

PROPUESTA DE UN ESCENARIO PARA LA DIFUSIÓN DEL SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO EN EL AÑO 2010

Gallego Pereira, M.D.

Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

Luna Huertas, P

Universidad de Sevilla

Bueno Ávila, S

Universidad Pablo de Olavide

RESUMEN

El software de código abierto (open source software, OSS) comienza a ser considerado el nuevo paradigma de la distribución del software. Sin embargo, la reciente aparición de OSS impide conocer el impacto real que en la actualidad posee en los ámbitos sociales y organizativos. Ante esta dificultad, los autores han definido, a través de un análisis Delphi, un escenario sobre la difusión de OSS para el año 2010 según las principales aplicaciones, áreas geográficas y sectores económicos. Complementariamente, se ha indagado en los factores críticos de éxito y barreras más relevantes para la difusión y adopción del OSS.

PALABRAS CLAVE: OSS, Prospectiva, Método Delphi, Factores Críticos de Éxito, Difusión.

ABSTRACT

Open Source Software (OSS) begins to be considered the new paradigm of the software distribution. Nevertheless, the recent appearance of OSS prevents to know its real impact at the present time in the social and organizational scopes. Due to this obstacle, the authors have defined a Delphi study for reaching a scenario about the diffusion of OSS in 2010, according to the main applications, geographic areas and economic sectors. Complementarily, the authors have researched the critical success factors and the main barriers for the diffusion and adoption of OSS.

KEYWORDS: OSS, Forecasting, Delphi Method, Critical Success Factors, Diffusion.

1. INTRODUCCIÓN

El software de código abierto (OSS) surge como respuesta a la actual configuración del mercado del software (Morgan, 2002). Con OSS los usuarios y organizaciones adquieren nuevas posiciones de independencia frente a las grandes compañías de desarrollo de software (Carbone y Stoddard, 2001). OSS se ha extendido por las principales áreas relacionadas con los Sistemas y Tecnologías de la Información (SI/TI), entre las cuales destacan los sistemas operativos, servidores de aplicaciones y soluciones tecnológicas para empresas, entre otras (Carbone y Stoddard, 2001).

Desde un punto de vista organizativo, la confluencia en el mercado del software propietario y el OSS pone a disposición de las organizaciones mayores alternativas durante la selección de SI/TI. Sin embargo, comparativamente, las soluciones tecnológicas basadas en OSS y las soluciones propietarias aportan diferentes repercusiones a determinadas actividades organizativas, como la definición de estrategias de implantación, despliegue de políticas formativas y diseño de medidas encaminadas a la aceptación de los usuarios.

El OSS ofrece innumerables ventajas organizativas, como el ahorro de costes relacionados con los SI/TI o la capacidad para adaptarse a las cambiantes necesidades organizativas. Estas relevantes ventajas incrementan el atractivo de las soluciones tecnológicas basadas en OSS frente a las tecnologías propietarias. Sin embargo, en la actualidad carecemos



de los datos necesarios para conocer el impacto real del OSS en el ámbito organizativo. Además, las investigaciones científicas sobre OSS son escasas, aunque se observa en los últimos años un interés creciente por realizar contribuciones a diversas problemáticas relacionadas con esta tecnología.

Ante la ausencia de estudios exploratorios que clarifiquen la difusión del OSS, nuestro principal objetivo es definir, mediante un análisis prospectivo, el escenario de difusión y adopción del OSS tomando como horizonte temporal el año 2010. Concretamente, buscamos alcanzar conclusiones sobre la difusión y adopción del OSS por áreas geográficas, sectores económicos y principales aplicaciones. Además, pretendemos identificar los principales obstáculos y factores críticos de éxito (FCE) en los procesos de difusión y adopción del OSS.

Para alcanzar los objetivos propuestos, en primer lugar elaboraremos el marco conceptual del OSS. Posteriormente, se muestra el diseño de la investigación y las etapas metodológicas definidas para alcanzar los objetivos propuestos. A continuación, se exponen los resultados de la investigación y se detallan las principales conclusiones.

2. MARCO CONCEPTUAL DEL OSS

El término software libre procede de la denominación inglesa *free software*. En lengua inglesa “*free*” tiene dos posibles significados, (1) libertad (*freedom*) y (2) gratuidad. Esta doble interpretación ha ocasionado muchos errores en la aproximación al verdadero concepto de software libre a lo largo de su historia. Código abierto (*open source*) es el término que se utiliza en la actualidad para denominar al software distribuido y desarrollado de forma libre. La traducción estricta de *open source* hace referencia a la posibilidad de acceder al código, con independencia de que el software sea o no libre.

En el marco de nuestra investigación, OSS hará referencia a la libertad de acceder al código fuente del software con independencia del precio o gratuidad que tenga asociado dicho acceso. En este sentido, cualquier software libre puede ser distribuido gratuitamente, pero también puede realizarse con un intercambio de dinero. Por tanto, no es incompatible que un software pueda ser libre y a la vez comercial.

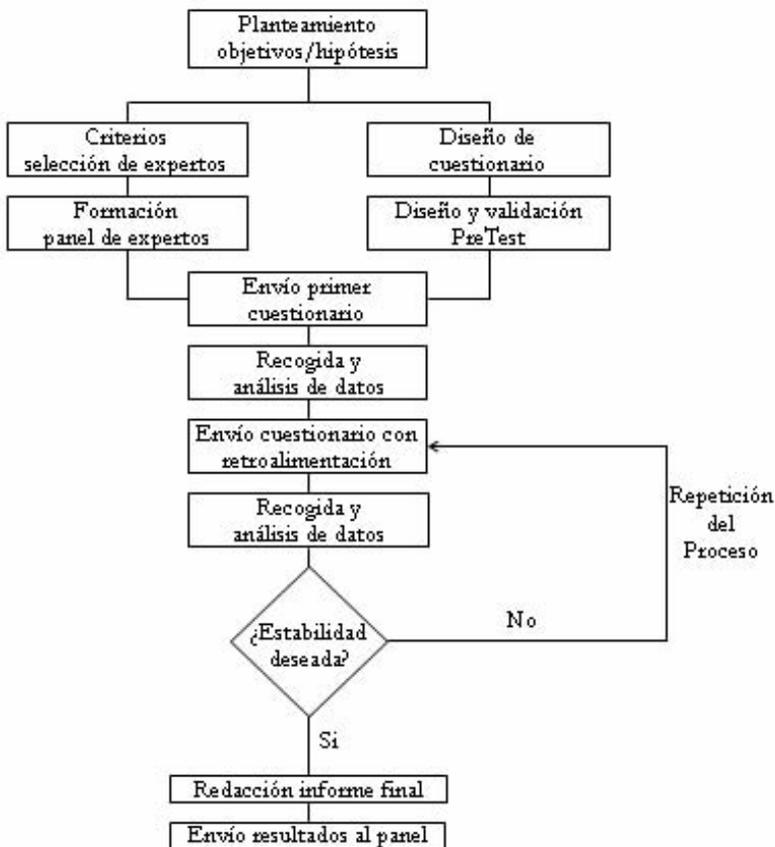
3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

En palabras de sus creadores, el método Delphi fue desarrollado para obtener el consenso de opinión más fidedigna de un grupo de expertos sometiéndolos a una serie de cuestionarios con retroalimentación controlada (Dalkey y Helmer, 1963). Años más tarde, Linstone y Turoff (1975) definían a la metodología Delphi como “el método de estructuración de un proceso de comunicación grupal efectivo, al permitir el tratamiento de un problema complejo a un grupo de individuos en conjunto”. Este proceso de comunicación grupal tiene como características básicas el anonimato de sus participantes, la iteración de la información, la retroalimentación controlada y la agregación estadística de los datos (Dalkey y Helmer, 1963).

Antes de iniciar la aplicación del método Delphi se precisa definir determinados posicionamientos respecto a un conjunto de cuestiones que influyen directamente en el despliegue de este método y en el logro de los objetivos propuestos (Figura 1). En nuestro caso, los posicionamientos adquiridos en tales decisiones se encuentran sustentados por evidencias recogidas en la literatura o mediante la consulta a expertos en la materia. En primer lugar,

hemos definido el número de rondas y los criterios necesarios para determinar el consenso. En segundo lugar, se establecieron los criterios de selección de los expertos que conformarán el panel. De forma paralela a este proceso se realizó el diseño del cuestionario. Una vez completados los procesos anteriores, se procedió a la obtención de datos a través del envío del primer cuestionario a los expertos. Estos datos fueron tratados para elaborar la retroalimentación con el objetivo de completar la segunda ronda del estudio. Finalmente, una vez alcanzado dicho consenso, los resultados finales fueron transmitidos al panel de expertos.

Figura 1. Proceso de desarrollo de metodología Delphi



4. 1. Número de rondas y consenso deseado

Para desarrollar el estudio propuesto, hemos definido un estudio Delphi de dos rondas. Las investigaciones que profundizan en los fundamentos de la metodología Delphi afirman que cuanto mayor sea el número de rondas, el nivel de consenso entre los expertos se incrementa paulatinamente (Linstone y Turoff, 1975; Dalkey y Helmer, 1963). No obstante, existen estudios que demuestran que el número de rondas recomendadas para un estudio Delphi se sitúa entre dos y tres.

En relación a esta recomendación, Mitchell (1991) comprobó que a pesar que el error de predicción disminuye entre sucesivas iteraciones, éste tan sólo alcanza un 10% entre la ronda primera y tercera. En este sentido, podemos afirmar que un estudio Delphi con más de dos rondas no necesariamente consolida el proceso de consenso. Además, con más de dos rondas se acrecienta el peligro de abandono de expertos por cansancio o que éstos acerquen sus valoraciones a las posiciones intermedias con el mero objetivo de finalizar el estudio (Dransfeld et al., 2000).

Por otra parte, consideraremos que se ha alcanzado consenso cuando la mayoría de las opiniones del panel se encuentran acotadas por los valores que delimitan el rango intercuartílico (Linstone y Turoff, 1975). También se puede afirmar que existe consenso cuando se logre estabilidad en las respuestas, es decir, cuando no existan variaciones significativas en la opinión de los expertos. Además, con el objetivo de establecer indicadores de la estabilidad de las respuestas, se pueden utilizar medidas descriptivas como la desviación estándar (Bower y Heminger, 2002; Tolley et al., 2001; Brancheau et al., 1996), la variación del rango intercuartílico (Chakravarti et al. 1998), la variación de la media de la varianza (Munier y Rondé, 2001), el coeficiente de correlación (Saunders et al., 1992), el coeficiente de correlación de Pearson (McCoy, 2001), o el coeficiente de Kendall (Okoli y Pawlowski, 2004).

En la segunda y definitiva ronda se solicitaba a los expertos que expresasen nuevamente su opinión respecto a las mismas preguntas formuladas en la primera ronda, aunque también se incorporaron las cuestiones que fueron propuestas por los expertos en la primera ronda. Con este objetivo, a cada experto se le facilitaba la respuesta que formuló en la primera ronda y la respuesta agregada del panel.

4. 2. Selección del panel de expertos

Consideraremos expertos a aquellas personas que poseen los conocimientos necesarios para participar en un estudio Delphi (Clayton, 1997). En la literatura existen aportaciones contradictorias referentes a la idoneidad sobre la formación de paneles de expertos homogéneo y heterogéneo. A este respecto, estudios como los elaborados por Gerdstri y Kocaoğlu (2003) o Tichy (2004) consideran que los paneles óptimos deben incluir expertos de distintos niveles de conocimiento sobre el ámbito de estudio. Otros autores como Parenté et al. (2005) establecen que no existen claras evidencias que permitan afirmar una relación directa entre el aumento del nivel de conocimientos de los expertos y la precisión del estudio. Por otra parte, Linstone y Turoff (1975) y Blind et al. (2001) defienden la heterogeneidad en la selección de los expertos para preservar y asegurar la validez de los resultados.

Con independencia a la anterior discusión, la selección de los participantes del estudio debe realizarse de forma rigurosa (Lai, 2001; Munier y Rondé, 2001). En este sentido, consideraremos que la heterogeneidad de un panel será adecuada siempre que los expertos hayan sido seleccionados tras verificar que poseen los conocimientos requeridos. La posesión de una experiencia personal mínima acreditada en relación a la materia de estudio debe ser el principal criterio para la selección de los paneles Delphi (Zolingen y Klaassen, 2003; Chang et al., 2002; Mulligan, 2002; Czinkota y Ronkainen, 1997).

Teniendo en cuenta estas recomendaciones, hemos seleccionado expertos procedentes del ámbito académico y profesional que hayan estado vinculados al movimiento OSS durante al menos 5 años. Hemos identificado la muestra de expertos tomado como referencia las

publicaciones sobre OSS contenidas en las principales bases de datos y revistas electrónicas a nivel científico. También se incluyeron en la muestra de expertos, investigadores y profesionales que acudieron como invitados a congresos internacionales sobre OSS.

4. 3. Tamaño del panel de expertos

Entre la literatura que usa el método Delphi en investigaciones sobre SI/TI se identifican diferencias cuantitativas en relación al tamaño de panel de expertos. Por otra parte, existen investigaciones que han intentado profundizar en el tamaño óptimo de un panel, aunque ninguna de ellas realizan aportaciones que esclarezca esta cuestión (Cho et al., 2003). Uno de los estudios más recientes sugiere la elaboración de un panel comprendido entre diez y dieciocho expertos por cada subgrupo homogéneo de expertos que conforman el estudio (Okoli y Pawlowski, 2004). Además, Peffers y Tuunanen (2005) establecen que para investigaciones cualitativas en las ciencias sociales el rango habitual debe encontrarse entre quince y treinta expertos. Por otra parte, Cho et al. (2003) sugirieron que la mejora en la predicción de los resultados tiene su origen en la diversidad de los conocimientos del grupo de expertos más que en el tamaño del mismo. En este sentido, si el panel se compone de un grupo homogéneo de expertos, el número óptimo rondará entre quince o treinta participantes, mientras que oscilará entre cinco y diez si el panel lo forma un grupo heterogéneo. A este respecto, se entenderá por grupo heterogéneo a aquel cuyos componentes se sitúan distintas escalas sociales o profesionales pero que poseen experiencia en una temática concreta (Clayton, 1997).

En nuestro caso, nos planteamos alcanzar un panel de veinte participantes. Esta cifra cumpliría con las recomendaciones recogidas anteriormente y sería similar a estudios en SI/TI que han aplicado la metodología Delphi (Peffers y Tuunanen, 2005; Akkermans, 2003; Ewton, 2003; Herkert y Nielsen, 1998; Shon y Swatman, 1998; Mitchell, 1991). Con este objetivo, se realizaron un total de cuarenta y tres invitaciones. Finalmente, veinte tres expertos completaron la primera ronda, de los cuales dieciocho participaron en las dos rondas inicialmente propuestas.

4. 4. Diseño y validación del cuestionario

El diseño adecuado del cuestionario es uno de los procesos claves para el éxito de la aplicación de la metodología Delphi (Khorramshahgol et al., 1988). En este sentido, hemos realizado una revisión de la literatura para la identificación de las variables más representativas, lo cual garantiza a priori la validez del cuestionario.

En todos los casos, los estudios seleccionados para la identificación de variables, aplican la metodología Delphi y versan sobre prospectiva tecnológica en SI/TI (Kekäle et al., 2002; Blind et al., 2001; Shon y Swatman, 1998), haciendo un especial hincapié sobre aquéllos que analizan tópicos de investigación relacionados con OSS (Goode, 2005). Asimismo, en cada una de las secciones del cuestionario se les ofrecía a los expertos la posibilidad de sugerir variables.

Las preguntas del cuestionario fueron formuladas en base a una escala de Likert 1-5. Esta formulación ha sido validada con anterioridad en estudios Delphi sobre SI/TI (Holzmüller y Schüter, 2002; Lai, 2001; Nambisan et al., 1999). Para contrastar la capacidad explicativa de las variables seleccionadas se elaboró un pre-test a cinco expertos en OSS. Además, la estructura y diseño del cuestionario fue validada por dos expertos en metodología Delphi dentro del campo de los SI/TI. La retroalimentación surgida durante el pre-test fue incorporada en el diseño definitivo del primer cuestionario Delphi.

El cuestionario tuvo un soporte Web. Este medio de publicación reduce considerablemente los obstáculos para la participación en el estudio. Además, acorta los tiempos entre las rondas, recepción de las respuestas y tratamiento de los datos. En la segunda ronda, para cada experto se diseñó un cuestionario Web personalizado de acceso restringido. Para acceder a dicho cuestionario, se remitió a cada participante de la ronda anterior un correo electrónico que contenía la URL de su cuestionario.

El cuestionario quedó estructurado en tres grandes secciones. La sección primera profundiza en los porcentajes de difusión y adopción del OSS en el horizonte temporal considerado en base a tres grandes aspectos: (1) área geográfica, (2) sectores económicos y (3) principales aplicaciones. La Tabla 1 recoge las variables finalmente empleadas en cada categoría.

Tabla 1. Variables regionales, sectoriales y de usos

Categoría	Variable	Descripción
Área geográfica	1-Eu	Europa
	1-AN	América del Norte
	1-AS	América del Sur
	1-Asi	Asia
	1-Afr	África
	1-Oc	Oceanía
Sectores económicos	2-Ind	Industrial
	2-Cons	Construcción
	2-Agr	Agricultura
	2-San	Sanidad
	2-Edu	Educación
	2-Mil	Militar
	2-Dist	Distribución
Aplicaciones	3-SO	Sistemas operativos
	3-PG	Programas de gestión
	3-GR	Gestión de redes
	3-SI	Servidores de Internet
	3-Nav	Navegadores
	3-PO	Programas de ofimática
	3-JyE	Juegos y entretenimiento
	3-UP	Software de uso personal
3-DVD	Software multimedia (ej. DVD)	

En la sección segunda del cuestionario se profundiza en los FCE que influyen en el proceso de adopción y difusión del OSS. A través de una revisión de la literatura se logró identificar un conjunto de factores que hacen referencia a posibles FCE para la difusión y adopción de OSS (Shon y Swatman, 1998; Bacon y Fitzgerald, 2001; Blind et al., 2001; McCoy, 2001; Niederman et al., 1991; Kekäle et al., 2002; Goode, 2005). Los factores propuestos serán finalmente considerados FCE si los expertos asignan el valor 5 de la escala Likert 1-5.

En total se incorporaron al cuestionario 32 factores agrupados en dos categorías: (1) adopción (Tabla 2) y (2) difusión (Tabla 3). Asimismo, dentro de los FCE en la adopción de OSS se diferencian cuatro grandes niveles: (1) personales, (2) organizativos, (3) costes y (4)

factores exógenos. Algunas de estas variables fueron sugeridas por los expertos en la primera ronda y fueron incorporadas al estudio una vez verificada la validez de las mismas.

Tabla 2. FCE en el proceso de adopción de OSS.

Categoría	Variable	Descripción
Personales	P-Cont	Continuidad
	P-Int-us	Interés de usuarios
	P-Mie	Ausencia de miedo a lo desconocido
	P-Camb-Cu	Cambio cultural orientado a la aceptación del OSS como alternativa viable
	P-Per-cal	Percibir al OSS como software de calidad
	P-Par-OSS	Posibilidad de participar en la comunidad de OSS
	P-Prog-may	Sean programadores mayoritariamente
organizativos	O-Ap-Or	Promoción y apoyo por parte de directivos
	O-Per-rel	Percepción relevancia en los beneficios del OSS
	O-Vent-com	Consideración del OSS como una ventaja competitiva
Costes	C-A-C-B	Posibilidad de realizar un análisis del coste beneficio
	C-tran	Conocimiento del coste de transición del software propietario al OSS
	C-Med-rend	Medida rendimiento del OSS
	C-May-Fin	Mayor financiación para el desarrollo de proyectos de OSS
	C-Inf-Req	Información sobre requerimientos básicos para la implantación de un OSS
Factores exógenos	FE-Adp-nec	Habilidad de adaptación a necesidades organizacionales
	FE-C-Soft	Compatibilidad del OSS con otros software
	FE-C-Hard	Compatibilidad del OSS con el hardware
	FE-C-pot	Conocimiento del potencial de aplicación del OSS
	FE-Recl	Posibilidad de reclamar a vendedores de OSS

Tabla 3. FCE en el proceso de difusión de OSS

Variable	Descripción
FE-M-Fund	Fundaciones y/o asociaciones que promuevan el OSS
FE-Ap-comp	Apoyo de importantes compañías de desarrollo de software
FE-Ap-gub	Apoyo gubernamental para el desarrollo de proyectos de OSS
FE-Int-exp	Intercambio de experiencia entre instructores de OSS
FE-Exp-us	Intercambio de experiencia entre usuarios finales
FE-Int-univ	Estudios y colaboraciones entre universidades y organizaciones
FE-cur-cong	Cursos de formación, congresos o exhibiciones sobre el OSS
FE-M-docu	Mejoras documentación en OSS
FE-Coop-Int	Cooperación internacional para el desarrollo de proyectos de OSS
FE-C-pub	Campañas publicitarias específicas de OSS
FE-M-exp-U	Más experiencia en universidades y escuelas con el OSS
FE-M-dep-v	Menos dependencia de vendedores externos

En la sección tercera, se solicitaba la opinión de los expertos sobre un conjunto de obstáculos al proceso de adopción y difusión del OSS (Tabla 4). Si los expertos asignan un valor 1 a los obstáculos propuestos, éstos serían considerados irrelevantes. Por el contrario, el valor 5 indicará su máxima relevancia para la adopción y difusión del OSS.

Tabla 4. Variables relacionadas con las barreras del OSS

Categoría	Variables	Descripción
Nivel de usuario	U-Res-camb	Resistencia personal al cambio
	U-Isf-hab	Insuficientes habilidades o experiencia
	U-Fact-per	Rechazo personal
Nivel Organizativo	O-Aus-p-estr	Ausencia planes estratégicos, gestión o apoyo
	O-Prob-infr	Existencia de problemas de infraestructura
	O-Barr-estr	Existencia de barreras estructurales
	O-Falta-rec	Falta de recursos
	O-Insf-legal	Insuficiencia en el sistema legal
	O-Incert	Incertidumbre o falta de información
	O-F-cal-inf	Ausencia de información relevante y de calidad
Nivel de Sistemas de Información	SI-Seg	Barreras de seguridad y riesgo
	SI-Probl	Problemas específicos del sistema
	SI-Rang-cal	Existencia de rangos de calidad o evaluaciones de diferentes soluciones de software
	SI-Incomp	Incompatibilidad con el sistema legal
	SI-frac	Alto ratio de fracaso
	SI-Compl	Complejidad del sistema
	SI-Cost-form	Coste formación
Nivel del Entorno	E-Ina-infr	Inapropiada o ineficiente infraestructura del entorno
	E-Moda	Efectos de la moda
	E-Prob-prov	Problema con proveedores
	E-Insf-acpt	Insuficiente aceptación mercado

4.5. Recogida y análisis de los datos

La retroalimentación controlada es el motor comunicativo de cualquier estudio Delphi (Cho et al., 2003). La retroalimentación se suele establecer en base a la información agregada de las respuestas de la ronda anterior. En estudios que utilizan escalas de respuestas cerradas, como la Likert, normalmente la retroalimentación se encuentra conformada por la media, mediana y cuartiles que alcanza cada variable en la ronda anterior (Hayne y Pollard, 2000; Chakravarti et al., 1998).

A pesar del frecuente uso de la media, esta medida no se considera excesivamente útil para el logro del consenso y aunque se encuentre ampliamente extendida en estudios Delphi para alcanzar consenso, proponemos el uso de la mediana interpolada (IM). El cálculo de la IM se realiza de la siguiente forma, donde N es el número total de expertos/respuestas válidas recogidas, n_1 es el número de expertos/respuestas que se encuentran estrictamente por debajo del valor de la mediana y n_2 es el número de expertos/respuestas que han contestado igual al valor de la mediana:

$$IM = \begin{cases} M & \text{si } n_2 = 0 \\ M - 0,5 + \frac{0,5 N - n_1}{n_2} & \text{si } n_2 \neq 0 \end{cases}$$

Este estadístico es más preciso que la mediana ya que considera las frecuencias de las respuestas de una categoría en comparación con el resto de respuestas (Holzmüller y Schlüchter, 2002). Junto a la IM, los expertos dispusieron en la segunda ronda del primer y tercer cuartil.

4. RESULTADOS.

Tras completar las dos rondas de consulta, los resultados obtenidos permiten afirmar que se ha logrado un consenso generalizado respecto a las cuestiones que fueron planteadas. En este sentido, la mayoría de las respuestas individuales de los expertos en la segunda ronda se sitúan dentro del rango intercuartílico, a pesar que en la primera ronda el consenso no se podía observar con nitidez.

La mayor disparidad de respuesta durante la primera ronda se identifica en la primera sección del cuestionario. La mayoría de variables contenidas en esta sección alcanzaban una elevada desviación típica y no todas las opiniones de los expertos se situaban dentro del rango intercuartílico. Tras completar la segunda ronda, todas las opiniones relacionadas con las cuestiones formuladas en cada sección del cuestionario logran consenso (Tablas 5, 6 y 7). En la mayoría de variables se redujo las desviaciones típicas, y las opiniones de los expertos se situaron cercanas o iguales a la mediana interpolada, y por tanto, dentro del rango intercuartílico.

Tabla 5. Primera Sección. Segunda Ronda

Variables	Desviación Típica	Mediana interpolada	Cuartil inferior	Cuartil superior
1-Eu	19,53	59,9	36,25	73,75
1-AN	25,19	49,83	21,25	68,75
1-AS	20,94	69,5	35	73,75
1-Asi	24,08	69,5	35	80
1-Afr	30,00	34,5	21,25	78,75
1-Oc	26,57	61	30	75
2-Ind	22,06	29,66	15	50
2-Cons	22,46	20	10	50
2-Agr	24,02	23	10	45
2-San	19,72	39,75	20	50
2-Edu	20	79,66	60	85
2-Mil	18,56	30	15	40
2-Dist	25,23	39,75	20	60
3-SO	24,18	60,33	35	75
3-PG	23,15	40	20	60
3-GR	24,07	75	50	80
3-SI	21,78	80,375	50	85
3-Nav	20,47	60,333	40	70
3-PO	22,83	40,333	30	60
3-JyE	23,62	30	10	50
3-UP	20,05	30	16,25	50
3-DVD	21,81	49,75	32,5	50

Tabla 6. Segunda Sección (FCEs). Segunda Ronda

Variabes	Desviación Típica	Mediana interpolada	Cuartil inferior	Cuartil superior
P-Cont	0,76	4,388	4	5
P-Int-us	1,15	4,055	4	4,75
P-Mie	1,07	3,071	2,25	4
P-Camb-Cu	1,12	3,214	3	4
P-Per-cal	0,68	4,375	4	5
P-Par-OSS	1,08	2,75	2	3
P-Prog-may	1,21	2,857	2	3
O-Ap-Or	0,80	3,833	3	4
O-Per-rel	0,61	3,863	3,25	4
O-Vent-com	0,92	3,5	3	4
C-A-C-B	1,04	4	3,25	4,75
C-tran	0,69	3,777	3	4
C-Med-rend	0,84	3,722	3	4
C-May-Fin	1,13	2,875	2,25	3,75
C-Inf-Req	0,78	3,214	3	4
FE-Adp-nec	0,73	4,25	4	5
FE-C-Soft	0,70	4,681	4	5
FE-C-Hard	1,13	4,5	3,25	5
FE-C-pot	0,94	3,571	3	4
FE-Recl	1,17	3,5	3	4
FE-M-Fund	0,87	3	2,25	3,75
FE-Ap-comp	1,06	3,714	3	4
FE-Ap-gub	0,69	3,7	3	4
FE-Int-exp	0,92	3,5	3	4
FE-Exp-us	0,73	3,863	3,25	4
FE-Int-univ	1,02	2,8	2	3
FE-cur-cong	0,83	2,944	2,25	3
FE-M-docu	0,77	3,375	3	4
FE-Coop-Int	0,92	3,333	3	4
FE-C-pub	0,98	3,5	3	4
FE-M-exp-U	0,88	4,214	4	5

Tabla 7. Sección Tercera (Barreras). Segunda Ronda

Variabes	Desviación Típica	Mediana interpolada	Cuartil inferior	Cuartil superior
U-Res-camb	1,043	3,928	3	4,75
U-Isf-hab	1,150	4,055	4	4,75
U-Fact-per	0,903	2,888	2	3
O-Aus-p-estr	1,017	3,7	3	4,75
O-Prob-infr	0,985	3	3	4
O-Barr-estr	1,197	3,083	2	4
O-Falta-rec	0,795	3,65	3	4
O-Insf-legal	0,658	2,95	3	3
O-Incert	0,970	3,857	3	4
O-F-cal-inf	0,798	3,6	3	4
SI-Seg	0,958	3,214	3	4
SI-Probl	1,221	3,333	3	4

SI-Rang-cal	1,131	3,5	2	4
SI-Incomp	0,795	3,75	3	4
SI-frac	1,344	2,666	2	4
SI-Compl	0,927	3,25	3	4
SI-Cost-form	0,996	3,312	3	4
E-Ina-infr	0,676	2,961	3	3
E-Moda	0,916	2,7	2	3
E-Prob-prov	1,118	3,083	2	4
E-Insf-acpt	1,003	2,833	2	3,75

Las medianas interpoladas que alcanzan cada variable en la segunda ronda permiten definir el escenario futuro de la adopción y difusión del OSS en el horizonte temporal del año 2010. Desde un punto de vista geográfico, los expertos consideran una mayor difusión y adopción en continentes deprimidos en vía de desarrollo. Concretamente, la difusión y adopción del OSS para el año 2010 en América del Sur y Asia se situará cercana al 70% (69,5%). El continente africano alcanzará la menor difusión y adopción de OSS en el año 2010 con un porcentaje del 34.5%. A continuación, le siguen América del Norte (49.83%), Europa (59,5%) y Oceanía (61%).

Desde una perspectiva sectorial, OSS alcanzará en el año 2010 en el ámbito educativo la mayor cuota de difusión. En este sector casi el 80% (79.66%) del software que se aplique en actividades educativas estará basado en OSS. En los otros sectores incluidos en el estudio no se puede afirmar que la difusión del OSS se encontrará generalizada. Concretamente, los sectores económicos de sanidad y distribución contarán en el año 2010 con un nivel de difusión del 39.75%, la industria militar con un 30%, el sector agroalimentario con un 23% y la construcción con un 20%.

Por otra parte, se observa una clara difusión en algunas de las aplicaciones propuestas del OSS. En este sentido, la aplicación del OSS en servidores de Internet alcanzarán en el año 2010 una amplia difusión (80,375%), situándose seguidamente el software destinado a la gestión de redes (75%), sistemas operativos y navegadores (60,33%), software de ofimática (40,33%), aplicaciones de gestión (40%) y software para el juegos/entretenimiento (30%).

Además, los resultados obtenidos nos permiten afirmar que los expertos no consideran como FCE a la mayoría de los factores propuestos. No obstante, la valoración final consensuada atisba la relevante influencia de algunos de estos factores en el proceso de difusión y adopción del OSS. En función de la proximidad a la valoración podemos considerar la existencia de cinco FCE directamente relacionados con el proceso de adopción del OSS. En general, los factores que aluden a los aspectos personales de la adopción han sido valorados por los expertos con la mayor puntuación, especialmente la percepción relacionada con la continuidad del OSS, aunque el factor “necesidad de compatibilizar el OSS con el resto de software presentes en el mercado” ha sido el más valorado por los expertos. Le siguen por orden de importancia “la compatibilidad del OSS con el hardware”, “la percepción de calidad del OSS” y “la necesidad de mayores iniciativas sobre OSS en las universidades y centros formativos”. Asimismo, en contraposición a lo que en un principio podría suponerse, se destaca la escasa relevancia de factores como la necesidad de una mayor financiación para el desarrollo de proyectos de OSS.

Finalmente, se observa cómo los expertos otorgan escasa relevancia a los obstáculos propuestos respecto a la difusión y adopción del OSS. Los expertos han destacado las insuficientes habilidades o experiencias en OSS y la resistencia personal al cambio del

software propietario al OSS. A estas barreras les siguen la incertidumbre, las incompatibilidades con el sistema legal, la ausencia de planes estratégicos y la ausencia de información relevante y de calidad. El resto de barreras obtuvieron una escasa valoración, y por lo tanto, no ejercen una influencia negativa en la difusión y adopción del OSS.

5. CONCLUSIONES.

La aplicación del método Delphi ha permitido extraer conclusiones relevantes sobre la difusión y adopción del OSS considerando como horizonte temporal el año 2010. Además, los resultados obtenidos han permitido identificar el escenario de difusión y adopción del OSS en las principales áreas geográficas, aplicaciones y sectores económicos.

Respecto a la difusión del OSS a nivel geográfico, en el año 2010 los continentes desarrollados, como Europa y América de Norte, no se situarán a la cabeza del movimiento OSS. Una posible justificación a este resultado la encontramos en la excesiva dependencia hacia las grandes empresas de desarrollo de software propietario que tienen estas zonas, aunque destacan los esfuerzos que actualmente Europa realiza para contrarrestarla. Por el contrario, zonas más deprimidas económicamente, como Asia o América del Sur, alcanzarán las mayores cuotas de difusión de OSS, según los expertos. Estos datos indican las relevantes oportunidades de desarrollo que ofrece el OSS a los países en vía de desarrollo.

Con respecto a la difusión del OSS por sectores, se observa como la educación es el sector económico más proclive al uso de OSS. Según los resultados, para el año 2010 este sector utilizará básicamente soluciones basadas en OSS. En relación a este aspecto, podemos observar la presencia de importantes proyectos de OSS vinculados al sector educativo, muchos de ellos promovidos desde el ámbito científico. Estos resultados tienen una correspondencia con la opinión vertida por los expertos sobre determinados FCE. En este sentido, los expertos consideran como factor altamente relevante en la difusión y adopción del OSS la presencia de actividades formativas en OSS en universidades y escuelas. Por otra parte, también es destacable la difusión futura del OSS en los sectores industrial, construcción y agrícola, donde no alcanzarán cuotas superiores al 30%. Este hecho nos desvela que en los sectores mencionados se precisa de mayores esfuerzos con el objetivo de superar los obstáculos de la difusión. Asimismo, estos resultados evidencian la necesidad de desarrollar investigaciones futuras que profundicen en los motivos por los que en sectores concretos se prevé una reducida difusión.

Por otra parte, respecto a las principales aplicaciones del OSS, en general, se observa un incremento del peso específico del OSS frente al software propietario para determinados usos. En este sentido, los resultados revelan que las soluciones para servidores de Internet y la gestión de redes basadas en OSS tendrán una mayor cuota de mercado que las basadas en software propietario en el horizonte temporal definido. Sin embargo, se identifican algunas aplicaciones donde su uso no se generalizará, como los programas de gestión que alcanzarán una cuota en torno al 40%. Este dato se puede considerar muy halagüeño si alertamos que actualmente se ha iniciado la nueva ola de difusión del OSS encaminada al desarrollo de soluciones para la gestión de empresas.

Por otra parte, se ha puesto de manifiesto a lo largo del estudio que los principales FCE están encuadrados dentro del proceso de adopción del OSS, fundamentalmente aquéllos que se encuentran relacionados con la dimensión personal. Con respecto a los FCE relacionados con el proceso de difusión del OSS, el factor más relevante hace referencia a la necesidad de la

incorporación en las universidades de programas formativos sobre OSS. En consonancia con este resultado, la mayoría de los encuestados comentaban la necesidad de una mayor implicación del ámbito educativo en la promoción y uso de soluciones basadas en OSS. Del mismo modo, se destaca la necesidad de difundir el potencial y relevancia del OSS en las organizaciones, a través del apoyo gubernamental, de las grandes compañías de desarrollo de software y mediante la promoción de campañas publicitarias, aunque estos FCE tienen menor fuerza que la educación, según los expertos. Asimismo, se destaca la escasa presencia de obstáculos al proceso de difusión y adopción de OSS. Sin embargo, la insuficiencia en habilidades o experiencias y la resistencia personal al cambio del software propietario al OSS se identifican como importantes obstáculos a la difusión.

Finalmente, destacamos la existencia de un paralelismo entre los resultados de la segunda y la tercera sección del estudio. En este sentido, se identifica que el más relevante FCE y el principal obstáculo a la difusión dependen ampliamente del nivel formativo y habilidades de los usuarios. Así, vemos como los principales FCE identificados se encuentran relacionados con los factores personales y las principales barreras están relacionadas con las insuficientes habilidades o experiencias de los usuarios. Este resultado constata la particularidad del movimiento de OSS, el cual no se encuentra influenciado por las fuerzas tradicionales del mercado. De este modo, el escenario futuro propuesto para la difusión del OSS se encuentra condicionado al ámbito personal y educativo de los usuarios. Por este motivo, consideramos que el apoyo de las instituciones educativas se convierte en el elemento esencial para la difusión y adopción del OSS.

BIBLIOGRAFÍA

- AKKERMANS, H., BOGERD, P., YÜCESAN E., y WASSENHOVE, L. (2003): "The impact of ERP on supply chain management: Exploratory findings from a European Delphi study". *European Journal of Operational Research*, Vol. 146, No. 2, pp. 284-301.
- BACON, J. y FITZGERALD, B. (2001): "A systemic framework for the field of information systems". *Database for Advances in Information Systems*, Vol. 32, No 2, pp. 46-68.
- BLIND, K., CUHLS, K. Y GRUPP, H. (2001): "Personal attitudes in the assessment of the future of science and technology: A factor analysis approach". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 68, No. 2, pp. 131-149.
- BRANCHEAU, J.C., JANZ, B. y WETHERBE, J.C. (1996): "Key issues in information systems managements: 1994-1995 SIM Delphi results". *MIS Quarterly*, Vol. 20, No. 2, pp. 225-242.
- BOWER, W.D Y HEMINGER, A.R. (2002): "Development of a strategic decision framework for identifying and selecting knowledge management projects". *35th Annual Hawaii International Conference*, pp. 2592-2601.
- CARBONE, G. y STODDARD, D. (2001): *Open source enterprise solutions*. Ed. Wiley, Nueva York.
- CHAKRAVARTI, A.; VASANTA, B.; KRISHNAN A. y. DUBASH, R. (1998): "Modified Delphi Methodology for Technology Forecasting Case Study of Electronics and Information Technology in India". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 58, No. 1-2, pp. 155-165.
- CHANG, P.-C., WANG, C.-P., YUAN, B. y CHUANG, K.-T. (2002): "Forecast of development trends in Taiwan's machinery industry". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 69, No. 8, pp. 781-802.
- CHO, H.-K., TUROFF, M. y HILTZ, S.R (2003): "The impacts of Delphi communication structure on small and medium sized asynchronous groups: preliminary results". *System Sciences - 36th Annual Hawaii International Conference*, pp. 17-26.
- CLAYTON, M. (1997): "Delphi: A technique to harness expert opinion for critical decision-making tasks in education". *Educational Psychology*, Vol. 17, No. 4, pp. 373-387.

- CZINKOTA, M. y RONKAINEN, I. (1997): "International business and trade in the next decade: Report from a Delphi study". *Journal of International Business Studies*, Vol. 28, No. 4, pp. 827-835.
- DALKEY, N.C. y HELMER, O. (1963): "An experimental application of the Delphi method to the user of experts". *Management Science*, Vol. 9, No. 3, pp. 458-67.
- DRANSFELD, H., PEMBERTON, J. y JACOBS, G. (2000): "Quantifying Weighted Expert Opinion: The Future of Interactive Television and Retailing". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 63, No. 1, pp. 81-90.
- EWTON, S.E. (2003). Assessment of the impacts of e-commerce technologies on overall business processes: an analytic Delphi process. *Technology Management for Reshaping the World, 2003. PICMET '03: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, Portland (EE.UU)*, 197-207.
- GERDSRI, N. y KOCAOGLU, D.F. (2003): "An analytical approach to building a technology development envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies: a case study of emerging electronic cooling technologies for computer servers". *Technology Management for Reshaping the World*, pp. 380-389.
- GOODE, H. (2005): "Something for nothing: management rejection of open source software in Australia's top firms". *Information & Management*, Vol. 42, No. 5, pp. 669-681.
- HAYNE, S. y POLLARD, C. (2000): "A comparative analysis of critical issues facing Canadian information systems personnel: a national and global perspective". *Information & Management*, Vol. 38, No. 2, pp. 73-86.
- HERKERT, J. y NIELSEN, C. (1998): "Assessing the impact of shift Electronic communication and information dissemination by a professional organization". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 57, pp. 75-103.
- HOLZMÜLLER, H. y SCHLÜCHTER, J. (2002): "Delphi study about the future of B2B marketplaces in Germany". *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 1, No. 1, pp. 2-19.
- KEKÁLE, T., PIROLT, K. Y FALTER, C. (2002): "IT tools in personnel training in small enterprises: Results of Project Apply". *Journal of Workplace Learning*, Vol. 14, No. 7-8, pp. 269-278.
- LAI, V. (2001). Issues of international information systems management: a perspective of affiliates. *Information & Management*, 38 (4), 253-264.
- LINSTONE, H. A. y TUROFF, M. (1975): *The Delphi method: techniques and applications*. Ed. Addison-Wesley, Massachusetts.
- MCCOY, R. (2001): "Computer competencies for the 21st century information systems educator". *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, Vol. 19, No. 2, pp. 21-36.
- MITCHELL, V. (1991): "The Delphi technique: An exposition and application". *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 3, No. 4, pp. 333-358.
- MORGAN, E. (2002): "Possibilities for open source software in libraries". *Information Technology and Libraries*, Vol. 21, No. 1, pp. 12-15.
- MULLIGAN, P. (2002): "Specification of a capability-based IT classification framework". *Information & Management*, Vol. 39, No. 8, pp. 647-658.
- MUNIER, F. y RONDÉ, P. (2001): "The role of knowledge codification in the emergence of consensus under uncertainty: empirical analysis and policy implications". *Research Policy*, Vol. 30, No. 9, pp. 1537-155.
- NAMBISAN, S., AGARWAL, R. y TANNIRU, M. (1999): "Organizational mechanisms for enhancing user innovation in information technology". *MIS Quarterly*, Vol. 23, N° 3, pp. 365-396.
- NIEDERMAN, F., BRANCHEAU, J. y WETHERBE, J. (1991): "Information Systems Management Issues for the 1990s". *MIS Quarterly*, Vol. 15, No. 4, pp. 474-501.
- OKOLI, C. y PAWLOWSKI, S. (2004): "The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications". *Information & Management*, Vol. 42, No. 1, pp. 15-29.
- PARENTÉ, R.; HIÖB, T.; SILVER, R.; JENKINS, C.; POE, M. y MULLINS, J. (2005): "The Delphi method, impeachment and terrorism: Accuracies of short-range forecasts for volatile world events". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 72, No. 4, pp. 401-411.
- PEFFERS, K. y TUUNANEN, T. (2005): "Planning for IS applications: a practical, information theoretical method and case study in mobile financial services". *Information & Management*, Vol. 42, No. 3, pp. 483-501.

- SAUNDERS, C., STOAK, J. y WILLIAM, J. (1992): "Measuring performance of the information systems function". *Journal of Management Information Systems*, Vol. 8, No. 4, pp. 63-83.
- SHON, T.-H. y SWATMAN, P. (1998): "Identifying effectiveness criteria for Internet payment systems". *Internet Research*, Vol. 8, N° 3, pp. 202.
- TICHY, G. (2004): "The over-optimism among experts in assessment and foresight". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, N° 4, pp. 341-363.
- TOLLEY, R., LUMSDON, L. y BICKERSTAFF, K. (2001): "The future of walking in Europe: a Delphi project to identify expert opinion on future walking scenarios". *Transport Policy*, Vol. 8, No. 4, pp. 307-315.
- ZOLINGEN, S. y KLAASSEN, C. (2003): "Selection processes in a Delphi study about key qualifications in Senior Secondary Vocational Education". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 70, No. 4, pp. 317-340.

La Revista *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa* recibió este artículo el 1 de diciembre de 2006 y fue aceptado para su publicación el 15 de noviembre de 2007.