácticas de responsabilidad ambiental y social en la propia universidad. La realización de determinadas actividades se traduce en puntos que pueden ser canjeados por recompensas. En este contexto se encuadran los premios de puntos mencionados en nuestra propuesta GREEN-BANNER, al relacionar el comportamiento energético responsable de los usuarios de las aulas de informática con la concesión de dichos puntos de Campus Sostenible.

De cara a definir los grupos experimentales sobre los que aplicaremos los tratamientos anteriores —en forma de diferentes mensajes de concienciación— así como también el grupo de control, debemos plantearnos algunas consideraciones importantes. En primer lugar, los grupos deben estar físicamente separados unos de otros con el fin de reducir las posibilidades de que los participantes de un grupo puedan llegar a estar expuestos a otras intervenciones. En segundo lugar, nos interesa disponer de aulas con una elevada capacidad y afluencia de usuarios para intentar maximizar la participación en el estudio. Por último, el estado inicial de concienciación medioambiental de los participantes debe ser lo más homogéneo posible. A continuación vamos a describir cómo afectan a nuestro diseño experimental las ideas mencionadas.

¹ <http://www.um.es/web/campussostenible/>

² <http://www.um.es/web/campussostenible/ambiental/actividades/programa-puntos>

Para conseguir la separación física entre grupos, hemos establecido una correspondencia de grupo experimental a edificio de la universidad, de forma que a cada grupo le corresponda un único centro o facultad. Si a pesar de tener esta precaución hubiera algún participante expuesto a más de una intervención, se dejaría fuera del estudio, ya que es posible identificar estas situaciones. En cuanto al modo de conseguir una buena participación para recabar suficientes datos para el estudio, hemos llegado a la conclusión de que lo mejor es utilizar dos aulas de informática —ubicadas en el mismo centro— por cada grupo experimental. Los datos del grupo de control pueden ser obtenidos de estas mismas aulas durante un periodo de tiempo anterior a las intervenciones. Respecto a la homogeneidad de los participantes, es mejor evitar las aulas de informática localizadas en aquellos centros de la universidad que pudieran tener usuarios más concienciados con el medio ambiente. En este sentido, la Facultad de Biología y la Facultad de Veterinaria son buenos ejemplos.

En conclusión, tomando en consideración todos los factores anteriores y después de revisar y contrastar las distintas posibilidades con la ayuda del personal de ATICA, hemos llegado a la distribución de grupos para el experimento que se muestra en la Figura 4.

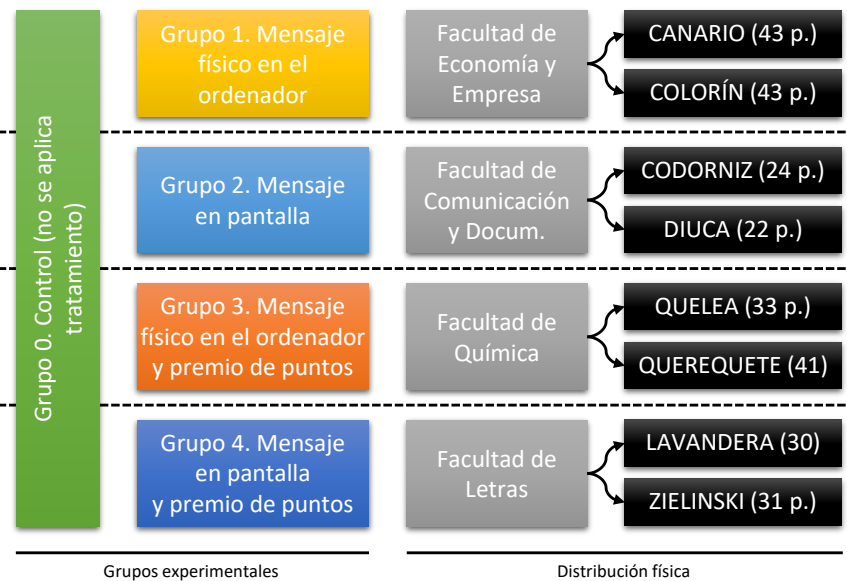


Figura 4. Distribución de los grupos de participantes en ubicaciones físicas. El número de puestos de cada aula de informática se indica entre paréntesis

En relación al horizonte temporal del experimento, está previsto que la fase inicial de recogida de datos correspondientes al grupo de control (*Grupo 0*) de

comienzo en abril de 2018 y se prolongue por espacio de una semana. Dicho proceso tendrá lugar de forma totalmente transparente para los usuarios de las aulas informáticas bajo estudio. Seguidamente tendrá lugar la recogida de datos relativos a los grupos de tratamiento (*Grupo 1* a *Grupo 4*), también durante una semana.

4.2. Recogida de datos

Debemos recolectar los siguientes datos para poder llevar a cabo el estudio:

1. Inicio de sesión (*log in*). Evento que indica que un usuario ha iniciado sesión en un ordenador.
2. Cierre de sesión (*log out*). Evento que indica que el usuario ha finalizado su sesión.
3. Suspensión (*sleep*). Evento que indica que se ha enviado una señal al ordenador para que entre en estado de suspensión.

En todos los casos anteriores es necesario obtener también la marca temporal (*timestamp*) asociada con cada uno de los eventos. Por lo tanto necesitamos registrar duplas (D) de la forma $D = (E, T)$, donde E es uno de los eventos posibles (es decir, $E \in \{\log in, \log out, sleep\}$) y T es la marca de tiempo (*timestamp*) en la que tiene lugar el evento en cuestión.

Es necesario desarrollar un mecanismo para almacenar las duplas de algún modo que nos permita su posterior acceso y manipulación. Para este fin hemos acordado con ATICA el despliegue de un servicio web básico implementado con PHP y SOAP a través del cual, cada vez que se produzca uno de los eventos anteriormente mencionados, se guardarán los datos correspondientes en nuestro servidor. La Figura 5 ilustra la infraestructura tecnológica diseñada para registrar la información.

Puesto que algunas de las intervenciones planteadas en este estudio implican premios de puntos nominativos, los cuales hacen necesario que se identifique a la persona, podrían plantearse obstáculos derivados de la posible cesión de ciertos datos de carácter personal de los usuarios de las aulas de informática —en particular el DNI y/o el correo electrónico—. Por este motivo no tendremos acceso a dicha información y únicamente ATICA seguirá gestionando estos datos, registrando las ocasiones en que los usuarios actúen de forma sostenible y enviando a su dirección de correo electrónico un bono que podrán canjear posteriormente por los correspondientes puntos.

4.3. Análisis de datos

Una vez dispongamos de los registros obtenidos de la forma descrita anteriormente, es necesario llevar a cabo un paso de preprocesamiento para transformar las duplas de la forma $D = (E, T)$ en datos que se puedan analizar usando técnicas estadísticas. En este sentido, se pueden identificar dos posibles resultados (i.e. *éxito* o *fracaso*) para cada valor muestral, a los cuales se llega a partir de los siguientes escenarios:

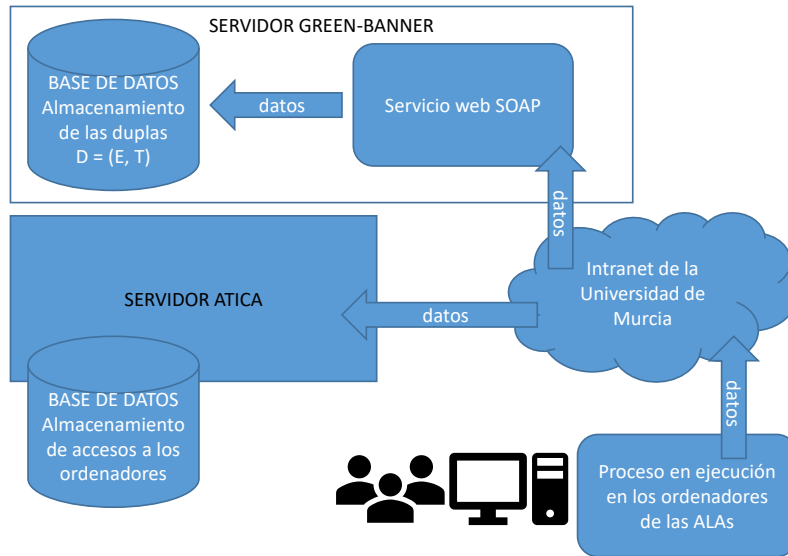


Figura 5. Diagrama de bloques de la infraestructura tecnológica diseñada para la recogida de datos

1. Inicio de sesión (*log in*) seguido de cierre de sesión (*log out*).
Equivalente al par ordenado $((\log in, timestamp_a), (\log out, timestamp_a + \Delta))$. Este escenario será contabilizado como fracaso, puesto que el ordenador no fue suspendido y por lo tanto la intervención no tuvo efecto en el usuario.
2. Inicio de sesión (*log in*) seguido de suspensión del ordenador (*sleep*).
Equivalente al par ordenado $((\log in, timestamp_b), (sleep, timestamp_b + \Delta))$. Lo contabilizaremos como un éxito.
3. Inicio de sesión (*log in*) seguido de cierre de sesión (*log out*) y suspensión del ordenador (*sleep*).
Equivalente al trío ordenado $((\log in, timestamp_c), (\log out, timestamp_c + \Delta_1), (sleep, timestamp_c + \Delta_2))$. También será contabilizado como éxito si la suspensión del ordenador se produce en un corto espacio de tiempo después del cierre de sesión. Este escenario se daría cuando el usuario no suspende directamente el equipo con su sesión iniciada, sino que lo hace posteriormente una vez ha cerrado la sesión.

Los datos procesados siguiendo el procedimiento descrito son de naturaleza binaria. Para analizarlos, proponemos utilizar las siguientes herramientas:

- Regresión logística binaria. Se usa cuando la variable dependiente es una variable de solo dos categorías, o dicotómica, como en este caso. Nos permitiría identificar relaciones causales en los datos.
- Test de hipótesis con la distribución de probabilidad binomial. Puesto que los datos van a seguir una distribución binomial (es decir, los elementos de los

grupos son o bien éxito o bien fracaso), podemos comparar la proporción de éxito de cada grupo experimental con la del grupo de control para determinar si hay diferencias significativas entre ellas.

- Test de hipótesis Chi-cuadrado. Con esta prueba podemos comprobar si todos los grupos tienen proporciones iguales o no, en lugar de hacerlo dos a dos como en el test binomial.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación *RQ1* plantearemos hipótesis similares a la siguiente, en el caso del test binomial:

H₁₀: El mensaje físico en el ordenador no es más eficaz que la ausencia de mensaje para conseguir que los usuarios suspendan el ordenador cuando terminan de utilizarlo.

La cual será comprobada frente a hipótesis alternativa que se muestra a continuación:

H_{1A}: El mensaje físico en el ordenador es más eficaz que la ausencia de mensaje para conseguir que los usuarios suspendan el ordenador cuando terminan de utilizarlo.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La realización de este trabajo presenta una dificultad elevada, derivada principalmente de la necesidad de disponer de apoyo institucional para poder llevarlo a cabo. Por este motivo, hemos recabado el apoyo del Vicerrectorado de Economía, Sostenibilidad y Ciencias de la Salud de la UMU y hemos contado con la necesaria colaboración por parte de ATICA. Con el responsable de las ALAs de la UMU se han acordado los requisitos técnicos básicos de la infraestructura a utilizar a la hora de recabar los datos del estudio empírico. Asimismo hemos podido conocer información clave acerca de las aulas informáticas que nos ha sido de utilidad para poder seleccionar las más idóneas desde el punto de vista de su separación física, su capacidad para permitirnos recabar suficientes datos y la homogeneidad de sus usuarios respecto a la conciencia medioambiental.

Contamos también con el respaldo de Campus Sostenible, organismo encargado de la realización de actuaciones técnicas para el uso de las energías renovables, el ahorro, la eficiencia y la mejora de la gestión ambiental en las instalaciones de la universidad. La participación de Campus Sostenible es especialmente reseñable porque nos permite incluir los aspectos de gamificación descritos previamente en las actuaciones a realizar durante el experimento, al añadir a su programa de puntos las correspondientes recompensas por las actuaciones sostenibles en las aulas informáticas —es decir, la suspensión de los ordenadores cuando se terminan de utilizar.

En la selección de las fechas para llevar a la práctica nuestra propuesta y su evaluación empírica se ha decidido evitar las épocas de exámenes. De no hacerlo, dicha situación podría suponer un riesgo para el estudio, ya que la afluencia de

usuarios a las ALAs podría ser distinta a la habitual y afectar a los resultados. Con el objetivo de recabar unos datos más acordes con el uso habitual de las ALAs, las fechas elegidas están comprendidas y circunscritas a periodos lectivos.

En base a los cálculos incluidos en el estudio previo que se ha llevado a cabo en esta línea de trabajo [6], creemos que los beneficios que pueden derivarse de una actuación como la propuesta motiva la importancia y justifica la necesidad del estudio empírico descrito. Nuestras previsiones apuntan a que la reducción de la huella de carbono y el ahorro económico a alcanzar son significativos. Por medio del experimento, podremos determinar con más exactitud hasta qué punto los resultados obtenidos se ajustan a las estimaciones realizadas inicialmente.

En cuanto a las líneas futuras de trabajo, se propone explorar otras actuaciones para concienciar a los miembros de la comunidad universitaria. Como alternativa a los mensajes físicos o en pantalla que tienen como fin recordar a los usuarios que deben suspender el ordenador, se estudiará la viabilidad de utilizar la aplicación móvil de la universidad, UMUapp³, para promover comportamientos sostenibles. Además, se realizarán encuestas para saber si las actuaciones que se están llevando a cabo tienen un impacto real en los usuarios.

Se realizará un estudio empírico para analizar si las intervenciones realizadas consiguen promover un cambio de comportamiento en los usuarios que persista en el tiempo, o simplemente tienen un efecto temporal. Asimismo, se realizarán mediciones para determinar el ahorro energético real que supone la puesta en marcha de la iniciativa de suspensión de los ordenadores.

Dado que la UMU ha mostrado su apoyo a este proyecto a través de su Vicerrectorado de Economía, Sostenibilidad y Ciencias de la Salud, existe la posibilidad de que los mensajes de concienciación energética que se muestren más eficaces durante el estudio sean utilizados permanentemente en las aulas de informática para despertar la conciencia medioambiental de sus usuarios.

Las propuestas incluidas en este estudio no se limitan al ámbito universitario. Se propondrán buenas prácticas profesionales que sirvan para potenciar un comportamiento sostenible en el trabajo a partir de los hallazgos del estudio.

Agradecimientos

Esta investigación forma parte del proyecto GINSENG-UMU (TIN2015-70259-C2-2-R) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

1. Wang, X., Vasilakos, A.V., Chen, M., Liu, Y., Kwon, T.T.: A survey of green mobile networks: Opportunities and challenges. *Mob. Netw. Appl.* **17**(1) (Feb. 2012) 4–20

³ <http://www.um.es/atika/umuapp>

2. Fettweis, G., Zimmermann, E.: ICT energy consumption - Trends and challenges. In: Proc. of the 11th Int. Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC '08). (2008) 1–6
3. Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F.: Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **39** (2014) 748–764
4. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio de Industria, Energía y Turismo: Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España. http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf (2014) [Online; último acceso 17-Marzo-2018].
5. Dombi, M., Kuti, I., Balogh, P.: Sustainability assessment of renewable power and heat generation technologies. *Energ. Policy* **67** (2014) 264–271
6. García-Berná, J.A., Carrillo de Gea, J.M., Fernández Alemán, J.L., Nicolás, J., Moros, B., Toval, A., Abellán Perpiñán, J.M., Maeso Fernández, F.: GREEN-BANNER: Concienciación energética en las aulas de libre acceso de la Universidad de Murcia. In: III Congreso Internacional de Innovación Docente (CIID '18). (2018)
7. ATICA: ALAs - Aulas informáticas de libre acceso para el alumnado. <http://www.um.es/atica/alas> (2015) [Online; último acceso 17-Marzo-2018].
8. Endesa: Dejar el ordenador encendido siempre consume menos que apagarlo y encenderlo de nuevo. <https://www.endesaclientes.com/electromitos/ordenador-encendido.html> (2017) [Online; último acceso 17-Marzo-2018].
9. Jiménez, J.: El bitcoin ya consume más energía que más de 130 países del mundo. <https://www.xataka.com/criptomonedas/el-bitcoin-ya-consume-mas-energia-que-mas-de-130-paises-del-mundo> (Dec. 2017) [Online; último acceso 17-Marzo-2018].
10. Fernández-Cerero, D., Fernández-Montes, A., Jakóbcik, A., Kołodziej, J., Toro, M.: SCORE: Simulator for cloud optimization of resources and energy consumption. *Simul. Model. Pract. Th.* **82** (2018) 160–173
11. Heitmann, N., Kindt, P., Chakraborty, S.: EGON: Portable in-situ energy measurement for low-power sensor devices. In: Proc. of the 20th Int. Symposium on VLSI Design and Test (VDATE '16). (2016)
12. Bonilla, D., Samaniego, M., Ramos, R., Campbell, H.: Practical and low-cost monitoring tool for building energy management systems using virtual instrumentation. *Sustain. Cities Soc.* **39** (2018) 155–162
13. Shao, Z.: A low standby power consumption control circuit for switching power supply. *Appl. Mech. Mater.* **571-572** (2014) 893–896
14. Kamilaris, A., Neovino, J., Kondepudi, S., Kalluri, B.: A case study on the individual energy use of personal computers in an office setting and assessment of various feedback types toward energy savings. *Energy Build.* **104** (2015) 73–86
15. Luewarasirikul, N.: A study of electrical energy saving in office. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **197** (2015) 1203–1208 7th World Conference on Educational Sciences.
16. Teke, A., Timur, O., Çağatay Bayındır, K.: Development and testing of an energy saving tool – Suitability analysis with case study. *Int. J. Elec. Power Energy Syst.* **77** (2016) 59–69