

3

ESTIMACIÓN DEL NOMOGRAMA

ILUSTRACIÓN DEL CASO PRÁCTICO: ESTIMACIÓN DEL NOMOGRAMA PLS (FASE 4)

A lo largo del libro, vamos a utilizar una única base de datos y el software SmartPLS 4 (Ringle, Wende y Becker, 2022) para ilustrar y explicar PLS-SEM. La base de datos representativa proviene de una investigación sobre la interacción entre la reputación corporativa, la satisfacción del consumidor y en última instancia, la lealtad del consumidor, tal y como se presentó en el Capítulo 2. Tanto la base de datos (*i.e.*, el archivo *Corporate reputation data.csv*) como el proyecto de SmartPLS listo para usar (*i.e.*, el archivo *Corporate Reputation.zip*) para este ejemplo ilustrativo, están disponibles en <https://www.pls-sem.net>.

Estimación del modelo

Para estimar el modelo de reputación corporativa en SmartPLS, se necesita crear un nuevo proyecto, importar los datos de los indicadores (*i.e.*, *Corporate reputation data.csv*) y, dibujar un modelo como en el ejemplo que hemos explicado en el Capítulo 2. Otra opción es importar el proyecto SmartPLS desde una copia de seguridad (*i.e.*, *Corporate Reputation.zip*). El procedimiento para importar proyectos en el software SmartPLS y para abrir un modelo se explican en el Capítulo 2 (*i.e.*, usted ve el nomograma PLS en el programa).

Para estimar el nomograma PLS, puede que desee ajustar el modo de estimación de los pesos externos empleados para el cálculo las puntuaciones de los constructos. La configuración por defecto para calcular las puntuaciones de los constructos es Modo A para modelos de medida reflectivos y Modo B para los formativos. No obstante, al hacer doble clic en una variable latente, se abre un cuadro de diálogo que le permite cambiar esta configuración predeterminada. Sin embargo, rara vez es necesario ajustar la configuración que viene dada por defecto.

A continuación, necesita ir a *Calcular Algoritmo* → *PLS-SEM*, lo cual se encuentra en la parte superior de la pantalla del SmartPLS. De manera alternativa, usted puede pinchar con el botón izquierdo del ratón en el símbolo de la rueda de la barra de herramientas denominada *Calcular* y, a continuación, seleccione el *Algoritmo PLS-SEM*.

SmartPLS abre un cuadro de dialogo que le permite configurar los ajustes del algoritmo (Figura A3.1). Asegúrese de conservar la configuración del esquema de ponderación usada por defecto seleccionando *camino (path)* (i.e., el esquema de ponderación *path*; las alternativas *Factor* y *PCA* representan casos especiales que, por lo general, no se aplican). A continuación, puede seleccionar el *Tipo de resultados* que debe generar el Algoritmo PLS-SEM. Aunque en la mayoría de los casos el análisis debe producir resultados de tipo *Estandarizado*, en algunos contextos de investigación puede ser necesario proporcionar resultados de tipo *No estandarizado* y *Centrado en la media*. Por ejemplo, los resultados no estandarizados facilitan la interpretación en el sentido de que los resultados del modelo estructural pueden interpretarse en términos de cambios en los valores del constructo (en lugar de desviación estándar). No obstante, esta configuración solo es adecuada cuando todos los indicadores se miden en la misma escala (p. ej., una escala Likert de 7 puntos). SmartPLS utiliza 1,0 como valor por defecto para iniciar el algoritmo PLS-SEM para todas las relaciones del modelo de medida. Alternativamente, se puede configurar un peso concreto para todos los indicadores en el modelo. Al seleccionar la opción *Individual* en el cuadro desplegable *Peso inicial*, puede cambiar el peso de cada indicador en la lista que se abre a continuación. Para cambiar el peso de todos los indicadores a la vez introduzca un peso en el cuadro *Min* situado debajo de la lista y, después, pinche en el botón *Aplicar a todos los indicadores*. Si desea volver al peso inicial de los indicadores debe hacer clic en el botón *Restablecer*. En este ejemplo, utilizamos los ajustes que vienen dados por defecto, como se muestra en la Figura A3.1.

A continuación, haga clic en la pestaña *Datos* en la parte superior del cuadro de diálogo (Figura A3.2). En el cuadro de diálogo que se abre, se puede seleccionar el tratamiento de valores perdidos (*Algoritmo de valor perdido*) y el *Vector de ponderación*, así como los *Grupos de datos* que se analizarán, siempre y cuando se hayan definido antes.

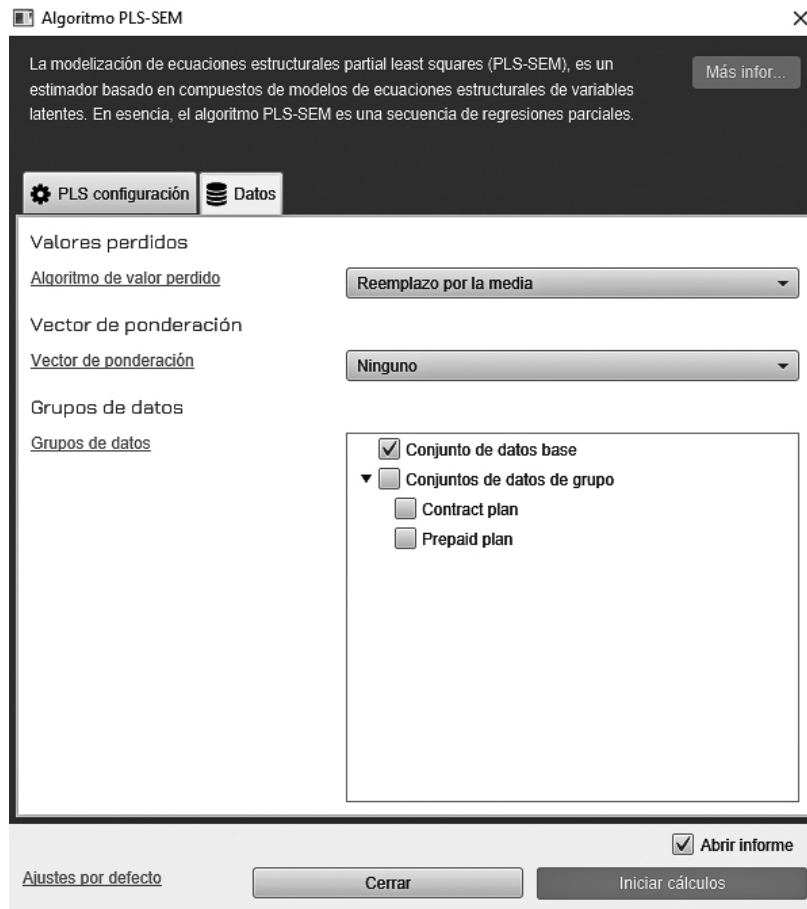
En cuanto al tratamiento de los valores perdidos, ninguno de los indicadores del modelo simple tiene más de un 5% de valores perdidos (específicamente, el número máximo de valores perdidos [cuatro valores perdidos; 1,16%] está en *cusl_2*; véase el Capítulo 2). Así, utilice la opción de reemplazo por la media seleccionando la opción correspondiente. SmartPLS también permite definir *Grupos de datos* en la *vista de datos*, tal como se explica en el Capítulo 2. A continuación, puede seleccionar estos grupos de datos para realizar análisis PLS-SEM específicos de estos grupos y un análisis multigrupo (MGA), los cuales se explican en detalle en el libro sobre temas avanzados de PLS-SEM (Hair, Ringle, Sarstedt y Gundergan, 2024).

Figura A.3.1 ■ Configuración del Algoritmo PLS



En *Vector ponderación*, se puede especificar una variable de ponderación que asigne diferentes pesos a cada una de las variables en el proceso de estimación para compensar los posibles desequilibrios en la estructura de la muestra (en comparación con la población de interés). En el ejemplo de reputación corporativa, no especificamos ninguna variable de ponderación, por lo que podemos mantener la configuración por defecto *Ninguno*. Antes de iniciar la estimación del modelo, asegúrese de marcar la casilla *Abrir informe* en la esquina inferior del cuadro de diálogo. A continuación, haga clic en *Iniciar cálculos*. SmartPLS calcula los resultados para un número máximo de 3.000 iteraciones y un criterio de para de $1,0E-7$ (*i.e.*, 0,0000001). Estos ajustes no se pueden cambiar en SmartPLS 4.

Figura A3.2 ■ Cuadro de diálogo de los valores perdidos



En ocasiones, el algoritmo no se inicia y aparece un mensaje que indica un problema de *Matriz de datos singular*. Existen dos posibles razones detrás de este problema. En primer lugar, puede que un indicador sea una constante (*i.e.*, el indicador tiene el mismo valor, por ejemplo “1”, para todas las respuestas) y entonces tenga una varianza de cero. En segundo lugar, puede que un indicador se haya introducido dos veces o sea una combinación lineal de otro (p. ej., un indicador múltiplo de otro, como los son las ventas en unidades y las ventas en miles de unidades). Bajo estas circunstancias, PLS-SEM no puede estimar el modelo, y el investigador tiene que modificar el modelo de medida excluyendo el (los) indicador(es) problemático(s).

Resultados de la estimación

Tras la convergencia, SmartPLS abre por defecto el informe de resultados, en el cual se muestra la salida gráfica con las estimaciones del modelo en la ventana principal. En el lado izquierdo de la ventana, puede encontrar una lista con los diferentes resultados clasificados en cinco categorías:

1. *Gráfico*
2. *Resultados finales*
3. *Criterios de calidad*
4. *Algoritmo*
5. *Modelo y datos.*

Por ejemplo, en *Resultados finales* se encuentran las tablas de *Cargas externas* y *Pesos externos*. Es importante destacar que los resultados para las cargas externas y los pesos externos son calculados por el software para todos los posibles modelos de medida, sin importar si son reflectivos o formativos. Si se tienen modelos de medida reflectivos, se interpretan los resultados de las cargas externas. Por el contrario, si los modelos de medida son formativos, entonces se interpretan principalmente los resultados de los pesos externos (mediante las cargas externas también se pueden evaluar modelos de medida formativos; véase el Capítulo 5). El informe que se proporciona por defecto aporta otros menús de resultados, de los cuales inicialmente es interesante el de *Cambios en el criterio de parada* en el *Algoritmo*. Aquí podemos ver el número de iteraciones que ha ejecutado el algoritmo PLS-SEM. En capítulos posteriores, discutiremos estos y otros menús del informe de resultados.

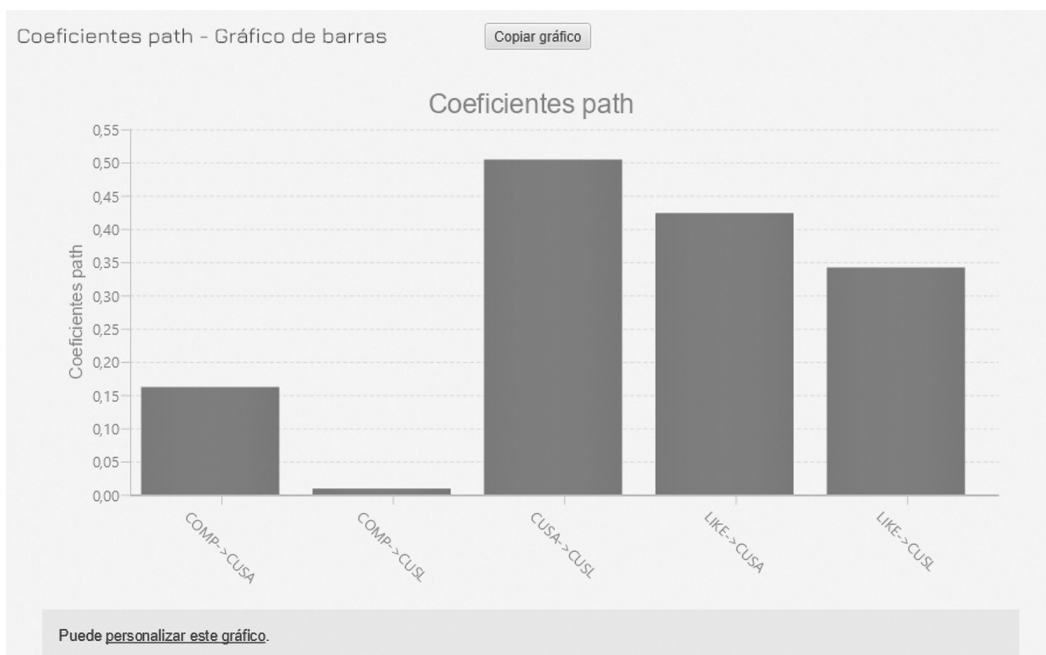
La figura A3.3 muestra el informe de resultados para los coeficientes *path* en formato de matriz. La tabla se lee de las filas a columnas. Por ejemplo, el valor 0,504 en la fila *CUSA* y la columna *CUSL* es el coeficiente de *path* estandarizado de la relación entre *CUSA* y *CUSL*. El informe de resultados para los coeficientes de *path* también está disponible en formato de lista haciendo clic en *Coefficientes path* → *Lista* (Figura A3.4). Pinchando en *Coefficientes path* → *Gráfico de barras* se abre un gráfico de barras (Figura A3.5), en el cual se pueden visualizar los coeficientes *path* para cada relación del modelo. La altura de cada barra representa la fuerza de la relación, la cual se muestra al pie de cada barra. Para personalizar el gráfico de barras haga clic en el botón de información *personalizar este gráfico* en la barra horizontal amarilla debajo del gráfico.

Figura A.3.3 ■ Informe de coeficientes *path* (formato de matriz)

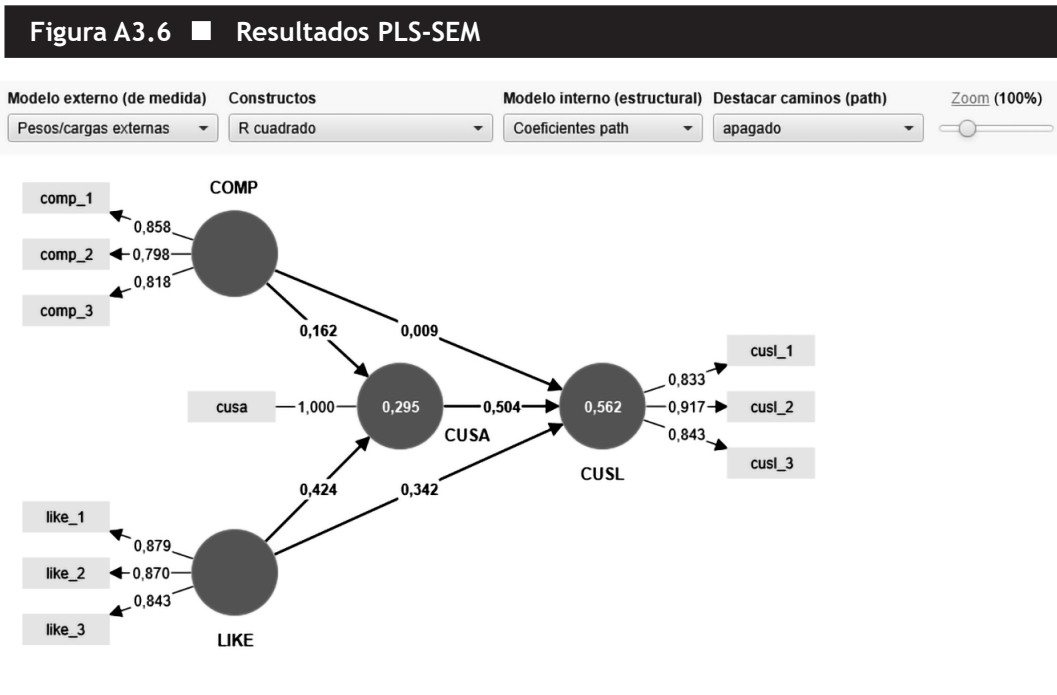
	COMP	CUSA	CUSL	LIKE
COMP		0,162	0,009	
CUSA			0,504	
CUSL				
LIKE		0,424	0,342	

Figura A3.4 ■ Informe de coeficientes *path* (formato de lista)

	Coeficientes path
COMP → CUSA	0,162
COMP → CUSL	0,009
CUSA → CUSL	0,504
LIKE → CUSA	0,424
LIKE → CUSL	0,342

Figura A3.5 ■ Informe de coeficientes *path* (gráfico de barras)

La *Salida gráfica* ofrece una primera visión general de los resultados. Inicialmente, SmartPLS proporciona tres resultados clave: (1) las cargas externas y/o los pesos externos para los modelos de medida, (2) los coeficientes *path* para las relaciones del modelo estructural, y (3) los valores R^2 de los constructos endógenos *CUSA* y *CUSL* (Figura A3.6).



Los resultados del modelo estructural nos permiten determinar, por ejemplo, que *CUSA* tiene el mayor efecto en *CUSL* (0,505), seguido de *LIKE* (0,342) y *COMP* (0,009). Es más, los tres constructos explican el 56,2% de la varianza del constructo endógeno *CUSL* ($R^2 = 0,562$), como viene indicado por el valor en el círculo. *COMP* y *LIKE* también explican conjuntamente el 29,5% de la varianza de *CUSA* ($R^2 = 0,295$). Además de examinar los tamaños de los coeficientes *path*, debemos determinar también si son estadísticamente significativos. Basándonos en sus magnitudes, podríamos decir que las relaciones *CUSA* → *CUSL* y *LIKE* → *CUSL* son significativas. Pero parece poco probable que la relación *path* hipotetizada *COMP* → *CUSL* (0,009) sea significativa. Como regla general, para muestras de hasta 1.000 observaciones, los coeficientes *path* con valores estandarizados por encima de 0,20 suelen ser significativos, y aquellos con valores por debajo de 0,10 suelen ser no significativos. No obstante, antes de realizar declaraciones definitivas sobre la importancia de un coeficiente *path* se requiere determinar el error estándar de las estimación del coeficiente, lo cual es parte de la evaluación de resultados del modelo estructural más detallado que se aborda en el Capítulo 6.

SmartPLS ofrece más opciones para mostrar los resultados de estimación en la parte superior de la *Salida gráfica*. Ahí, puede usted cambiar entre diferentes tipos de estimaciones de parámetros para los constructos, el *modelo interno (estructural)* y el *modelo externo (de medida)*. Por ejemplo, pinchando en la lista debajo de *Constructos*, usted puede cambiar entre los estadísticos de *Alfa de Cronbach*, *Fiabilidad compuesta (rbo_A)*, *Fiabilidad compuesta (rbo_C)*, *R cuadrado*, *R cuadrado ajustado* y *Varianza extraída media (AVE)*, los cuales serán analizados en posteriores capítulos. Dependiendo de la configuración seleccionada, SmartPLS mostrará el

estadístico correspondiente en el centro del constructo de la *Salida gráfica*. Tenga presente que también puede pinchar con el botón izquierdo del ratón en el menú para seleccionarlo, y luego usar las flechas de su teclado hacia arriba y hacia abajo para cambiar rápidamente entre la opción seleccionada para los *Constructos*. De manera similar, usted puede cambiar entre diferentes tipos de estimaciones de parámetros en el modelo interno o el modelo externo. Finalmente, al hacer clic en el cuadro desplegable debajo de *Destacar caminos (path)*, se pueden resaltar las relaciones estimadas en el modelo interno (*i.e.*, modelo estructural) y el modelo externo (*i.e.*, modelos de medida). En función de la magnitud de sus coeficientes estimados, los *path* aparecen representados por líneas más o menos gruesas.

Sobre la base de los coeficientes *path* estimados y su significación, se puede determinar si el modelo conceptual junto con las hipótesis teóricas, se sustentan empíricamente. Es más, examinando los tamaños relativos de cada una de las relaciones *path* significativas es posible hacer afirmaciones sobre la importancia relativa de cada una de las variables latentes exógenas a la hora de predecir una variable latente endógena. En nuestro ejemplo, tanto *CUSA* como *LIKE* son predictores moderadamente fuertes de *CUSL*, mientras que *COMP* no predice *CUSL*.