

ESTUDIO COMPARADO DE LAS ESTIMACIONES DE DOS VERSIONES DEL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA (TAM) MEDIANTE LOS PROGRAMAS AMOS Y PLS

López Bonilla, L. M.
López Bonilla, J. M.
Universidad de Sevilla

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una comparación entre dos versiones del modelo de aceptación de la tecnología, generalmente conocido por sus siglas TAM, mediante la utilización de dos familias de procedimientos de estimación diferentes dentro de la metodología de las ecuaciones estructurales: las estructuras de covarianzas y el análisis de los mínimos cuadrados parciales. En representación de estos métodos hemos elegido los programas informáticos AMOS y PLS, respectivamente. Los resultados obtenidos señalan sustanciales diferencias entre ambos procedimientos, tanto en los análisis de los modelos de medida como en el de los modelos estructurales.

PALABRAS CLAVE: TAM, Adopción de Innovaciones, Aceptación de la Tecnología, Procesos de Adopción, Estructuras de Covarianzas y de Varianzas.

ABSTRACT

In this paper we carry out a comparison among two versions of the model of acceptance of the technology, generally known by its acronyms TAM, by means of the utilization of two different estimation procedures families inside the methodology of the structural equations: the structures of covarianzas and the analysis of the partial least square. In representation of these methods we have elected the data processing programs AMOS and PLS, respectively. The results obtained indicate substantial differences among both procedures, so much in the analyses of the models of measure as in that of the structural models.

KEYWORDS: TAM, Adoption of Innovations, Acceptance of the Tecnology, Adoption Processes, Estructures of Covariances and Variances.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta tiene un doble propósito. Por un lado, pretende realizar el contraste de dos versiones de un modelo clásico en el campo de la adopción de innovaciones, conocido por sus siglas TAM. Y, por otro, trata de la comparación de los resultados obtenidos en la estimación de sus parámetros mediante el análisis de ecuaciones estructurales por dos familias de métodos diferentes, como es la basada en el análisis de covarianzas (v.gr., LISREL) y la fundamentada en la obtención de mínimos cuadrados parciales (v.gr., PLS).

A continuación se describen los modelos TAM y TAM PRIMITIVO como las versiones teóricas que van a ser contrastadas, al mismo tiempo que se hará una breve reseña de su importancia en el área de la adopción de los sistemas de información. Por otra parte, se compararán las características de las dos metodologías que se van a usar para realizar los análisis de datos, materializadas en los programas informáticos AMOS y PLS. Posteriormente, se describirá el escenario donde serán aplicados los modelos teóricos y los métodos de análisis propuestos. Y se finalizará con la interpretación de los resultados obtenidos y las conclusiones más relevantes que de ellos se derivan.

2. EL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA (TAM)

El Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) es probablemente el que goza de un mayor reconocimiento en la literatura sobre adopción de innovaciones tecnológicas en esta última década, siendo no sólo uno de los más citados¹, sino también un auténtico inspirador de la creación de otros muchos. Fue diseñado por Davis en 1986 en su tesis doctoral (Davis, 1989; Davis, Bagozzi y Warshaw, 1989) para realizar medidas evaluadoras de la calidad de los sistemas de información y de su ajuste a los requerimientos de las tareas a ejecutar y, por lo tanto, se utiliza para hacer predicciones de aceptación y uso de nuevas tecnologías. Se mantiene en la línea de la tradición de investigaciones previas de los sistemas de información (Swanson, 1974; Schultz y Slevin, 1975; Zmud, 1978; Robery, 1979; Larcker y Lessig, 1980) que buscan la identificación de los atributos que conducen al éxito de los sistemas de información en la empresa, tomando como medida la satisfacción de los usuarios.

Swanson (1974) desarrolla una escala de dieciséis ítem para medir el valor relativo de un sistema de información empresarial para un usuario. Zmud (1978) distingue cuatro dimensiones pertinentes para los usuarios de un sistema de información y Larcker y Lessig (1980) desarrollan escalas para medir la utilidad percibida de los sistemas de información empresariales.

El modelo TAM está basado en la Teoría de la Acción Razonada (Ajzen y Fishbein, 1980) y en su metodología de los valores esperados. Los autores del modelo ya habían utilizado previamente la Teoría de la Acción Razonada en algunas de sus investigaciones. Así, Bagozzi (1981) lo hizo en un trabajo sobre la donación de sangre, Warshaw y Davis (1984) para una variedad de actividades y Warshaw (1980) en la selección de marcas.

Las investigaciones que utilizan la metodología propuesta por la Teoría de la Acción Razonada deben adaptarse específicamente a las características del contexto y de la muestra, por lo que los instrumentos utilizados en las encuestas y en las investigaciones ofrecen pocas posibilidades de generalizarse a otras muestras y poblaciones, teniendo que ser generados nuevos ítem para cada nuevo proyecto de investigación.

La necesidad de crear creencias particulares para cada nueva investigación (entre cinco y doce creencias), tal como indica la metodología utilizada por la Teoría de la Acción Razonada, es uno de los mayores inconvenientes de este modelo. Por ello, Davis (1989) se preocupó de buscar unas variables estables que pudieran ser utilizadas en cualquier situación².

El Modelo de Aceptación de la Tecnología se hizo popular a raíz de que sus escalas de medida predecían la aceptación de los usuarios mostrando unas propiedades psicométricas fuertes (v. gr., *alfa de Cronbach* superior a 0.9), se adaptaba a las necesidades de las investigaciones sobre sistemas de información y era muy fácil de administrar (un total de 21 ítem). Aunque quizás lo más importante sea que ha permitido la comparación sin complicaciones de diferentes sistemas de información.

El modelo TAM sostiene que la *actitud hacia el uso* de un sistema de información está basado en dos variables antecedentes –la *utilidad percibida* y la *facilidad de uso percibida* del sistema-. Esto es similar al resultado de los juicios de Bandura (1982) y su concepto de *autoeficacia*. La *utilidad percibida* se define como “el vaticinio de un usuario acerca de la probabilidad subjetiva de que se incremente su rendimiento en una organización al utilizar una aplicación específica de un sistema de información” (Davis, 1989).

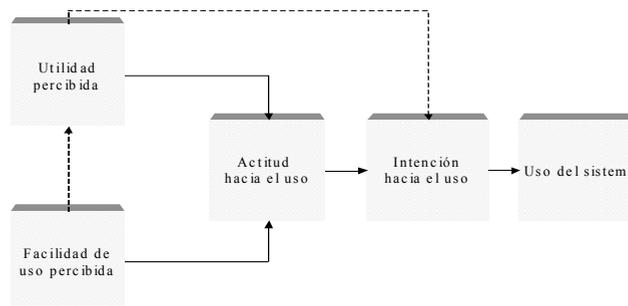
Los ítem incluyen medidas sobre cómo los sistemas podrían permitir al usuario acometer tareas más rápidamente, incrementar la productividad, incrementar la eficiencia y mejorar el rendimiento del trabajo.

El constructo *utilidad percibida* está basado en los estudios sobre las motivaciones, las expectativas y las investigaciones de los sistemas de información realizados, entre otros autores, por Vroom (1964), Porter y Lawler (1968), Schultz y Slevin (1975), Robery (1979), Lacker y Lessig (1980) y Bandura (1982). Esta variable se centra en la habilidad del sistema de información para facilitar al trabajador un rendimiento aceptable y deseable que le permita conseguir, a menudo, recompensas laborales. Vroom (1964) y Porter y Lawler (1968), en su teoría de la expectativa de la motivación, sugieren que los individuos evalúan las consecuencias de sus comportamientos (el uso de los sistemas de información) teniendo en cuenta las recompensas potenciales que pueden llegar a recibir. La variable utilizada por Bandura (1982), las *consecuencias de los juicios*, va en esa misma línea e intenta medir el grado en el que se cree que un comportamiento está vinculado a la obtención de un resultado. Los ítem empleados por Davis (1989) como indicadores de la *utilidad percibida* se orientan a conocer las evaluaciones de las personas acerca de las consecuencias que puede tener en la productividad de su trabajo el uso de un determinado sistema de información.

Otro de los constructos fundamentales del TAM es la *facilidad de uso percibida* de una tecnología, que está basado en la *autoeficacia* de Bandura (1982), y se define por Davis (1989) como “el grado en el que el usuario espera que el manejo de un determinado sistema conlleve la realización de menores esfuerzos”. Los ítem que miden este concepto son la flexibilidad, la facilidad de su uso, el control y la sencillez a la hora de convertirse en un experto en su uso.

En el Modelo de la Aceptación de la Tecnología (TAM) se propone la vinculación directa entre una de las *creencias* (la *utilidad percibida*) y las *intenciones* (ver figura 1). Esto supone una diferencia significativa respecto a la Teoría de la Acción Razonada (Ajzen y Fisbein, 1980), donde las *creencias* sólo impactan en las actitudes. Bagozzi (1990), comparando el TAM con las Teoría de la Acción Razonada, indica ciertas mejoras que proporciona el modelo, como son su mayor parsimonia, la posibilidad de evitar el hecho de que los efectos individuales de las creencias queden ocultos³, su mayor flexibilidad⁴ y mayor generalidad⁵.

Figura 1. Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM PRIMITIVO)

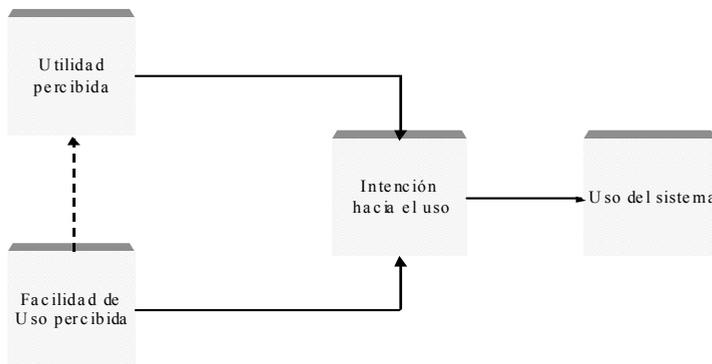


Fuente: adaptado de Davis (1989)

Desde un punto de vista teórico, en algunos estudios, se comienza a dudar del papel moderador que juega la variable latente *actitudes hacia el uso de la tecnología*, especialmente en aplicaciones en entornos laborales. Así, Davis (1989), al igual que Triandis (1971), entiende que las actitudes tienen elementos de afectividad y argumenta que la relación directa entre la utilidad percibida y la intención está basada en reglas de decisión cognitivas para mejorar el rendimiento laboral y no necesariamente tienen por qué activar a la afectividad. Como afirma Davis(1989), “si el afecto no está completamente activado cuando se decide usar un determinado sistema, una actitud podría no estar dispuesta para recibir el impacto de las consideraciones del rendimiento relativo a una intención. Por lo tanto, la relación entre la utilidad percibida y la intención representa un efecto directo, al considerar que la gente forma sus intenciones hacia el uso de un ordenador pensando en cómo mejorará el rendimiento de su trabajo”.

Una serie de investigaciones posteriores (Davis, Bagozzi y Warshaw, 1992; Venkatesh y Davis, 2000) sostienen que las medidas de ajuste del constructo *actitudes hacia el uso de la tecnología* no pueden ser consideradas como suficientes para mantener a este concepto dentro del modelo TAM, por lo que, años más tarde, se elimina del modelo la *actitud hacia el uso de la tecnología* y se establecen la *utilidad percibida* y la *facilidad de uso percibida* como antecedentes directos de las *intenciones* (ver figura 2).

Figura 2. Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM)



Fuente: adaptado de VenKatesh y Davis (2000)

3. ANÁLISIS DE COVARIANZAS VERSUS ANÁLISIS DE VARIANZAS

Las estimaciones estadísticas de las relaciones sugeridas por los modelos que han sido estudiados en el epígrafe anterior, conducen a la utilización de métodos de estimación que permiten el tratamiento conjunto de una red de relaciones causales entre variables latentes.

Los métodos más populares en la estimación de los modelos teóricos basados en ecuaciones estructurales son aquellos que se fundamentan en el análisis de estructuras de covarianzas, empleando como algoritmo de convergencia más característico el método conocido como de máxima verosimilitud⁶ y es usado en programas informáticos como LISREL y AMOS, entre

otros, frente aquellos que se basan en el análisis de las varianzas desarrollados por el algoritmo de los mínimos cuadrados parciales, representados por el programa PLS. Estos últimos reciben también la denominación de métodos de estimación limitada, al dividir el elenco de parámetros a estimar en diversos subconjuntos mediante el uso de regresiones múltiples que emplean el algoritmo de los mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Por el contrario, a los métodos basados en el análisis de estructuras de covarianzas se les denomina métodos de estimación completa, por trabajar al mismo tiempo con el conjunto de todas las covarianzas.

Se suele argumentar que ambos métodos no son competitivos, sino, más bien, complementarios, debido a que su utilización depende del propósito del análisis y del contexto donde es aplicado. Así, por ejemplo, el principal objetivo del análisis de estructuras de covarianzas es explicar las relaciones entre variables, por lo que es particularmente aconsejable para evaluar la comparación de ajustes entre modelos competitivos. Por el contrario, el objetivo principal de PLS es explicar las varianzas de las variables endógenas, por lo que suele ser una buena herramienta para encontrar las causas que determinan de manera significativa el comportamiento de dichas variables.

Bagozzi y Yi (1994) describen tres factores contextuales que influyen en la elección de uno u otro método, argumentando que PLS es preferido a los métodos de covarianzas cuando las muestras son de pequeño tamaño, los datos no responden a distribuciones normales y es probable la obtención de resultados no convergentes, como ocurre cuando se estiman modelos demasiado complejos y con numerosas variables y parámetros.

En el presente trabajo se van a comparar los resultados que se obtienen con los modelos de las ecuaciones estructurales mediante un método de estimación basado en el análisis de covarianzas, como es ADF⁷ del programa informático AMOS⁸, frente a otra metodología sustentada en una ampliación a los modelos con variables no observables de la denominada, desde su introducción por Wold en 1963 (Fornell y Bookstein, 1982), teoría de estimación del punto fijo, como es PLS⁹.

Bagozzi y Yi (1994) señalan que PLS tiende a sobreestimar las cargas estandarizadas (*loadings*) y a subestimar a los coeficientes *path* (β). Sin embargo, argumentan que esto significa que los resultados de los análisis con PLS pueden ser de mayor credibilidad, puesto que los contrastes de hipótesis son más conservadores. Este es uno de los aspectos que se desea estudiar en este trabajo, esto es, comprobar la medida del cumplimiento de los resultados que sugieren Bagozzi y Yi (1994).

4. INVESTIGACIÓN EMPÍRICA

El escenario elegido para la aplicación de los modelos teóricos estudiados en el epígrafe segundo de este trabajo es el servicio de matriculación de alumnos de la Universidad de Sevilla. Se procuran estudiar las intenciones de comportamiento que muestran los universitarios ante la propuesta de una innovación en la forma de realizar la matrícula. Se trata de explicar la aceptación del servicio comparando dos sistemas de prestación diferentes: 1) tradicional, a través de la interacción personal entre los empleados y los alumnos; y 2) innovador, valiéndose del uso de las tecnologías de la información, más concretamente, de Internet.

A los alumnos se les describe una situación habitual para ellos, como es tener que realizar la matrícula del próximo curso académico, pero se les permite la posibilidad de utilizar uno u otro sistema. Si bien ambas alternativas son empleadas en la actualidad, en el período de tiempo en el que se recoge la información aún no estaba implantado en la Universidad de Sevilla el sistema de matriculación mediante Internet o Automatización.

La obtención de la información se llevó a cabo mediante un cuestionario, que los alumnos rellenaban en clase. Gracias al apoyo de 55 profesores pudimos acceder a una muestra de 456 alumnos, proporcionalmente seleccionados entre las diversas áreas de conocimiento que se imparten en la Universidad de Sevilla. La recogida de la información empírica se llevó a cabo en los meses de marzo, abril y mayo del año 2001, en veinticinco Facultades y Escuelas Universitarias.

5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo principal en el análisis de datos es comparar en igualdad de condiciones los resultados proporcionados por un método basado en las covarianzas, como es AMOS, frente a otro cimentado en el análisis de los mínimos cuadrados, como es PLS, para lo cual no se tiene en cuenta los ajustes globales proporcionados por el programa AMOS, ya que con PLS no existe dicho análisis, al ser un método que trabaja con información limitada.

Estudiaremos los modelos de medida y estructurales de cada una de las construcciones teóricas que vamos a comparar, TAM y TAM PRIMITIVO, comenzando con el modelo teórico más sencillo, esto es, el TAM.

Para evaluar las escalas de medida de cada una de las variables latentes que aparecen en el modelo TAM se utilizará, en primer lugar, la correlación de los ítem con el total de la escala y el coeficiente *alfa de Cronbach* y, posteriormente, se realizará un análisis factorial confirmatorio con AMOS y PLS, que sirva para comparar sus resultados.

El modelo TAM que se va a estudiar está constituido por tres constructos: “Facilidad de Uso Percibida”, “Utilidad Percibida” e “Intención de Uso”, ya que, como se indicó anteriormente, no se llegó a medir el comportamiento llevado a cabo, sino la magnitud de las intenciones de hacerlo.

El análisis se comienza con el primero de los constructos, estos es, la “Facilidad de Uso Percibida”. Se trata de una variable latente medida por cuatro indicadores (codificados como FUA, FUB, FUC y FUD). El valor del coeficiente *alfa de Cronbach* es de 0.8594, que denota a priori una aceptable consistencia interna. En la tabla que aparece a continuación se muestran los valores de las correlaciones de los distintos ítem con el total de la escala, así como los de las cargas estandarizadas (*loadings*) y R^2 (*comunalidades* en PLS).

Tabla 1. Indicadores de la Facilidad de Uso Percibida

Indicador	Correlación ítem-total escala	Carga estandarizada AMOS	Loading PLS	R ² AMOS	Comunalidad PLS
FUA	0.6986	0.797	0.840	0.635	0.7055
FUB	0.6492	0.753	0.802	0.567	0.6430
FUC	0.7528	0.885	0.865	0.784	0.7484
FUD	0.7318	0.900	0.851	0.810	0.7233

Fuente: elaboración propia

Se observa que los dos indicadores con menores correlaciones con el total de la escala poseen valores mayores con PLS que con AMOS en las cargas estandarizadas y en las *comunalidades*. Y los dos ítem con mayores correlaciones muestran menores valores con PLS que con AMOS. Sin embargo, el indicador con mayor correlación con el resto de la escala no es el que tiene mayor carga estandarizada y fiabilidad (R^2) cuando se utiliza AMOS, como cabría esperar, hecho que sí ocurre con el programa PLS.

Por otro lado, no se ha observado el ajuste global del modelo de medida con el programa AMOS porque este aspecto no puede ser comparado con PLS, al no poseer este programa dicha posibilidad (Hulland, 1999). No obstante, si se llega a realizar el ajuste completo con AMOS se comprobaría que no es bueno, haciéndose necesario la supresión de los dos indicadores primeros (FUA y FUB) para que el modelo ajuste adecuadamente con la matriz de covarianzas.

La siguiente variable analizada es la denominada “Utilidad Percibida”, que está constituida por cuatro indicadores (UPA, UPB, UPC y UPD). El valor del coeficiente *alfa de Cronbach* es de 0.875, que supone una más que aceptable fiabilidad. A continuación se muestran las correlaciones de los ítem con el total de la escala, así como los valores de las cargas estandarizadas y de los coeficientes de correlación múltiple obtenidos con los programas AMOS y PLS.

Tabla 2. Indicadores de la Utilidad Percibida

Indicador	Correlación ítem-total escala	Carga estandarizada AMOS	Loading PLS	R^2 AMOS	Comunalidad PLS
UPA	0.6933	0.779	0.828	0.606	0.6863
UPB	0.6890	0.762	0.824	0.581	0.6784
UPC	0.7959	0.895	0.892	0.801	0.7962
UPD	0.7557	0.857	0.872	0.734	0.7600

Fuente: elaboración propia

Los tres indicadores con menores correlaciones con el total de la escala poseen cargas estandarizadas más elevadas con PLS que con AMOS, mientras que el indicador con mayor correlación del ítem con el total de la escala ofrece un menor valor con PLS que con AMOS. Esto mismo ocurre en el modelo de medida de la variable “Facilidad de Uso Percibida”, distinguiendo entre los dos ítem más correlacionados y los dos con menor correlación. Esto lleva a pensar que el programa PLS es más moderado en los valores de las cargas estandarizadas y en las *comunalidades* que el programa AMOS, ya que suaviza los valores extremos, aumentando los más bajos y disminuyendo los más altos.

De la misma manera que sucede con la variable analizada anteriormente, el ajuste del modelo completo utilizando AMOS arroja valores poco aceptables, hecho que induce a suprimir el indicador “UPB”, por ser el de menor R^2 , pero no se va a entrar en detalles sobre este particular al no poder realizar este mismo análisis con PLS.

La tercera variable latente constituyente del modelo TAM es la “Intención de Uso”, la cual ha sido medida con dos indicadores (IUA y IUB). El *alfa de cronbach* de esta escala es de 0.8986 y las correlaciones de estos ítem con el total de la escala es de 0.8416 para cada uno de ellos. El análisis de consistencia interna de esta variable no lo realizamos con AMOS y PLS

debido a las restricciones que hay que introducir en el modelo de medida para trabajar con menos de tres indicadores.

Para finalizar el análisis de consistencia interna de las variables incluidas en este modelo, se detallan los valores de las varianzas medias extraídas por los indicadores de cada constructo (AVE) y de las fiabilidades internas compuestas (ICR) en la tabla 3, que confirman una convergencia muy aceptable en ambos programas, aunque con una ligera superioridad de PLS.

Tabla 3. AVE e ICR de los constructos de TAM

Variable latente	AVE AMOS	AVE PLS	ICR AMOS	ICR PLS
Fácil de Usar	0.6988	0.7052	0.9022	0.9053
Utilidad Percibida	0.6807	0.7302	0.8946	0.9153

Fuente: elaboración propia

Realizado el análisis de validez convergente, se lleva a cabo el análisis de validez discriminante, esto es, se comprueba que los diversos constructos que forman el modelo TAM son significativamente distintos. Para ello, se toma como indicador de divergencia la comparación entre las correlaciones al cuadrado de cada par de variables latentes con las varianzas extraídas por los ítem de cada constructo, tal como sugieren Fornell y Lacker (1981), Barclays, Higgins y Thompson (1995) y Chin (1998). A continuación, se ofrecen los resultados obtenidos con los dos programas informáticos que se están utilizando.

Tabla 4. Correlaciones entre los constructos de TAM

Correlaciones	Correlaciones AMOS	Correlaciones PLS	Correlaciones ² AMOS	Correlaciones ² PLS
Intención-Fácil uso	0.701	0.635	0.4914	0.4032
Intención-Utilidad	0.723	0.613	0.5227	0.3758
Fácil Uso-Utilidad	0.778	0.632	0.6053	0.3994

Fuente: elaboración propia

Se han realizado las correlaciones tomando las variables latentes por parejas y se observa que los valores obtenidos con AMOS son más elevados que los proporcionados por PLS. Además, la correlación más alta tiene lugar entre las variables “Facilidad de Uso Percibida” y “Utilidad Percibida” con el programa AMOS, mientras que con PLS esto mismo ocurre entre las variables “Intención de Uso” y “Facilidad de Uso Percibida”. Si observamos las variables con menor correlación también se aprecia una falta de coincidencia entre las variables que poseen dicha característica, “Intención de Uso” y “Facilidad de Uso Percibida” con AMOS y “Utilidad Percibida” e “Intención de Uso” con PLS. Esto es una consecuencia de los diferentes valores que toman las cargas estandarizadas de las variables manifiestas con un programa u otro.

Seguidamente, se observará la varianza media extraída (AVE) en cada uno de los constructos (tabla 3), cuyos valores se compararán con las correlaciones elevadas al cuadrado entre cada pareja de variables latentes (tabla 4). Las varianzas medias extraídas con PLS son mayores a los valores obtenidos con AMOS debido a las características de las cargas

estandarizadas, tendentes a ser más extremas en este último método, como ya se indicó anteriormente.

Por otro lado, las varianzas extraídas son superiores a las correlaciones al cuadrado en ambos modelos, por lo que se constata la validez divergente entre los constructos que hemos comparado. No obstante, hay que señalar que la magnitud de la diferencia entre las correlaciones al cuadrado y las varianzas extraídas es superior cuando se utiliza PLS que al emplear AMOS, ya que con el primer programa las correlaciones son más pequeñas y las varianzas mayores. Debido a este doble motivo, la validez discriminante es más fácil de ser alcanzada con PLS que con AMOS.

A continuación, se realiza el análisis estructural del modelo TAM con ambos programas informáticos. Se muestran los valores de los *path* (coeficientes β) que miden la correlación de unas variables latentes con otras y el nivel de significación (coeficientes *t*) con el que son corroboradas, o no, estas relaciones.

Tabla 5. Relaciones estructurales de TAM

Relaciones	β AMOS	β PLS	<i>t</i> AMOS	<i>t</i> PLS
Fácil uso-Intención	0.423	0.420	5.551	9.3374
Utilidad-Intención	0.368	0.341	4.663	7.6787
Fácil Uso-Utilidad	0.782	0.631	16.198	19.7604

Fuente: elaboración propia

Las tres relaciones causales se corroboran en ambos programas con un nivel de significación más restrictivo que el 5%, al poseer todas un valor de *t* superior a 1.96. Sin embargo, los coeficientes *t* son superiores con PLS, por lo que con este programa se admiten estas relaciones de manera más significativa que con AMOS.

Por otro lado, se observa que los coeficientes β son menores con PLS, esto es, que un determinado cambio en una variable causal provoca un menor efecto en la variable explicada que el que sugiere el programa AMOS. No obstante, se aprecian pocas diferencias entre los resultados proporcionados por los dos programas.

Otro aspecto en el que se puede comparar AMOS con PLS es el relativo a la variación explicada de las variables dependientes. En el modelo TAM aparecen dos variables latentes con dichas características: “Utilidad Percibida” e “Intención de Uso”. Para nosotros es más interesante tener un grado de explicación elevado de la última de estas dos variables, ya que representa la consecuencia final del modelo.

Tabla 6. Varianzas explicadas de las variables dependientes de TAM

Variable dependiente	AMOS	PLS
Utilidad Percibida	0.612	0.398
Intención de Uso	0.557	0.474

Fuente: elaboración propia

Se observa que los valores de varianza explicada de las variables dependientes son superiores en el programa AMOS que en PLS. Esta sobreestimación de AMOS respecto a PLS significa que los resultados del primer programa se perciban bajo un punto de vista menos conservador que los del segundo.

Una vez que se han realizado los análisis de los modelos de medida y estructural del TAM, se van a comparar los resultados con los que se obtengan del estudio de otro modelo, al que denominamos en este trabajo como TAM PRIMITIVO, por tratarse de la primera versión de dicha teoría.

En el TAM PRIMITIVO hay que contar con una nueva variable latente, las “Actitudes hacia el uso” de uno u otro sistema, que actúa como variable moderadora entre las creencias “Utilidad Percibida” y “Facilidad de uso Percibida” y las “Intenciones de uso”.

La variable latente “Actitudes hacia el uso” es medida por una escala de cinco indicadores (codificadas como ACT1, ACT2, ACT3, ACT4 y ACT5), que muestran un valor del coeficiente *alfa de Cronbach* de 0.9233. A pesar de este valor tan aceptable, observando las mejoras que puede tener este indicador si algún ítem es eliminado, se aprecia como podría mejorarse al suprimirse la variable observada “ACT4”, llegándose a un valor del coeficiente *alfa de Cronbach* de 0.9466. Observemos qué nos indican las correlaciones de los ítem con el total de la escala y el análisis factorial confirmatorio.

Tabla 7. Indicadores de las Actitudes hacia el uso de una tecnología

Indicador	Correlación ítem-total escala	Carga estandarizada AMOS	Loading PLS	R ² AMOS	Comunalidad PLS
ACT1	0.8860	0.940	0.935	0.883	0.8738
ACT2	0.8972	0.956	0.942	0.914	0.8867
ACT3	0.8394	0.878	0.903	0.771	0.8163
ACT4	0.5610	0.569	0.676	0.324	0.4564
ACT5	0.8297	0.863	0.897	0.744	0.8044

Fuente: elaboración propia

Las correlaciones de los ítem con el total de la escala son aceptables, salvo la del indicador “ACT 4”. Esto mismo se refleja en los *loadings* (cargas estandarizadas) y en las *comunalidades* (R²) de PLS y AMOS. Por lo que todo parece indicar que es una variable que es conveniente eliminar del modelo de medida.

En la tabla anterior se observa que los dos ítem que tienen mayores correlaciones con el total de la escala poseen valores superiores con el programa AMOS en sus cargas estandarizadas y R² que con PLS. Por el contrario, los tres ítem peor correlacionados con el total de la escala manifiestan valores superiores en sus *loadings* y *comunalidades* en el programa PLS que en AMOS. Ello viene a corroborar lo que ya se ha señalado en otras mediciones, es decir, que el programa PLS tiende a suavizar los valores de las cargas estandarizadas y de las *comunalidades*, mientras que AMOS tiende a dar valores más extremos a dichos indicadores.

Tras suprimir el indicador “ACT4” se obtiene un *alfa de Cronbach* de 0.9466, como ya se había señalado anteriormente, y unos nuevos valores de las correlaciones de los ítem con el total de la escala y del análisis factorial confirmatorio.

Tabla 8. Indicadores depurados de las Actitudes hacia el uso de una tecnología

Indicador	Correlación ítem-total escala	Carga estandarizada AMOS	Loading PLS	R ² AMOS	Comunalidad PLS
ACT1	0.8966	0.936	0.944	0.875	0.8913
ACT2	0.9141	0.957	0.954	0.915	0.9099
ACT3	0.8449	0.873	0.912	0.762	0.8325
ACT5	0.8358	0.859	0.906	0.737	0.8210

Fuente: elaboración propia

El ítem con mayor correlación con el total de la escala tiene valores superiores con el programa AMOS, mientras que los otros tres indicadores son más valorados con PLS que con AMOS. Nuevamente volvemos a comprobar que el programa PLS tiende a mantener menor dispersión entre los valores de las cargas estandarizadas y de las *comunalidades* que el programa AMOS.

El ajuste global del modelo de medida utilizando el programa AMOS arroja también unos valores adecuados, al contrario de lo que venía ocurriendo con las variables latentes analizadas en los casos anteriores en las que, según este programa, sería conveniente depurar aún más las escalas de medida. Sin embargo, no entraremos en detalles sobre este aspecto del análisis factorial confirmatorio al no poderlo comparar con PLS.

Para finalizar el análisis de consistencia interna de la variable “Actitudes hacia el uso” señalaremos los valores de la varianza media extraída por sus indicadores (AVE) y del coeficiente de fiabilidad interna compuesta (ICR), que confirman una adecuada convergencia en ambos programas, aunque superior en PLS (ver tabla 10).

Una vez que ha sido comprobada la validez convergente de la variable latente “Actitudes hacia el uso”, se medirá su validez discriminante. Para lo cual, se compararán los valores de las correlaciones al cuadrado entre esta variable y cada una de las demás que constituyen el modelo TAM PRIMITIVO con las varianzas medias extraídas (AVE) en cada una de las variables latentes que conforman a dicho modelo.

Tabla 9. Correlaciones entre los constructos de TAM PRIMITIVO

Correlaciones	Correlaciones AMOS	Correlaciones PLS	Correlaciones ² AMOS	Correlaciones ² PLS
Intenciones-Actitudes	0.818	0.741	0.6691	0.5491
Utilidad-Actitudes	0.838	0.725	0.7022	0.5256
Fácil uso-Actitudes	0.768	0.696	0.5898	0.4844

Fuente: elaboración propia

Se aprecia que los valores obtenidos por las correlaciones con AMOS son más elevados que los proporcionados con PLS. Además, las variables que están más fuertemente correlacionadas en el programa AMOS, “Utilidad Percibida” y “Actitudes hacia el uso”, no lo son con PLS. Sin embargo, sí existe coincidencia con las variables menos correlacionadas, esto es, “Facilidad de Uso Percibida” y “Actitudes hacia el uso”.

Al comparar las correlaciones al cuadrado con las varianzas medias extraídas se distingue que estas últimas son superiores a aquéllas con ambos programas informáticos, salvo en un

caso con AMOS, la correlación entre la “Utilidad Percibida” y las “Actitudes hacia el uso”, que indica que el modelo de medida no cumple la propiedad de validez discriminante en este programa. Por lo que se aprecia una diferencia sustancial entre los resultados proporcionados por ambos programas informáticos: PLS cumple todos los requisitos para afirmar que se cumple la validez discriminante entre los diversos constructos, mientras que con AMOS esta afirmación no es cierta, ya que la correlación entre las “Actitudes hacia el uso” y la “Utilidad Percibida” sobrepasa los límites considerados como aceptables.

Tabla 10. AVE e ICR de los constructos de TAM PRIMITIVO

Variable latente	AVE AMOS	AVE PLS	ICR AMOS	ICR PLS
Fácil de Usar	0.6988	0.7052	0.9022	0.9053
Utilidad Percibida	0.6807	0.7302	0.8946	0.9153
Actitudes hacia el uso	0.8230	0.8637	0.9488	0.9619

Fuente: elaboración propia

Se vuelve a observar con el modelo TAM PRIMITIVO que la validez discriminante es más fácil de ser alcanzada con PLS que con AMOS, ya que la magnitud de la diferencia entre las correlaciones al cuadrado y las varianzas medias extraídas es superior cuando utilizamos PLS que al emplear AMOS. Ello es consecuencia de un doble motivo: el programa PLS proporciona correlaciones entre las variables latentes más pequeñas y las varianzas medias extraídas en cada constructo son mayores.

El siguiente paso en el estudio comparativo entre los dos programas informáticos es el análisis estructural del modelo que hemos denominado TAM PRIMITIVO. Se detallan en la tabla 11 los resultados obtenidos.

Tabla 11. Relaciones estructurales de TAM PRIMITIVO

Relaciones	β AMOS	β PLS	t AMOS	t PLS
Fácil uso-Actitudes	0.272	0.398	2.845	9.8220
Utilidad-Intención	0.045	0.145	0.485	2.7797
Fácil Uso-Utilidad	0.859	0.630	17.214	19.6465
Utilidad-Actitudes	0.656	0.475	6.670	12.6143
Actitudes-Intención	0.811	0.635	8.830	12.6766

Fuente: elaboración propia

Todas las relaciones propuestas se corroboran con un nivel de significación más restrictivo que el 5% ($t > 1.96$) con el programa PLS. Sin embargo, hay una relación que no se cumple utilizando AMOS, la que vincula a los constructos “Utilidad Percibida” e “Intención de Uso”.

Los coeficientes t son superiores con el programa PLS que con AMOS, mientras que dos de los coeficientes β son superiores y otros tres son inferiores. Este último resultado difiere al obtenido cuando se analizó el modelo TAM, en el que todos los β son inferiores con PLS que con AMOS. Parece que PLS, al igual que ocurre en el análisis de los modelos de medida, es más moderado que AMOS, mostrando valores más bajos que AMOS entre aquellas variables más fuertemente correlacionadas y valores más altos con aquellas variables latentes entre las que parece existir menor correlación. Por lo que PLS tiende a suavizar los efectos de las

relaciones si es comparado con AMOS, es decir, AMOS tiende a exagerar los efectos, bien sobreestimándolos o bien subestimándolos. En este sentido, es más difícil rechazar el cumplimiento de una relación entre variables latentes con PLS que con AMOS.

Para finalizar el estudio del modelo TAM PRIMITIVO se señalan la variaciones explicadas de las variables dependientes. En este modelo se cuenta con tres variables dependientes: “Utilidad Percibida”, “Actitudes hacia el uso” e “Intenciones de Uso”.

Tabla 12. Varianzas explicadas de las variables dependientes de TAM PRIMITIVO

Variable dependiente	AMOS	PLS
Utilidad Percibida	0.739	0.397
Actitudes hacia el uso	0.811	0.621
Intención de Uso	0.726	0.559

Fuente: elaboración propia

Se contempla, al igual que en el modelo TAM, que las varianzas explicadas son superiores cuando se utiliza el programa AMOS, por lo que en este aspecto ofrece unos resultados más optimistas que los proporcionados por PLS.

6. CONCLUSIONES

En la primera parte de las conclusiones se intenta responder a la cuestión de cuál de los dos modelos analizados, TAM y TAM PRIMITIVO, proporciona un mejor ajuste en función a los indicadores utilizados en la comparación entre AMOS y PLS.

Al comparar ambos modelos utilizando el programa AMOS se observa que la variación explicada de la variable dependiente “Intención de Uso” es superior en TAM PRIMITIVO (0.726) que en TAM (0.557). Sin embargo, en el modelo TAM PRIMITIVO hay una relación estructural entre variables latentes que no se cumple, esto es, la vinculación entre la “Utilidad Percibida” y las “Intenciones de Uso”. Además, en el modelo de medida tampoco se cumple la condición de validez discriminante entre las variables “Utilidad Percibida” y “Actitudes hacia el uso”. Estas dos últimas razones nos llevan a inclinarnos a considerar como más adecuado el modelo TAM respecto al TAM PRIMITIVO. No obstante, debemos tener en cuenta que no hemos incluido en nuestro análisis los indicadores de ajuste global utilizados por AMOS, por no constituir un elemento de comparación entre los programas informáticos empleados.

Por otro lado, si la comparación entre los modelos TAM y TAM PRIMITIVO se realiza utilizando PLS, se aprecia que todas las relaciones estructurales propuestas se corroboran de manera significativa en ambos modelos, los indicadores de los modelos de medida son adecuados y las variaciones explicadas en la variable “Intención de Uso” son de 0.474 en TAM y de 0.559 en TAM PRIMITIVO. Esto lleva a pensar que ambos modelos son aceptables, pero el segundo proporciona una mayor explicación del fenómeno estudiado. De esta manera es éste último el preferido.

Las comparaciones realizadas entre los modelos TAM y TAM PRIMITIVO, utilizando los mismos indicadores en los programas AMOS y PLS, muestran la existencia de diferencias significativas entre los resultados de ambas aplicaciones informáticas. En el escenario concreto en el que hemos trabajado existen importantes variaciones, como ya se ha indicado, entre los

ajustes de los modelos de medida y estructurales comparados, que nos conducen a señalar la preferencia por uno u otro modelo (TAM o TAM PRIMITIVO) dependiendo del programa utilizado (AMOS o PLS). No obstante, cabe puntualizar que si se incluyera en este análisis los indicadores de ajuste global proporcionados por el programa AMOS, se apreciaría como mejor ajuste a la matriz de covarianzas la del modelo TAM PRIMITIVO, coincidiendo con los resultados parciales proporcionados por PLS. Ello nos hace reflexionar sobre la existencia de una mayor coherencia entre los resultados obtenidos con PLS y el ajuste global de AMOS que entre este ajuste global y los resultados del contraste de hipótesis individuales del propio AMOS.

La segunda parte de este epígrafe se dedica a recordar algunas de las consecuencias más importantes de los resultados que se mostraron en el epígrafe anterior. Comenzaremos por señalar que el programa PLS es más moderado en los valores de las cargas estandarizadas y en las *comunalidades* que el programa AMOS, ya que suaviza los valores extremos, aumentando los más bajos y disminuyendo los más altos, consiguiendo con ello mantener una menor dispersión entre dichos valores. En segundo lugar, la validez discriminante es más fácil de ser alcanzada con PLS que con AMOS, debido a que con el primer programa las correlaciones entre diferentes variables latentes son más pequeñas y las varianzas medias extraídas en cada constructo son mayores. En tercer lugar, los coeficientes t son superiores con PLS, por lo que con este programa se corroboran las relaciones estructurales propuestas más fácilmente que con AMOS. En cuarto lugar, los coeficientes β tienden a ser menores con PLS. Sin embargo, ocurre lo contrario cuando las variables tienen una baja correlación, siendo en este caso AMOS el que muestra valores inferiores, por lo que, al igual que ocurría en el análisis de los modelos de medida, PLS es más moderado que AMOS, ofreciendo valores más bajos que AMOS entre aquellas variables más fuertemente correlacionadas y valores más altos con aquellas variables latentes entre las que parece existir poca correlación. Y, en quinto lugar, los valores de varianza explicada de las variables dependientes son superiores en el programa AMOS que en PLS. Esta sobreestimación de AMOS respecto a PLS conlleva que la contribución de los factores explicativos en el primer programa se perciba como menos conservadora que la atribuida en el segundo.

NOTAS

- ¹ En palabras de Venkatesh y Davis (2000): “en enero de 2000, el *Social Science Citation Index* del Instituto para la Información Científica señaló 424 revistas donde se citaban los dos artículos introductorios del TAM (esto es, Davis, 1989 y Davis et al., 1989). En 10 años, el TAM se ha establecido como un modelo robusto, poderoso y parsimonioso en la predicción de la aceptación de los usuarios”. Meses más tarde, Venkatesh manifiesta que “el TAM es el modelo de aceptación y uso de tecnología más aplicado del mundo”. En el año 2003 el *Social Science Citation Index* indica que el modelo había sido citado en 698 revistas.
- ² Davis, Bagozzi y Warshaw (1989) manifiestan: “el objetivo del TAM es proporcionar una explicación de los determinantes de la aceptación de la informática en general, capaz de explicar el comportamiento de los usuarios a través de un amplio abanico de tecnologías informáticas y poblaciones de usuarios”. Las variables del TAM están basadas en “un conjunto de creencias que podemos generalizar fácilmente a los diferentes sistemas y poblaciones de usuarios”
- ³ Una fase en la metodología aconsejada por la Teoría de la Acción Razonada consiste en la agregación del conjunto de creencias individuales, una vez que se han multiplicado por sus respectivas valoraciones, en un único constructo, de ahí que se diga que los efectos individuales pueden quedar ocultos. Sin embargo, el TAM presenta la desventaja en el tratamiento de las creencias, que algunos determinantes de las actitudes pueden ser olvidados al estar limitados sólo a dos.

- ⁴ La flexibilidad es entendida en el sentido de que existen más caminos de relación entre las creencias y las intenciones que la linealidad tan estricta que propone la Teoría de la Acción Razonada (ver figura 1).
- ⁵ La generalidad, como se ha indicado en este mismo epígrafe, cabe entenderla como que el TAM utiliza las mismas variables en cualquier aplicación, mientras que la metodología propuesta por la Teoría de la Acción Razonada señala que es necesario extraer creencias específicas para cada nueva situación. Utilizando este mismo argumento, y contradiciendo a Bagozzi (1990), se podría decir que el TAM es menos flexible que la Teoría de la Acción Razonada ya que no se adapta a las circunstancias específicas de cada situación como hace ésta última.
- ⁶ Si bien el método conocido como de máxima verosimilitud (ML) fue el primero en ser utilizado en la estimación del análisis de covarianzas, también se pueden utilizar otros métodos de estimación como mínimos cuadrados generalizados (GLS), mínimos cuadrados no ponderados (ULS) y mínimos cuadrados ponderados (WLS). Este último método, en el programa AMOS, recibe el nombre de ADF o funciones asintóticamente libres de distribución y es el que se emplea en este estudio, por no requerir para su aplicación el cumplimiento de las condiciones de multinormalidad, como tampoco las requiere el programa PLS.
- ⁷ Empleamos el procedimiento de estimación ADF (Distribución Asintóticamente Libre) porque con él no es necesario el cumplimiento de las condiciones de multinormalidad, al igual que ocurre con las estimaciones que realiza PLS.
- ⁸ Se ha utilizado la versión 3.61 del programa AMOS (Analysis of Moment Structures).
- ⁹ La versión del método PLS (Partial Least Square) que se ha utilizado es la desarrollada por Wynne W. Chin en su programa informático PLSGRAPH 3.0.

BIBLIOGRAFÍA

- AJZEN, I. y FISHBEIN, M. (1980): *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- BAGOZZI, R. P. (1981): "Attitudes, Intentions, and Behavior: A Test of Some Key Hypotheses", *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 41, octubre, pp. 607-627.
- BAGOZZI, R. P. (1990): "Buyer Behavior Models for Technological Products and Services", en Johnston, W. J., Sheth, J. N. y Frazier, G. L. (eds.), *Advances in Telecommunications Management*, Jai Press, Vol. 2, pp. 43-69.
- BAGOZZI, R. P. y YI, Y. (1994): "Advances Topics in Structural Equation Models", en Bagozzi, R. P. (ed.), *Advances Methods of Marketing Research*, Blackwell Publishers, pp. 1-51.
- BANDURA, A. (1982): "Self-Efficacy Mechanism in Human Agency", *American Psychologist*, Vol. 37, No. 2, pp. 122-147.
- BARCLAY, D., HIGGINS, C. y THOMPSON, R. (1995): "The Partial Least Squares Approach to Causal Modeling: Personal Computer and Use as Illustration", *Technology Studies*, Vol. 2, No. 2, pp. 285-309.
- CHIN, W. W. (1995): "Partial Least Squares is to LISREL as Principal Components Analysis is to Common Factor Analysis", *Technology Studies*, Vol. 2, No. 2, pp. 315-319.
- CHIN, W. W. (1998): "The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling", en Marcoulides, G. A. (ed.), *Modern Methods for Business Research*, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 295-336.
- DAVIS, F. D. (1989). "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology", *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, pp. 319-340.
- DAVIS, F. D. , BAGOZZI, R. P. y WARSHAW, P. R. (1989). "User Acceptance of User Technology: A Comparison of Two Theoretical Models", *Management Science*, Vol. 35, No. 8, pp. 982-1002.
- DAVIS, F. D. , BAGOZZI, R. P. y WARSHAW, P. R. (1992): "Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace", *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 22, No. 14, pp. 1111-1132.
- FORNELL, C. y BOOKSTEIN, F. L. (1982): "Two Structural Equation Models: LISREL and PLS Applied to Consumer Exit-Voice Theory", *Journal of Marketing Research*, Vol. 19, noviembre, pp. 440-452.
- FORNELL, C. y CHA, J. (1994): "Partial Least Squares", en Bagozzi, R. P. (ed.), *Advances Methods of Marketing Research*, Blackwell Publishers, pp. 52-78.
- FORNELL, C. y LARCKER, D. (1981): "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", *Journal of Marketing Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 39-50.
- HAHN, C. , JOHNSON, M. D. , HERRMANN, A. y HUBER, F. (2002): "Capturing Customer Heterogeneity Using a Finite Mixture PLS Approach", *Schmalenbach Business Review*, 54, pp. 243-269.
- HULLAND, J. S. (1999): "Use Partial Least Squares (PLS) in Strategic Management Research: A Review of Four Recent Studies", *Strategic Management Journal*, Vol. 20, No. 2, pp. 195-204.
- LARCKER, D. F. y LESSIG, V. P. (1980). "Perceived Usefulness of Information: A Psychometric Examination", *Decision Sciences*, Vol. 11, No. 1, pp. 121-134.
- LÓPEZ BONILLA, L. M. y LÓPEZ BONILLA, J. M. (2005): "Prestación de Servicios Telemáticos: las Influencias de las Creencias de los Usuarios sobre sus Actitudes", en *XVII Encuentro de Profesores Universitarios de Marketing*, ESIC, pp. 491-508.

- PORTER, L. W. y LAWLER, E. E. (1968): *Managerial Attitudes and Performance*, Irwin-Dorsey, Homewood, IL.
- ROBERY, D. (1979): "User Attitudes and Management Information System Use", *Academy of Management Journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 527-538.
- SCHULTZ, R. L. y SLEVIN, D. P. (1975): "Implementation and Organizational Validity: An Empirical Investigation", en Schultz, R. L. y Slevin, D. P. (eds.), *Implementing Operations Research/Management Science*, American Elsevier, pp. 153-182.
- SWANSON, E. B. (1974): "Management Information Systems: Appreciation and Involvement", *Management Science*, Vol. 21, No. 2, pp. 178-188.
- TRIANDIS, H. C. (1971): *Attitude and Attitude Change*, John Wiley & Sons, New York.
- VENKATESH, V. y DAVIS, F. D. (2000): "A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies", *Management Science*, Vol. 46, No. 2, pp. 186-204.
- VROOM, V. (1964): *Work and Motivation*, Wiley, New York.
- WARSHAW, P. R. (1980): "A New Model for Predicting Behavioral Intentions: An Alternative to Fishbein", *Journal of Marketing Research*, Vol. 17, mayo, pp. 153-172.
- WARSHAW, P. R. y DAVIS, F. D. (1984): "Self-Understanding and the Accuracy of Behavioral Expectations", *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 10, marzo, pp. 111-118.
- WILLIAMS, L. J., EDWARDS, J. R. y VANDENBERG, R.J. (2003): "Recent Advances in Causal Modeling Methods for Organizational and Management Research", *Journal of Management*, 29 (6), pp. 903-936.
- YI, M. Y. y HWANG, Y. (2003): "Predicting the Use of Web-based Information Systems: Self-efficacy, Enjoyment, Learning Goal Orientation, and the Technology Acceptance Model", *International Journal of Human-computers Studies*, 59, pp. 431-449.
- ZMUD, R. W. (1978): "An Empirical Investigation of the Dimensionality of the Concept of Information", *Decision Sciences*, Vol. 9, No. 2, pp. 187-195.

La Revista *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa* recibió este artículo el 1 de septiembre de 2005, y fue aceptado para su publicación el 23 de noviembre de 2006.