



Vol. 22, nº4 (octubre-diciembre, 2018)

ISSN 1138-414X, ISSNe 1989-6395

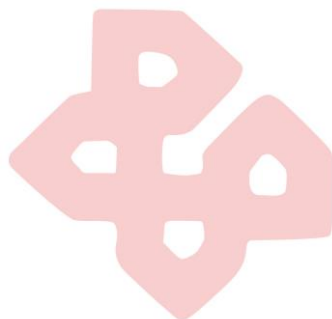
DOI:10.30827/profesorado.v22i4.8420

Fecha de recepción: 13/02/2017

Fecha de aceptación: 18/07/2017

## MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE FORMACIÓN TPACK: ESTUDIO EMPÍRICO

*Estructural equation model and Validation of the TPACK model: empirical study*



*Julio Cabero-Almenara  
José Luis Pérez Díez de los Ríos  
Carmen Llorente-Cejudo  
Universidad de Sevilla  
E-mail: [cabero@us.es](mailto:cabero@us.es)  
ORCID ID: 0000-0002-1133-6031  
0000-0003-4575-9072  
0000-0002-4281-928X*

### Resumen:

Se analiza, mediante el modelo de ecuaciones estructurales, la viabilidad y validez del modelo TPACK y de las interacciones que se establecen, así como las del instrumento de diagnóstico utilizado para ello.

La muestra estuvo conformada por 1.368 docentes de diferentes países latinoamericanos, y los instrumentos utilizados para el diagnóstico del TPACK fueron varios, centrándose en los cuestionarios, la observación no participante y la entrevista, utilizándose en este caso el elaborado por Schmidt et al. (2009). El principal propósito del estudio, que era la validación de un modelo del TPACK se ha visto confirmado, y se puede señalar que existe un modelo significativo para poder sugerir propuestas para la capacitación de los docentes en el uso educativo de las TIC, y para comprender su funcionamiento educativo.

Se demuestra la eficacia del modelo, las posibilidades que ofrece la metodología de las ecuaciones estructurales y se valida un instrumento de análisis del TAM hacia la RA. Al mismo tiempo, los hallazgos sugieren que las relaciones que se pueden establecer entre las diferentes dimensiones del TPACK son más complejas que lo presentado en el modelo, lo que requiere una profundización en su conceptualización y comprensión.

*Palabras clave:* Conocimiento; construcción de modelos didácticos; evaluación; validez

### **Abstract:**

The viability and validity of the TPACK model and the interactions established as well as those of the diagnostic instrument used for this are analyzed through the structural equations model.

The sample consisted of 1368 teachers from different Latin American countries and the instruments used for the diagnosis of TPACK were several, focusing on questionnaires, non-participant observation and interview, using in this case the one elaborated by Schmidt et al. (2009).

The main purpose of the study, which was the validation of a TPACK model, has been confirmed, and it can be pointed out that there is a significant model to be able to suggest proposals for the training of teachers in the educational use of ICT, and to understand its educational functioning.

It demonstrates the effectiveness of the model, the possibilities offered by the methodology of the structural equations and validates an instrument of analysis of the TAM towards RA. At the same time, the findings suggest that the relationships that can be established between the different dimensions of the TPACK are more complex than presented in the model, which requires a deepening in its conceptualization and understanding.

*Key Words:* Knowledge; construction of didactic models; evaluation; validity

## **1. Presentación**

Hablar de Tecnologías de la Información y del Conocimiento (TIC) asociadas a la formación, es reconocer, desde el principio, diferentes aspectos: por una parte, que la tecnología está penetrando con más fuerza y variedad que nunca en los sistemas educativos, como progresivamente van poniendo de manifiesto los informes Horizon (Johnson, Adams, Estrada, & Freeman, 2014; Johnson & Becker, 2016) que hablan de la realidad aumentada y virtual, la gamificación, la web semántica o la internet de las cosas, como tecnologías que se están acercando a ella; y por otra, que su utilización por los docentes no es tan amplia y variada en funciones, como cabría esperar por los esfuerzos realizados (Rosario & Vázquez, 2012; Vera, Torres, & Martínez, 2014). Tampoco se puede obviar que su presencia no está aportando las mejoras de la calidad de la enseñanza que los integrados de los medios presagiaban, y que su apropiación cognitiva y transformación hacia prácticas innovadoras es lenta y dificultosa (Fundación Telefónica, 2012).

Entre los diferentes aspectos que pudieran explicar esta situación se encuentra la formación recibida por los profesores, formación encaminada más hacia lo instrumental y tecnológico que hacía aspectos didácticos y metodológicos (Prendes & Gutiérrez, 2013; Rangel & Peñalosa, 2013; Cabero, 2014; Cabero & Marín, 2014; Gutiérrez, 2014; Morales, Trujillo, & Raso, 2015; Roblizo & Cózar, 2015). Y es precisamente en este aspecto en el cual el modelo TPACK ('Technological Pedagogical Content Knowledge' – 'Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y de Contenido o Disciplinario') formulado por Koehler y Mishra (2008) y Mishra y Koehler (2006), está aportando bases no solo para comprender como los docentes construyen sus modelos conceptuales para la utilización educativa de las TIC en contextos de formación, sino también para sugerir propuestas para la formación y perfeccionamiento del docente en las TIC.

## 2. Justificación del problema

La propuesta de Koehler y Mishra, se fundamenta en la idea formulado por Shulman (1986) del análisis del ‘Conocimiento Didáctico del Contenido’ (PCK), que hace referencia a que los docentes para desarrollar su actividad profesional deben poseer conocimientos tanto de tipo de contenido como pedagógicos. Partiendo de esta propuesta, los autores citados elaboran su modelo TPACK, que sugiere que para que los docentes hagan una correcta utilización educativa de las TIC, requieren tres tipos de conocimiento: tecnológicos (TK), pedagógicos (PK), y de contenidos o disciplinar (CK); conocimientos que no deben percibirse de manera independientes y asilados, sino en interacción: PCK: Conocimiento Pedagógico del Contenido; TCK: Conocimiento de la utilización de las tecnologías; TPK: Conocimiento pedagógico tecnológico; y TPACK: Conocimiento Tecnológico, pedagógico y de contenido, que adquiridos de forma individual no garantiza una integración eficaz de las TIC. (Koehler & Mishra, 2008; Koehler, Shin, & Mishra, 2012; Mishra & Koehler, 2006) (Figura 1).

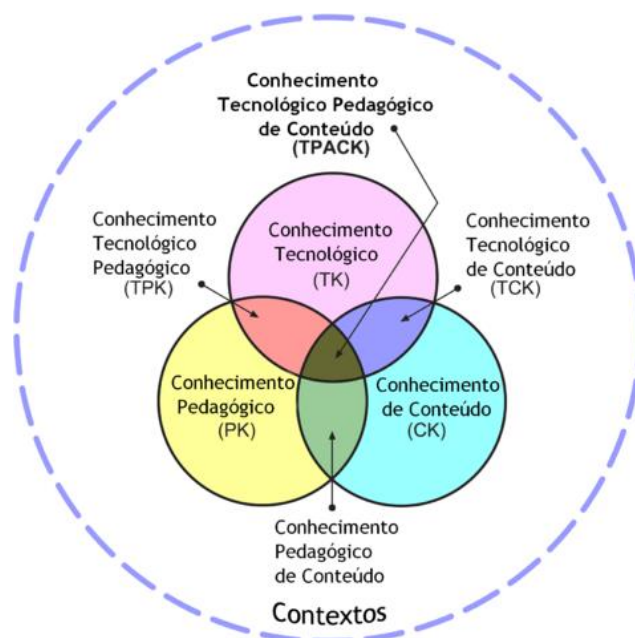


Figura 1. Modelo TPACK.

Fuente: Mishra & Koehler (2006). Using the TPACK image. Disponible en <http://tpack.org/>

El modelo está despertando bastante interés desarrollándose una amplitud de investigaciones y de metaanálisis sobre él (Chai, Koh, y Tsai, 2013; Khine, Ali, y Afar, 2015). Investigaciones que han puesto de manifiesto diferentes aspectos que van desde su validez y significatividad del modelo para ayudar a los docentes a integrar la tecnología en el aula (Gewerc, Pernas & Varela, 2013; Liu, 2013; Maher, 2013; Young, Young, & Hamilton, 2013), hasta la diversidad de formación que los docentes tienen en los diferentes tipos de conocimiento (Cabero y Barroso, 2016) y la necesidad de establecer diferentes dominios de competencias para cada uno de los conocimientos generados por el modelo (Cejas, Navío & Barroso, 2016).

Por otra parte, las investigaciones han indicado que el dominio que el profesorado tiene de los diversos tipos de conocimientos sugeridos en el modelo TPACK son diferentes, no se descifran de forma igual, y su interpretación depende de su experiencia en la enseñanza y la tecnología (Zelkowski, Gleason, Cox, & Bismarck, 2013; Mouza, Karchmer-Klein, Nandakumar, & Yilmaz, 2014; Roig & Flores, 2014; Pamuk, Ergun, Cakir, Yilmaz, & Ayas, 2015; Cabero y Barroso, 2016; Jen, Yeh, Hsu, Wu y Chen, 2016).

En sus comienzos las propuestas generadas desde el modelo fueron generalistas, pues no se establecían diferencias entre los distintos niveles de conocimientos de contenido, hecho que se ha visto transformado en los últimos tiempos con diferentes estudios (Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler, y Shin, 2009; Chai, Koh, y Tsai, 2013; Jang y Tsai, 2012; Stewart, Antonenko, Shane y Muravita; Tokmak, Incikabi, y Ozgelen, 2013; Cabero y Barroso, 2016); obteniéndose por lo general que hay diferencia respecto a los mismos.

Las transformaciones han ido también en la dirección respecto a que si en sus inicios los análisis realizados con el modelo eran de corte generalista sobre las TIC, posteriormente se han centrado en medios concretos: ipad (Maher, 2013), formación en red (Anderson y Barham, 2013), videojuegos (Hsu, y Liang, 2015), o sistemas tutoriales inteligentes (Khine, Ali, y Afar, 2015). Investigaciones que han apuntado resultados diferentes según la tecnología analizada.

La significación adquirida por el modelo está llevando a la realización de estudios, ya no solo para contrastar la situación de los docentes dentro del TPACK, sino también a analizar su propia viabilidad, y para ello una de las propuestas es utilizar el modelo de las ecuaciones estructurales (Structural Equation Modeling, SEM) (Ay, Karada & Acat, 2015; Pamuk et al., 2015).

El objetivo general del trabajo es: analizar mediante el modelo de ecuaciones estructurales la viabilidad y validez del modelo TPACK y de las interacciones que se establecen en el mismo formulado por Koehler y Mishra (2008), y Mishra y Koehler (2006) y del instrumento de diagnóstico utilizado para ello y construido por Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler, y Shin (2009).

### 3. Método

El estudio se encuadra en los de tipo descriptivo y “ex post facto” (Bisquerra, 2004), ya que solo se persigue recoger información y no manipular ninguna variable. Utilizando para ello un muestreo del tipo no probabilístico-incidental (Sabariego, 2004) ya que la muestra fue seleccionada en función de la facilidad de acceso que los investigadores tuvieron a los sujetos.

La muestra estuvo conformada por 1.368 docentes de diferentes países latinoamericanos. En la Tabla 1 se presenta su distribución por países.

Tabla 1  
*Países y Universidades de los participantes*

| País   | F    | %    |
|--|------|------|
| Argentina (Instituto Tecnológico Nacional)   | 24   | 1,8  |
| Colombia (UNAD)  | 262  | 19,2 |
| España (Universidades de: Alicante, Córdoba, Pablo Olavide, Jaén, Sevilla, y Murcia) | 696  | 51,1 |
| México (Universidad Autónoma de Tamaulipas)  | 158  | 11,6 |
| República Dominicana (UNAPEC y Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña)           | 216  | 15,9 |
| Venezuela (Universidad de Carabobo)  | 6    | 0,4  |
| Total  | 1362 | 100  |

Los profesores encuestados estaban cursando acciones formativas relacionadas con la formación y el perfeccionamiento didáctico y desempeñaban su actividad profesional como se indica en la Tabla 2; por tanto, nos encontramos con docentes que impartían los diferentes tipos de contenidos analizados en el modelo TPACK.

Tabla 2  
*Niveles donde impartían la enseñanza los encuestados*

| Nivel educativo   | Frecuencia | Porcentaje |
|-------------------|------------|------------|
| Infantil/Primaria | 250        | 18,5       |
| Sec/Bach/FP       | 400        | 29,6       |
| Universitario     | 347        | 25,7       |
| Postgrado         | 187        | 13,9       |
| Otros             | 28         | 2,1        |
| Ninguno           | 138        | 10,2       |
| Total             | 1350       | 100        |

Los instrumentos utilizados para el diagnóstico del TPACK han sido varios, y por lo general se han centrado en los cuestionarios (Mouza, Karchmer-Klein, Nandakumar, y Yilmaz, 2014; Roig y Flores, 2014; Pamuk et al., 2015), la observación no participante (Gewerc, Pernas, y Varela, 2013), y la entrevista (Gewerc et al., 2013; Maderick, 2013; Mouza et al., 2014). Siendo los primeros los más extendidos, y utilizándose en este caso el elaborado por Schmidt et al. (2009); instrumento que ha sido utilizado en diferentes trabajos (Chai, Koh, y Tsai, 2013; Stewart, Antonenko, Shane y Muravita, 2013; Cabero y Barroso, 2016).

El instrumento, se administró vía Internet y estaba constituido por 58 ítems con construcción tipo Likert con cinco opciones de respuesta que iban desde “muy en desacuerdo” (MD) a muy de acuerdo” (MA), que pretendían recoger información de diferentes conocimientos que componen el TPACK: TK (7 ítems), CK (12 ítems), PK (7 ítems), PCK (4 ítems), TCK (4 ítems), TPK (4 ítems), y TPACK (8 ítems) (Anexo). El instrumento se adaptó del elaborado por Chai, Koh y Tsai (2013).

El motivo de utilizar dicho instrumento se debe a que además de recoger la propuesta formulada por los autores que construyeron el modelo TPACK concreta los contenidos en cuatro: matemática, sociales, lectoescritura y ciencias; y no lo hace de manera general como ha sido usual por los autores que lo han utilizado (Pamuk et al., 2015), y por ello puede robustecer el análisis realizado.

#### 4. Resultados

La técnica estadística utilizada para analizar el modelo del TPACK ha sido el SEM (Structural Equation Modeling), que posee un gran potencial para representar el efecto causal entre las variables existentes en cualquier modelo teórico formulado (Kerlinger, y Lee, 2002), y que es una extensión de técnicas multivariadas como la regresión múltiple y el análisis factorial (Byrne, 2006).

Para Cupani (2012), su utilización puede servir como estrategia para la confirmación de modelos teóricos formulados, para contrastar modelos teóricos competidores, o para la construcción de modelos teóricos concretos. En el presente artículo, será utilizado más concretamente para el primero de los casos.

En la aplicación del SEM se pueden seguir dos estrategias: los métodos basados en covarianzas y el enfoque PLS (Partial Least Squares); aquí se seguirá PLS que no requiere establecer la normalidad multivariante de las observaciones y necesita un menor número de observaciones. Su aplicación se ha desarrollado mediante el programa SmartPLS (<http://www.smartpls.com>).

Como sugiere Lévy (2006) en su aplicación se deben seguir una serie de etapas: obtención del índice de fiabilidad, obtención de las cargas, hallazgos de la fiabilidad compuesta, elaboración de las varianzas extraídas medias,... Contemplándose dos grandes etapas: análisis factorial y fiabilidad de las puntuaciones, y obtención de las puntuaciones SEM. Procedimiento que ha sido utilizado en el trabajo y que también ha sido seguido por Pamuk et al. (2015); aunque aquí se realizará para los diferentes tipos de contenidos que analiza el instrumento: matemáticas, estudios sociales, lectoescritura y ciencias.

Comenzando con el análisis factorial para determinar si los ítems que conforman el TPACK definen las dimensiones esperadas (es decir, para ver si es factible tal tipo de análisis, y para conocer si el modelo factorial es compatible con los datos), se aplicó la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Tabla 3).

Al ser los valores alcanzados en la prueba KMO superiores en todos los casos a 0,75, se justifica la realización del análisis factorial. Y una vez aplicado el mismo por el método de extracción de componentes principales, y realizando una rotación varimax, en la Tabla 4 se presentan las cargas factoriales obtenidas con los ítems referidos a matemáticas.

Tabla 3  
Valores Kaiser-Meyer-Olkin.

|                             | Matemática | Sociales  | Lectoescritura | Ciencias  |
|-----------------------------|------------|-----------|----------------|-----------|
| Test Kaiser-Meyer-Olkin     | ,953       | ,956      | ,955           | ,955      |
| Prueba esférica de Bartlett | 30407,057  | 30022,153 | 30174,060      | 30250,691 |
| Gl                          | 351        | 351       | 351            | 351       |
| Sig.                        | ,000       | ,000      | ,000           | ,000      |

Tabla 4  
*Análisis factorial rotación varimax conocimientos de matemáticas*

| Matemáticas | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|-------------|------|------|------|------|------|
| V_1_1       |      | ,685 |      |      |      |
| V_1_2       |      | ,727 |      |      |      |
| V_1_3       |      | ,804 |      |      |      |
| V_1_4       |      | ,765 |      |      |      |
| V_1_5       |      | ,807 |      |      |      |
| V_1_6       |      | ,765 |      |      |      |
| V_1_7       |      | ,616 |      |      |      |
| V_2_1_1     |      |      |      | ,885 |      |
| V_2_1_2     |      |      |      | ,901 |      |
| V_2_1_3     |      |      |      | ,899 |      |
| V_3_1       | ,822 |      |      |      |      |
| V_3_2       | ,845 |      |      |      |      |
| V_3_3       | ,842 |      |      |      |      |
| V_3_4       | ,817 |      |      |      |      |
| V_3_5       | ,791 |      |      |      |      |
| V_3_6       | ,779 |      |      |      |      |
| V_3_7       | ,788 |      |      |      |      |
| V_6_1       |      |      | ,691 |      |      |
| V_6_2       |      |      | ,733 |      |      |
| V_6_3       |      |      | ,711 |      |      |
| V_6_4       |      |      | ,720 |      |      |
| V_6_5       |      |      | ,678 |      |      |
| V_7_1       |      |      |      | ,717 |      |
| V_7_5       |      |      |      |      | ,626 |
| V_7_6       |      |      |      |      | ,585 |
| V_7_7       |      |      |      |      | ,686 |
| V_7_8       |      |      |      |      | ,642 |



Los valores alcanzados indican dos aspectos: que cinco factores explican un 74,563% de la varianza total, y que el ítem 7.1, no carga sobre su factor, sino sobre el factor 2, y en consecuencia se puede decir que este ítem mide lo mismo que los ítems 2.1.1, 2.1.2, y 2.1.3 (anexo), que se refieren al conocimiento especializado en matemáticas.

Por lo que se refiere a los otros tipos de contenidos, los valores obtenidos fueron similares a los alcanzados en matemática, en concreto: los 5 factores explicaban el 74,375% de la varianza total en el caso de sociales, el 74,276% en lectoescritura y el 74,468% en el de ciencias, y que los ítems 7.4, 7,2 y 7,3 cargaban sobre el factor 4, midiendo por tanto lo mismo que los referidos a sus contenidos específicos ubicados en el factor 2 (CK).

Realizado un nuevo análisis factorial con rotación varimax y eliminando en este caso los ítems que medían lo mismo que otros, se alcanzaron los siguientes porcentajes de varianza explicada: matemática (75,176%), sociales (75,001%), lectoescritura (75,014%) y ciencias (75,321%); valores que mejoraban ligeramente los obtenidos previamente.

La fiabilidad de las dimensiones del instrumento se obtuvo mediante la alfa de Cronbach (Tabla 5).

Tabla 5  
*Alfa de Cronbach de las diferentes variables latentes consideradas.*

| Dimensión | Alfa Cronbach |          |                |          |
|-----------|---------------|----------|----------------|----------|
|           | Matemáticas   | sociales | Lectoescritura | Ciencias |
| TK        | 0,906         | 0,906    | 0,906          | 0,906    |
| CK        | 0,925         | 0,917    | 0,920          | 0,938    |
| PK        | 0,951         | 0,951    | 0,951          | 0,951    |
| TPK       | 0,912         | 0,912    | 0,912          | 0,912    |
| TPACK     | 0,922         | 0,922    | 0,922          | 0,922    |

Valores que de acuerdo con O'Dwyer y Bernauer (2014), permiten señalar que todas las dimensiones del instrumento, y para todos los contenidos, presentan elevados índices de fiabilidad.

Ya en otro trabajo se obtuvo la fiabilidad completa del instrumento que fue de 0,965 (Cabero, Marín y Castaño, 2015)

Finalizada esta primera etapa del análisis estadístico, el siguiente paso consiste en la obtención de las puntuaciones SEM para la evaluación del modelo TPACK, que se refleja en la Figura 2.



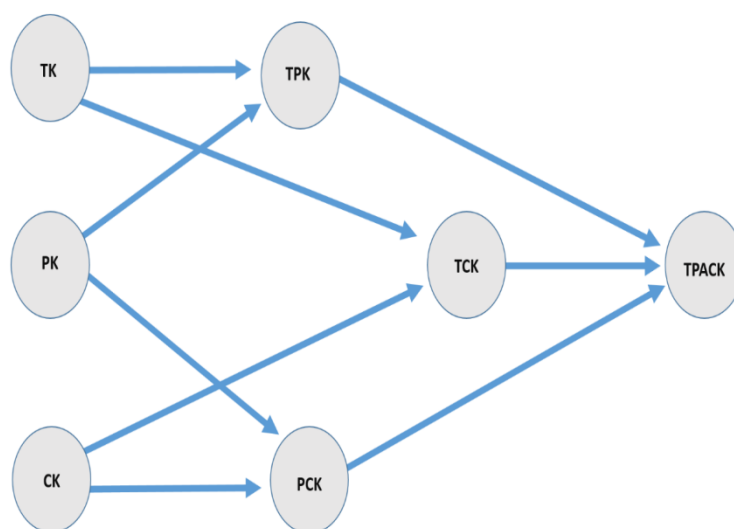


Figura 2. Modelo SEM del TPACK.

Para ello se comenzará valorando la fiabilidad individual de cada ítem examinando las cargas o correlaciones simples de cada ítem con su dimensión; indicar que para permitir aceptar el indicador como integrante de un constructo debe ser mayor o igual que 0,7 (Carmines y Zeller, 1979), aunque hay investigadores que opinan que con cargas superiores a 0,4 pueden mantener el ítem (Raubenheimer, 2004). En la Tabla 6, se presentan los valores alcanzados para matemáticas.

Tabla 6  
Cargas de los ítems de matemáticas

| Matemáticas | CK   | PCK | PK   | TCK | TK   | TPACK | TPK |
|-------------|------|-----|------|-----|------|-------|-----|
| V_1_1       |      |     |      |     | 0,79 |       |     |
| V_1_2       |      |     |      |     | 0,83 |       |     |
| V_1_3       |      |     |      |     | 0,85 |       |     |
| V_1_4       |      |     |      |     | 0,77 |       |     |
| V_1_5       |      |     |      |     | 0,84 |       |     |
| V_1_6       |      |     |      |     | 0,85 |       |     |
| V_1_7       |      |     |      |     | 0,67 |       |     |
| V_2_1_1     | 0,93 |     |      |     |      |       |     |
| V_2_1_2     | 0,94 |     |      |     |      |       |     |
| V_2_1_3     | 0,93 |     |      |     |      |       |     |
| V_3_1       |      |     | 0,89 |     |      |       |     |
| V_3_2       |      |     | 0,90 |     |      |       |     |
| V_3_3       |      |     | 0,89 |     |      |       |     |
| V_3_4       |      |     | 0,90 |     |      |       |     |
| V_3_5       |      |     | 0,87 |     |      |       |     |
| V_3_6       |      |     | 0,84 |     |      |       |     |

|       |       |       |      |
|-------|-------|-------|------|
| V_3_7 |       | 0,87  |      |
| V_4_1 | 1,000 |       |      |
| V_5_1 |       | 1,000 |      |
| V_6_1 |       |       | 0,85 |
| V_6_2 |       |       | 0,90 |
| V_6_3 |       |       | 0,82 |
| V_6_4 |       |       | 0,86 |
| V_6_5 |       |       | 0,87 |
| V_7_5 |       |       | 0,91 |
| V_7_6 |       |       | 0,90 |
| V_7_7 |       |       | 0,87 |
| V_7_8 |       |       | 0,90 |

Como se observa, todos los ítems tienen cargas mayores que 0,7 salvo el ítem 1.7, aunque su carga (0,67) está muy próxima a 0,7; consideramos su carga significativa, además estaría dentro del rango sugerido por Raubenheimer (2004). En el resto de contenidos, los valores obtenidos fueron similares.

El siguiente paso fue obtener la fiabilidad: alfa de Cronbach y fiabilidad compuesta. Esta última permite conocer la consistencia interna del bloque de indicadores determinados (Lévy, 2006) (Tabla 7).

Tabla 7  
Índice de fiabilidad de las dimensiones (nota: A.C.=alfa de Cronbach; F.C.=fiabilidad compuesta)

|       | Matemática |       | Sociales |       | Lectoescritura |       | Ciencias |       |
|-------|------------|-------|----------|-------|----------------|-------|----------|-------|
|       | A.C.       | F.C.  | A.C.     | F.C.  | A.C.           | F.C.  | A.C.     | F.C.  |
| CK    | 0,925      | 0,952 | 0,915    | 0,946 | 0,918          | 0,948 | 0,935    | 0,959 |
| PK    | 0,950      | 0,959 | 0,950    | 0,959 | 0,950          | 0,959 | 0,950    | 0,959 |
| TK    | 0,906      | 0,926 | 0,906    | 0,926 | 0,906          | 0,926 | 0,906    | 0,926 |
| TPACK | 0,919      | 0,943 | 0,919    | 0,943 | 0,919          | 0,943 | 0,919    | 0,943 |
| TPK   | 0,911      | 0,934 | 0,911    | 0,934 | 0,911          | 0,934 | 0,911    | 0,934 |

En todos los casos, y para todas las dimensiones, los índices de fiabilidad son elevados, y por tanto apuntan una elevada consistencia interna de los ítems ubicados en cada bloque.

Posteriormente se obtuvo la validez convergente, que persigue conocer si un conjunto de indicadores representa un único constructo subyacente, y que se analiza a través de la “Varianza Extraída Media” (AVE) (Lévy, 2006; Henseler, Ringle, Sinkovics y Rudolf, 2009). En este caso se establece la necesidad de alcanzar un valor superior a 0,5 para que más del 50% de la varianza del constructo sea debida a los indicadores (Fornell y Larcker, 1981; Bagozzi y Yi, 1988). En nuestro caso (Tabla 8),

todas las puntuaciones explican el 50% de la varianza son explicada por los indicadores.

Tabla 8  
*Varianzas extraídas media*

| AVE   |            |          |                |          |
|-------|------------|----------|----------------|----------|
|       | Matemática | Sociales | Lectoescritura | Ciencias |
| CK    | 0,869      | 0,855    | 0,859          | 0,886    |
| PK    | 0,770      | 0,770    | 0,770          | 0,770    |
| TK    | 0,644      | 0,644    | 0,644          | 0,644    |
| TPACK | 0,805      | 0,805    | 0,805          | 0,805    |
| TPK   | 0,739      | 0,739    | 0,739          | 0,739    |

El siguiente paso fue la obtención de la validez discriminante, que analiza en qué medida una dimensión es diferente a otras. Su obtención exigidos tipos de análisis: el criterio de Fornell-Larcker (Tabla 9) y las cargas factoriales cruzadas (Tabla 10). El primero de ellos se basa en que la varianza extraída media de un constructo ha de ser mayor que la varianza que dicho constructo comparte con los otros constructos del modelo; de forma equivalente, las correlaciones entre los constructos han de ser menores (en valor absoluto) que la raíz cuadrada de la varianza extraída media. En la tabla nº 9 los elementos de la diagonal son la raíz cuadrada de la varianza extraída media y los de fuera de la diagonal, son las correlaciones entre constructos. Para que se cumpla el requisito los valores que estén a la izquierda y por debajo de cada valor en negrita han de ser menores que él. Hecho que se cumple en todos los casos.

Tabla 9  
*Criterio de Fornell-Larcker*

| Matemáticas | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CK          | <b>0,932</b> |              |              |              |              |              |              |
| PCK         | 0,653        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |
| PK          | 0,268        | 0,398        | <b>0,877</b> |              |              |              |              |
| TCK         | 0,583        | 0,595        | 0,288        | <b>1,000</b> |              |              |              |
| TK          | 0,383        | 0,276        | 0,454        | 0,462        | <b>0,802</b> |              |              |
| TPACK       | 0,262        | 0,262        | 0,660        | 0,388        | 0,623        | <b>0,897</b> |              |
| TPK         | 0,252        | 0,279        | 0,690        | 0,366        | 0,579        | 0,800        | <b>0,860</b> |
| Sociales    | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
| CK          | <b>0,925</b> |              |              |              |              |              |              |
| PCK         | 0,603        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |
| PK          | 0,349        | 0,496        | <b>0,877</b> |              |              |              |              |
| TCK         | 0,534        | 0,559        | 0,356        | <b>1,000</b> |              |              |              |

| Matemáticas    | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TK             | 0,304        | 0,229        | 0,454        | 0,424        | <b>0,802</b> |              |              |
| TPACK          | 0,338        | 0,395        | 0,660        | 0,475        | 0,622        | <b>0,897</b> |              |
| TPK            | 0,348        | 0,423        | 0,690        | 0,502        | 0,579        | 0,800        | <b>0,860</b> |
| Lectoescritura | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
| CK             | <b>0,927</b> |              |              |              |              |              |              |
| PCK            | 0,642        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |
| PK             | 0,393        | 0,541        | <b>0,877</b> |              |              |              |              |
| TCK            | 0,548        | 0,562        | 0,378        | <b>1,000</b> |              |              |              |
| TK             | 0,259        | 0,267        | 0,454        | 0,419        | <b>0,802</b> |              |              |
| TPACK          | 0,379        | 0,438        | 0,660        | 0,507        | 0,622        | <b>0,897</b> |              |
| TPK            | 0,419        | 0,489        | 0,690        | 0,531        | 0,579        | 0,800        | <b>0,860</b> |
| Ciencias       | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
| CK             | <b>0,941</b> |              |              |              |              |              |              |
| PCK            | 0,612        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |
| PK             | 0,344        | 0,498        | <b>0,877</b> |              |              |              |              |
| TCK            | 0,594        | 0,601        | 0,376        | <b>1,000</b> |              |              |              |
| TK             | 0,375        | 0,305        | 0,454        | 0,466        | <b>0,802</b> |              |              |
| TPACK          | 0,336        | 0,372        | 0,660        | 0,480        | 0,622        | <b>0,897</b> |              |
| TPK            | 0,358        | 0,391        | 0,690        | 0,480        | 0,579        | 0,800        | <b>0,860</b> |

Para una correcta interpretación de las cargas cruzadas, que indican las correlaciones de una dimensión con los ítems que pertenecen a otra, se debe observar si los ítems asignados tienen más carga sobre la dimensión que sobre el resto de ítems. En la tabla nº 10 se presentan los resultados alcanzados con los contenidos de matemáticas donde se observa que todos los valores en negrilla superan los obtenidos en el resto de cada columna; en consecuencia, se puede señalar que los ítems se sitúan con claridad en la dimensión ubicada por los autores que construyeron el instrumento. Para el resto de contenidos, los datos obtenidos fueron similares.

Tabla 10  
Matriz de cargas cruzadas para el contenido de matemática

| Matemáticas | CK    | PCK   | PK    | TCK   | TK           | TPACK | TPK   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| V_1_1       | 0,324 | 0,235 | 0,388 | 0,371 | <b>0,793</b> | 0,533 | 0,478 |
| V_1_2       | 0,301 | 0,217 | 0,383 | 0,379 | <b>0,831</b> | 0,567 | 0,519 |
| V_1_3       | 0,290 | 0,230 | 0,414 | 0,372 | <b>0,852</b> | 0,509 | 0,497 |
| V_1_4       | 0,255 | 0,175 | 0,302 | 0,335 | <b>0,767</b> | 0,427 | 0,413 |
| V_1_5       | 0,315 | 0,237 | 0,327 | 0,402 | <b>0,836</b> | 0,485 | 0,431 |
| V_1_6       | 0,370 | 0,283 | 0,413 | 0,423 | <b>0,852</b> | 0,529 | 0,501 |

| Matemáticas | CK           | PCK          | PK           | TCK          | TK           | TPACK        | TPK          |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| V_1_7       | 0,287        | 0,156        | 0,309        | 0,297        | <b>0,668</b> | 0,428        | 0,396        |
| V_2_1_1     | <b>0,928</b> | 0,605        | 0,263        | 0,570        | 0,382        | 0,266        | 0,246        |
| V_2_1_2     | <b>0,942</b> | 0,593        | 0,252        | 0,511        | 0,368        | 0,233        | 0,244        |
| V_2_1_3     | <b>0,927</b> | 0,627        | 0,236        | 0,548        | 0,321        | 0,232        | 0,215        |
| V_3_1       | 0,232        | 0,356        | <b>0,889</b> | 0,237        | 0,426        | 0,585        | 0,612        |
| V_3_2       | 0,274        | 0,366        | <b>0,898</b> | 0,251        | 0,420        | 0,584        | 0,593        |
| V_3_3       | 0,178        | 0,296        | <b>0,886</b> | 0,223        | 0,379        | 0,565        | 0,599        |
| V_3_4       | 0,243        | 0,355        | <b>0,897</b> | 0,266        | 0,425        | 0,611        | 0,636        |
| V_3_5       | 0,239        | 0,347        | <b>0,869</b> | 0,271        | 0,375        | 0,587        | 0,614        |
| V_3_6       | 0,263        | 0,372        | <b>0,836</b> | 0,274        | 0,384        | 0,526        | 0,563        |
| V_3_7       | 0,215        | 0,350        | <b>0,865</b> | 0,244        | 0,379        | 0,594        | 0,617        |
| V_4_1       | 0,653        | <b>1,000</b> | 0,398        | 0,595        | 0,276        | 0,262        | 0,279        |
| V_5_1       | 0,583        | 0,595        | 0,288        | <b>1,000</b> | 0,462        | 0,388        | 0,366        |
| V_6_1       | 0,235        | 0,254        | 0,584        | 0,371        | 0,553        | 0,683        | <b>0,854</b> |
| V_6_2       | 0,258        | 0,268        | 0,617        | 0,370        | 0,539        | 0,714        | <b>0,895</b> |
| V_6_3       | 0,162        | 0,201        | 0,568        | 0,219        | 0,411        | 0,633        | <b>0,815</b> |
| V_6_4       | 0,207        | 0,230        | 0,609        | 0,256        | 0,461        | 0,668        | <b>0,861</b> |
| V_6_5       | 0,216        | 0,242        | 0,588        | 0,347        | 0,516        | 0,736        | <b>0,870</b> |
| V_7_5       | 0,228        | 0,235        | 0,621        | 0,324        | 0,556        | <b>0,911</b> | 0,733        |
| V_7_6       | 0,256        | 0,250        | 0,619        | 0,355        | 0,573        | <b>0,903</b> | 0,732        |
| V_7_7       | 0,236        | 0,234        | 0,555        | 0,376        | 0,553        | <b>0,872</b> | 0,665        |
| V_7_8       | 0,220        | 0,221        | 0,573        | 0,340        | 0,552        | <b>0,903</b> | 0,739        |

El siguiente paso fue la valoración del modelo estructural del TPACK, y para ello se comprobará inicialmente la no existencia de multicolinealidad, analizada mediante el “Factor de Inflación de la Varianza” (FIV), que para que se cumpla la no existencia el valor ha de ser menor o igual que 5 (Hair, Hult, Ringle & Sarstedt, 2014) (Tabla 11).

Tabla 11  
Valores del “Factor de Inflación de la Varianza”

| Matemáticas | CK | PCK   | PK | TCK   | TK | TPACK | TPK   |
|-------------|----|-------|----|-------|----|-------|-------|
| CK          |    | 1,077 |    | 1,172 |    |       |       |
| PCK         |    |       |    |       |    | 1,559 |       |
| PK          |    | 1,077 |    |       |    |       | 1,260 |
| TCK         |    |       |    |       |    | 1,661 |       |
| TK          |    |       |    | 1,172 |    |       | 1,260 |
| TPACK       |    |       |    |       |    |       |       |

|                |       |       |    |       |    |       |       |
|----------------|-------|-------|----|-------|----|-------|-------|
| TPK            |       |       |    |       |    | 1,163 |       |
| Sociales       | CK    | PCK   | PK | TCK   | TK | TPACK | TPK   |
|                | CK    | 1,139 |    | 1,102 |    |       |       |
|                | PCK   |       |    |       |    | 1,513 |       |
|                | PK    | 1,139 |    |       |    |       | 1,259 |
|                | TCK   |       |    |       |    | 1,662 |       |
|                | TK    |       |    | 1,102 |    |       | 1,259 |
|                | TPACK |       |    |       |    |       |       |
|                | TPK   |       |    |       |    | 1,392 |       |
| Lectoescritura | CK    | PCK   | PK | TCK   | TK | TPACK | TPK   |
|                | CK    | 1,183 |    | 1,072 |    |       |       |
|                | PCK   |       |    |       |    | 1,578 |       |
|                | PK    | 1,183 |    |       |    |       | 1,259 |
|                | TCK   |       |    |       |    | 1,672 |       |
|                | TK    |       |    | 1,072 |    |       | 1,259 |
|                | TPACK |       |    |       |    |       |       |
|                | TPK   |       |    |       |    | 1,505 |       |
| Ciencias       | CK    | PCK   | PK | TCK   | TK | TPACK | TPK   |
|                | CK    | 1,134 |    | 1,164 |    |       |       |
|                | PCK   |       |    |       |    | 1,601 |       |
|                | PK    | 1,134 |    |       |    |       | 1,260 |
|                | TCK   |       |    |       |    | 1,762 |       |
|                | TK    |       |    | 1,164 |    |       | 1,260 |
|                | TPACK |       |    |       |    |       |       |
|                | TPK   |       |    |       |    | 1,328 |       |

Efectuados los análisis que establecen la fiabilidad de los ítems y su consistencia dentro de las diferentes dimensiones que conforman el modelo TPACK, se pasó a analizar el modelo estructural formulado mediante la obtención de los coeficientes de regresión estandarizados ("path coefficients"), los valores de la t de student y los  $R^2$ ; coeficiente que determina el porcentaje de varianza de un constructo que es explicado por las variables predictoras del mismo (Figura 3).

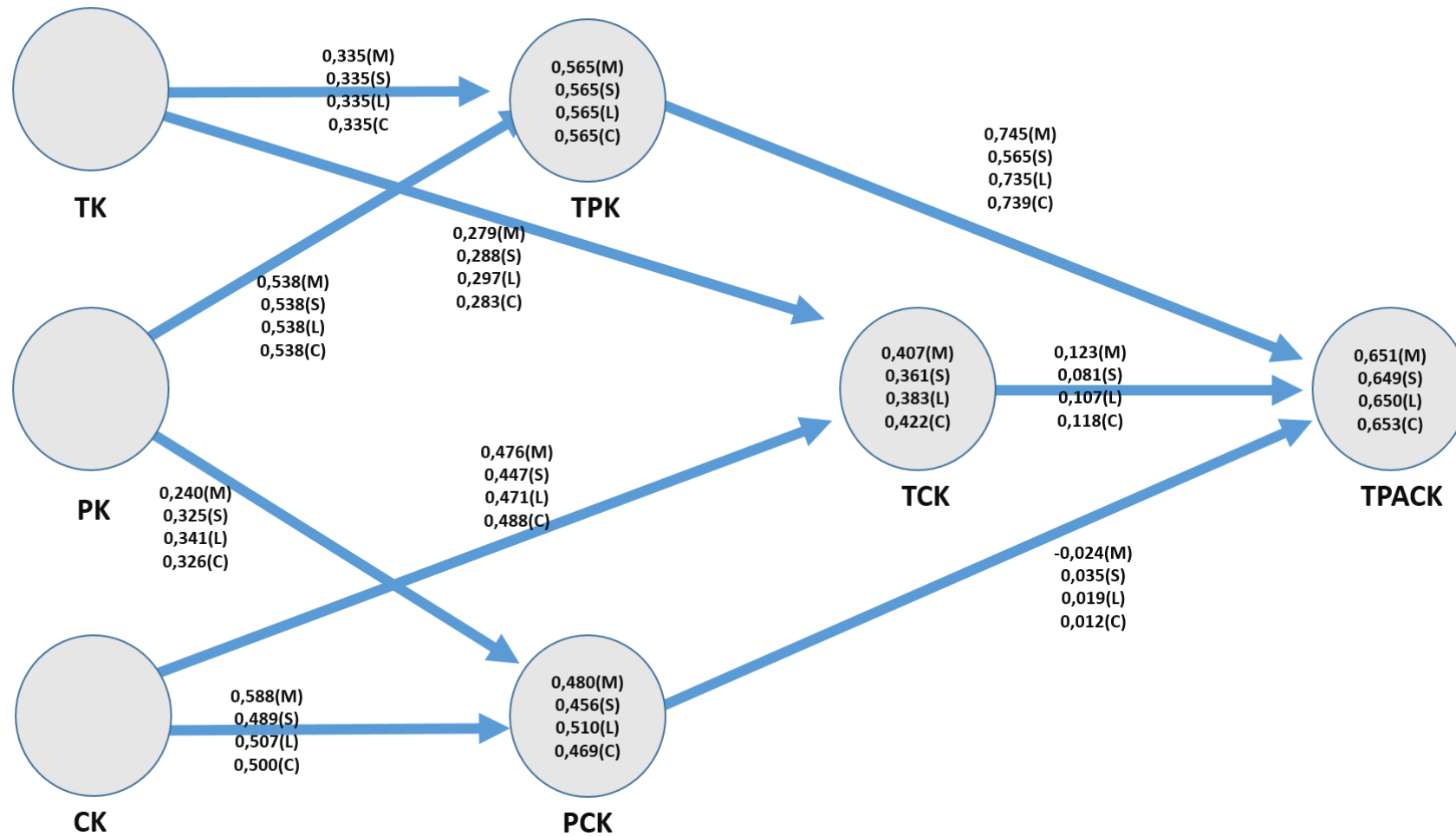


Figura 3. Modelo estructural del modelo TPACK formulado (M=Matemáticas; S=Sociales; L=Lectoescritura; y C=Ciencias).



El coeficiente de determinación indica la cantidad de varianza de una dimensión que está explicada por las variables predictoras de dicha dimensión. En la Tabla 12 se muestran los valores de  $R^2$  alcanzados en los cuatro tipos de contenidos y su significación y su significación.

Tabla 12  
Valores

|       | Matemática     |       | Sociales       |       | Lectoescritura |       | Ciencias       |       |
|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|
|       | R <sup>2</sup> | Sig.  | R <sup>2</sup> | Sig.  | R <sup>2</sup> | Sig.  | R <sup>2</sup> | Sig.  |
| PCK   | 0,480          | 0,000 | 0,456          | 0,000 | 0,510          | 0,000 | 0,469          | 0,000 |
| TCK   | 0,407          | 0,000 | 0,361          | 0,000 | 0,383          | 0,000 | 0,422          | 0,000 |
| TPACK | 0,651          | 0,000 | 0,649          | 0,000 | 0,650          | 0,000 | 0,653          | 0,000 |
| TPK   | 0,565          | 0,000 | 0,565          | 0,000 | 0,565          | 0,000 | 0,565          | 0,000 |

En nuestro caso, todos los coeficientes de determinación son significativos, y por tanto indican la influencia de las dimensiones sobre ellas, y suelen explicar un porcentaje situado entre el 36,1% y el 65,3% de las variables latentes consideradas (PCK, TCK, TPACK y TPK).

Siguiendo la propuesta de Hair et al. (1998) para interpretar los coeficientes path, que indican la importancia relativa de cada variable predictora en la dimensión que trata de predecir, se debe tener en cuenta que valores menores al 0,2 indican que la influencia es débil, entre 0,2 y 0,5 moderada, y fuerte si es mayor que 0,5. En la Tabla 13 se muestran los coeficientes path obtenidos y su nivel de significación.

Tabla 13  
Valores *t* de Student y *p*-valores de los coeficientes path (nota: \*\*=significativo al 0,01)

| Matemáticas  | Muestra original | Media de la muestra | Desviación estándar | Valores t | p-valor      |
|--------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------|
| CK -> PCK    | 0,588            | 0,589               | 0,021               | 28,563    | 0,000**      |
| CK -> TCK    | 0,476            | 0,477               | 0,026               | 18,484    | 0,000**      |
| PCK -> TPACK | -0,024           | -0,024              | 0,021               | 1,117     | <b>0,264</b> |
| PK -> PCK    | 0,240            | 0,239               | 0,023               | 10,665    | 0,000**      |
| PK -> TPK    | 0,538            | 0,538               | 0,025               | 21,742    | 0,000**      |
| TCK -> TPACK | 0,123            | 0,123               | 0,022               | 5,553     | 0,000**      |
| TK -> TCK    | 0,279            | 0,279               | 0,027               | 10,454    | 0,000**      |
| TK -> TPK    | 0,335            | 0,335               | 0,023               | 14,616    | 0,000**      |
| TPK -> TPACK | 0,762            | 0,762               | 0,018               | 41,751    | 0,000**      |
| Sociales     | Muestra original | Media de la muestra | Desviación estándar | Valores t | p-valor      |
| CK -> PCK    | 0,489            | 0,489               | 0,024               | 20,038    | 0,000**      |

|                       |                         |                            |                            |                  |                |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|----------------|
| CK -> TCK             | 0,447                   | 0,446                      | 0,024                      | 18,823           | 0,000**        |
| PCK -> TPACK          | 0,035                   | 0,035                      | 0,023                      | 1,530            | <b>0,126</b>   |
| PK -> PCK             | 0,325                   | 0,325                      | 0,026                      | 12,311           | 0,000**        |
| PK -> TPK             | 0,538                   | 0,538                      | 0,025                      | 21,914           | 0,000**        |
| TCK -> TPACK          | 0,081                   | 0,081                      | 0,023                      | 3,484            | 0,000**        |
| TK -> TCK             | 0,288                   | 0,288                      | 0,023                      | 12,520           | 0,000**        |
| TK -> TPK             | 0,335                   | 0,336                      | 0,023                      | 14,737           | 0,000**        |
| TPK -> TPACK          | 0,745                   | 0,746                      | 0,022                      | 33,928           | 0,000**        |
| <b>Lectoescritura</b> | <b>Muestra original</b> | <b>Media de la muestra</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Valores t</b> | <b>p-valor</b> |
| CK -> PCK             | 0,507                   | 0,508                      | 0,027                      | 18,883           | 0,000**        |
| CK -> TCK             | 0,471                   | 0,471                      | 0,023                      | 20,782           | 0,000**        |
| PCK -> TPACK          | 0,019                   | 0,019                      | 0,025                      | 0,767            | <b>0,443</b>   |
| PK -> PCK             | 0,341                   | 0,341                      | 0,027                      | 12,838           | 0,000**        |
| PK -> TPK             | 0,538                   | 0,537                      | 0,024                      | 22,138           | 0,000**        |
| TCK -> TPACK          | 0,107                   | 0,106                      | 0,022                      | 4,827            | 0,000**        |
| TK -> TCK             | 0,297                   | 0,297                      | 0,024                      | 12,356           | 0,000**        |
| TK -> TPK             | 0,335                   | 0,335                      | 0,023                      | 14,644           | 0,000**        |
| TPK -> TPACK          | 0,735                   | 0,735                      | 0,025                      | 29,458           | 0,000**        |
| <b>Ciencias</b>       | <b>Muestra original</b> | <b>Media de la muestra</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Valores t</b> | <b>p-valor</b> |
| CK -> PCK             | 0,500                   | 0,501                      | 0,024                      | 21,070           | 0,000**        |
| CK -> TCK             | 0,488                   | 0,488                      | 0,024                      | 20,248           | 0,000**        |
| PCK -> TPACK          | 0,012                   | 0,012                      | 0,023                      | 0,518            | <b>0,604</b>   |
| PK -> PCK             | 0,326                   | 0,326                      | 0,026                      | 12,353           | 0,000**        |
| PK -> TPK             | 0,538                   | 0,538                      | 0,024                      | 22,055           | 0,000**        |
| TCK -> TPACK          | 0,118                   | 0,117                      | 0,024                      | 5,004            | 0,000**        |
| TK -> TCK             | 0,283                   | 0,283                      | 0,024                      | 11,793           | 0,000**        |
| TK -> TPK             | 0,335                   | 0,335                      | 0,023                      | 14,838           | 0,000**        |
| TPK -> TPACK          | 0,739                   | 0,740                      | 0,021                      | 34,658           | 0,000**        |

Todos los coeficientes path son significativos salvo uno, lo que indica que PCK no influye sobre TPACK, y ello ocurre en los cuatro contenidos. La dimensión que más influye sobre TPACK es TPK, que es la que presenta el coeficiente más alto (0,762(M), 0,745(S), 0,735(L) y 0,739(C)), seguida del PK sobre TPK (0,538(M), 0,538(S), 0,538(L) y 0,538(C)), y del CK sobre el PK (0,588(M), 0,489(S), 0,507(L) y 0,500(C)), Pocas influencias se han encontrado entre el TCK y el TPACK (0,123(M), 0,081(S), 0,107(L) y 0,118(C)). Los hallazgos encontrados son muy similares en los diferentes contenidos contrastados. Se puede señalar que sobre PCK y TCK la que

más influye es CK.; sobre el TPK la que más influye es PK y el TPK sobre el TPACK. Estos datos nos llevan a ir apuntando la necesidad de revisar conceptualmente el modelo en lo referido a sus interacciones.

Por último, para evaluar la bondad de ajuste del modelo estructural, se utilizó el indicador SRMR (Standardized Root Mean Square Residual), que sugiere que se obtiene un buen ajuste, y por tanto un buen modelo, si el valor es inferior al 0,08 (Hu y Bentler, 1998). En nuestro caso, las puntuaciones alcanzadas fueron: 0,039 (matemáticas), 0,038 (estudios sociales), 0,038 (lectoescritura) y 0,037 ciencias. Valores que permiten concluir, que el modelo del TPACK presenta un buen ajuste en todas sus dimensiones.

## 5. Discusión

El principal propósito del estudio, que era la validación del modelo TPACK, se ha visto confirmado. Y se puede señalar que existe un modelo significativo para poder sugerir propuestas para la capacitación de los docentes en el uso educativo de las TIC y para comprender su funcionamiento educativo. Por lo cual, los hallazgos apuntalan empíricamente las justificaciones teóricas que diferentes autores han realizado (Koehler y Mishra, 2008; Mishra y Koehler, 2006) respecto a la significación del modelo del TPACK y en relación con los hallazgos obtenidos por Ay et al. (2015) y Pamuk et al. (2015).

De todas formas, aunque se ha obtenido que en el modelo del TPACK todas las variables tienen un buen ajuste y por ello se puede considerar como un buen modelo, también hay que indicar algunas limitaciones, como por ejemplo, que no todas las variables tienen la misma influencia sobre el TPACK, mostrándose nada influyente el PCK (conocimiento pedagógico del contenido) y siendo el más influyente el TPK (conocimiento pedagógico-tecnológico). Dicho de otra forma, para una correcta integración curricular de las TIC el docente debe poseer una buena capacitación pedagógica respecto a cómo integrar las tecnologías, datos que coinciden con los obtenidos por Pamuk et al. (2015).

Los hallazgos sugieren que las relaciones que se pueden establecer entre las diferentes dimensiones del TPACK son más complejas que lo presentado en el modelo, lo que requiere una profundización y revisión de su conceptualización y comprensión.

Asimismo, el trabajo permite identificar la validez del modelo SEM para analizar y validar modelos (Cupani, 2012), presentándose como una herramienta útil para conocer la fiabilidad y validez de instrumentos de diagnóstico elaborados para analizar determinados constructos. Su significación no está determinada únicamente porque aporta índices globales y particulares para las dimensiones que conforman el modelo, sino también porque facilita indagar sobre los aportes que cada dimensión realiza sobre el mismo. En definitiva, facilita conocer: la influencia de cada ítem

sobre el constructo concreto en el cual se inserta, la duplicidad de influencias de ítems sobre constructos, la falsedad de la influencia de los ítems, y la evaluación del modelo completo.

El instrumento presenta altos niveles de fiabilidad, tanto en la forma global (Cabero, Marín y Castaño, 2015) como en las diferentes dimensiones que lo conforman, y un buen ajuste de los ítems dentro de la dimensión en la cual fueron ubicados, obteniéndose resultados similares a los alcanzados tanto por sus autores como por otros investigadores que lo han utilizado (Koh, y Tsai, 2013; Stewart, Antonenko, Shane y Muravita, 2013; Cabero y Barroso, 2016). De todas formas, requiere la eliminación de los ítems incorporados en la dimensión del TPACK (7.1, 7.2, 7.3 y 7.4), pues recogen la misma información que los específicamente ubicados en la dimensión CK referida al contenido.

De todas formas, no se debe olvidar que el instrumento utilizado es un autoinforme, y por tanto, se apoya en las percepciones que el sujeto tiene de la realidad sobre la que es preguntado. Instrumento que posee una serie de debilidades metodológicas que deben asumirse por el investigador que las utilice (Sierra, Santos-Iglesias, Vallejo-Medina y Moyano, 2014), de ahí la necesidad de buscar nuevas opciones como las entrevistas y las observaciones, instrumentos en los cuales ya están trabajando algunos autores (Liu, 2013).

Como líneas futuras de investigación se proponen: replicar el estudio con el instrumento utilizado en diferentes contextos a los aquí empleados, aplicarlo con tecnologías específicas y replicar el modelo SEM al análisis de datos obtenidos con otros instrumentos diferentes a los autoinformes, como por ejemplo, mediante entrevistas y observaciones, y aplicar el instrumento a tecnologías específicas.

### Referencias bibliográficas

- Anderson, A. y Barham, N. (2013). Using the TPACK framework to unite disciplines in online learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29 (4), 549-545. DOI: <http://dx.DOI.org/10.14742/ajet.24>.
- Ay, Y., Karada, E. y Acat, M. (2015). The Technological Pedagogical Content Knowledge-practical (TPACKPractical) model: Examination of its validity in the Turkish culture via structural equation modeling. *Computers & Education*, 88, 97-108. DOI: <http://dx.DOI.org/10.1016/j.compedu.2015.04.017>
- Bagozzi, R. y Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 1674-1694.
- Bisquerra (coord.) (2014). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.

- Byrne, B. M. (2006). *Structural Equation Modeling With Eqs: Basic Concepts, Applications, and Programming (Multivariate Applications)*. New York: SAGE Publications.
- Cabero, J. (2014). Formación del Profesorado universitario en TIC. Aplicación del método Delphi para la selección de los contenidos formativo. *Educación XX1*, 17, 111-132. DOI:10.5944/educxx1.17.1.10707
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). ICT teacher training: a view of the TPACK model/Formación del profesorado en TIC: una visión del modelo TPACK. *Cultura y Educación*, 28 (3), 633-663.
- Cabero, J., y Marín, V. (2014). Miradas sobre la formación del profesorado en tecnologías de información y comunicación (TIC). *Enlace: Revista Venezolana de Información de Tecnología y Conocimiento*, 11 (2), 11-24.
- Cabero, J., Marín, V. y Castaño, C. (2015). Validación de la aplicación del modelo TPACK para la formación en TIC. *@TIC*, 14, 13-22. DOI: 10.7203/attic.14.4001.
- Carmine, E.G. y Zeller, R.A. (1979). *Reliability and validity assesment. N. 07-017, Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences*, Beverly Hills, CA: Sage.
- Cejas, R., Navío, A. y Barroso, J. (2016). Las competencias del profesorado universitario desde el modelo TPACK (conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido). *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 49, 105-119. DOI: <http://dx.DOI.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.07>.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., y Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16 (2), 31-51.
- Cupani, M. (2012). Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 1, 186-199.
- Fornell, C. y Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.
- Fundación Telefónica (2012). *Aprender con tecnología. Investigación internacional sobre modelos educativos futuros*. Madrid: Fundación Telefónica-Ariel
- Gewerc, A., Pernas, E., y Varela, J. (2013). Conocimiento tecnológico-didáctico del contenido en la enseñanza de Ingeniería Informática: un estudio de caso colaborativo con la perspectiva del docente y los investigadores. *Revista de Docencia Universitaria*, 11, 349-374.
- Gutiérrez, I. (2014). Perfil del profesor universitario español en torno a las competencias en tecnologías de la información y la comunicación. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 44, 51-65. DOI:10.12795/pixelbit

- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., y Sarstedt, M. (2014). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling*. Thousand Oaks: Sage
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis*. Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Henseler, J., Ringle, Ch. y Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43 (1), 115-135.
- Henseler, J., Ringle, C. y Sinkovics, R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. *Advances in International Marketing*, 20, 277-319
- Hsu, Ch. y Liang, J. (2015). The Role of the TPACK in Game-Based Teaching: Does Instructional Sequence Matter? *Asia-Pacific Educational Research*, 24 (3), 463-470. DOI: 10.1007/s40299-014-0221-2.
- Hu, L. y Bentler, P. M. (1998). Fit Indices in Covariance Structure Modeling: Sensitivity to Underparameterized Model Misspecification. *Psychological Methods* 3(4), 424-453.
- Jang, S., y Tsai, M. (2013). Exploring the TPACK of Taiwanese secondary school science teachers using a new contextualized TPACK model. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29, 566-580. DOI:10.14742/ajet.282
- Jen T., Yeh, Y., Hsu, T., Wu, H. y Chen, K. (2016). Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education*, 95, 45-62. DOI:http://dx.Doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.009
- Johnson, L. y Becker, S. (2016). *NMC Horizon Report: 2016. Higher Education Edition*. Austin. Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams, S., Estrada, V., y Freeman, A. (2014). *The NMC horizon report: 2014 higher education edition*. Austin, TX: The New Media Consortium.
- Kerlinger, F. y Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en las ciencias sociales*. México: McGraw-Hill.
- Khine, M., Ali, N. y Afar, E. (2015). Exploring relationships among TPACK constructs and ICT achievement among trainee teachers. *Education Information Technology*, 20, 241-263. DOI: 10.1007/s10639-016-9507-8
- Koehler, J., y Mishra, P. (2008). Introducing technological pedagogical knowledge. En AACTE (Eds.), *The handbook of technological pedagogical content knowledge for educators* (pp. 3-28). New York: Routledge for the American Association of Colleges of Teacher Education. Routledge: Taylor & Francis Group.

- Koehler, M., Shin, T. S., y Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK: Let me count the ways. En R. Ronau, R. Rakes, & M. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 16-31). Hershey, PA: IGI Global.
- Lévy, J. (2006). *Modelización con estructuras de covarianzas en ciencias sociales: temas esenciales, avanzados y aportaciones especiales*. Coruña: Netbiblo.
- Liu, S. (2013). Exploring the instructional strategies of elementary school teachers. *International Education Studies*, 6 (11), 58-68. DOI:10.5539/ies.v6n11p58
- Maderick, J. (2013). *Validity of Subjective Self-Assessment of Digital Competence Among Undergraduate Preservice Teachers*. UNLV Theses/Dissertations/Professional Papers/Capstones. Paper 1941.
- Maher, D. (2013). Pre-service primary teachers' use of ipads to support teaching: Implications for teacher education. *Educational Research for Social Change (ERSC)*, 2, 48-63.
- Mishra, P., y Koehler, J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108, 1017-1054. DOI:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
- Morales, M., Trujillo, J., y Raso, F. (2015). Percepciones acerca de la integración de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Universidad. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 103-117. DOI:10.12795/pixelbit.2015.i46.07
- Mouza, C., Karchmer-Klein, R., Nandakumar, R., y Yilmaz, S. (2014). Investigating the impact of an integrated approach to the development of preservice teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 71, 206-221. DOI:10.1016/j.compedu.2013.09.020
- O'Dwyer, L. y Bernauer, J. (2014). *Quantitative research for the qualitative researcher*. California: Sage.
- Pamuk, S., Ergun, M., Cakir, R., Yilmaz, y Ayas, C. (2015). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Educational Information Technology*, 20, 241-263. DOI 10.1007/s10639-013-9278-4.
- Prendes, M. P., y Gutiérrez, I. (2013). Competencias tecnológicas del profesorado en las universidades españolas. *Revista de Educación*, 361, 196-222. DOI:10.4438/1988-592X-RE-2011-361-140.
- Rangel, A., y Peñalosa, E. (2013). Alfabetización digital en docentes de educación superior: construcción y prueba empírica de un instrumento de evaluación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 43, 9-23. DOI:10.12795/pixelbit.2013.i43.0



- Raubenheimer, J.E. (2004). An item selection procedure to maximize scale reliability and validity. *South African Journal of Industrial Psychology*, 30 (4), 59-64.
- Roblizo, M. y Cózar, R. (2015). Usos y competencias en TIC en los futuros maestros de educación infantil y primaria: hacia una alfabetización tecnológica real para docentes. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 47, 23-39. DOI:10.12795/pixelbit.2015.i47.02
- Roig, R. y Flores, C. (2014). Conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinario del profesorado: el caso de un centro educativo inteligente. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 47. Recuperado de [http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec47/n47\\_Roig-Flores.html](http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec47/n47_Roig-Flores.html)
- Rosario, H., y Vázquez, L. (2012). Formación del docente universitario en el uso de TIC. Caso Universidades públicas y privadas (Universidad de Carabobo y Universidad Metropolitana). *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 163-171.
- Schmidt, D., Baran, E, Thompson, A., Mishra, P., Koehler, M., y Shin, T. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42, 2, 123-149.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14. DOI:10.3102/0013189X015002004
- Sierra, J.C., Santos-Iglesias, P, Vallejo-Medina, P. y Moyano, N. (2014). *Autoinformes como instrument de evaluación en sexología clínica*. Madrid: Síntesis.
- Stewart, J., Antonenko, P., Shane, J. y Muravita, (2013). Interpersonal factors affecting Technological pedagogical content knowledge of Agricultural Education. *Journal of Agricultural Education*, 54 (3), 157-170. DOI: 10.5032/jae.2013.03157
- Vera, J. A., Torres, L. E., y Martínez, E. E. (2014). Evaluación de competencias básicas en TIC en docentes de educación superior en México. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 44, 143-155. DOI:10.12795/pixelbit.2014.i44.10
- Young, J. R., Young, J. L., y Hamilton, C. (2013). The use of confidence intervals as a meta-analytic lens to summarize the effects of teacher education technology courses on preservice teacher TPACK. *Journal of Research on Technology in Education*, 46, 149-172. DOI:10.1080/15391523.2013.10782617
- Zelkowski, J., Gleason, J., Cox, D. C., y Bismarck, S. (2013). Developing and validating a reliable TPACK instrument for secondary mathematics preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 46, 173-206. DOI:10.1080/15391523.2013.10782618

**Cómo citar este artículo:**

Cabero-Almenara, J., Pérez- Díez de los Ríos, J.L. y Llorente-Cejudo, C. (2018). Modelo de ecuaciones estructurales y validación del modelo de formación tpack: estudio empírico. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 22(4), 353-376. DOI:10.30827/profesorado.v22i4.8420