

Introducción a los Modelos de Ecuaciones
Estructurales (CBSEM)

Joaquín Aldás-Manzano

Universitat de València

 joaquin.aldas@uv.es



Doctorado Interuniversitario en Marketing

Introducción

Joaquín Aldás Manzano

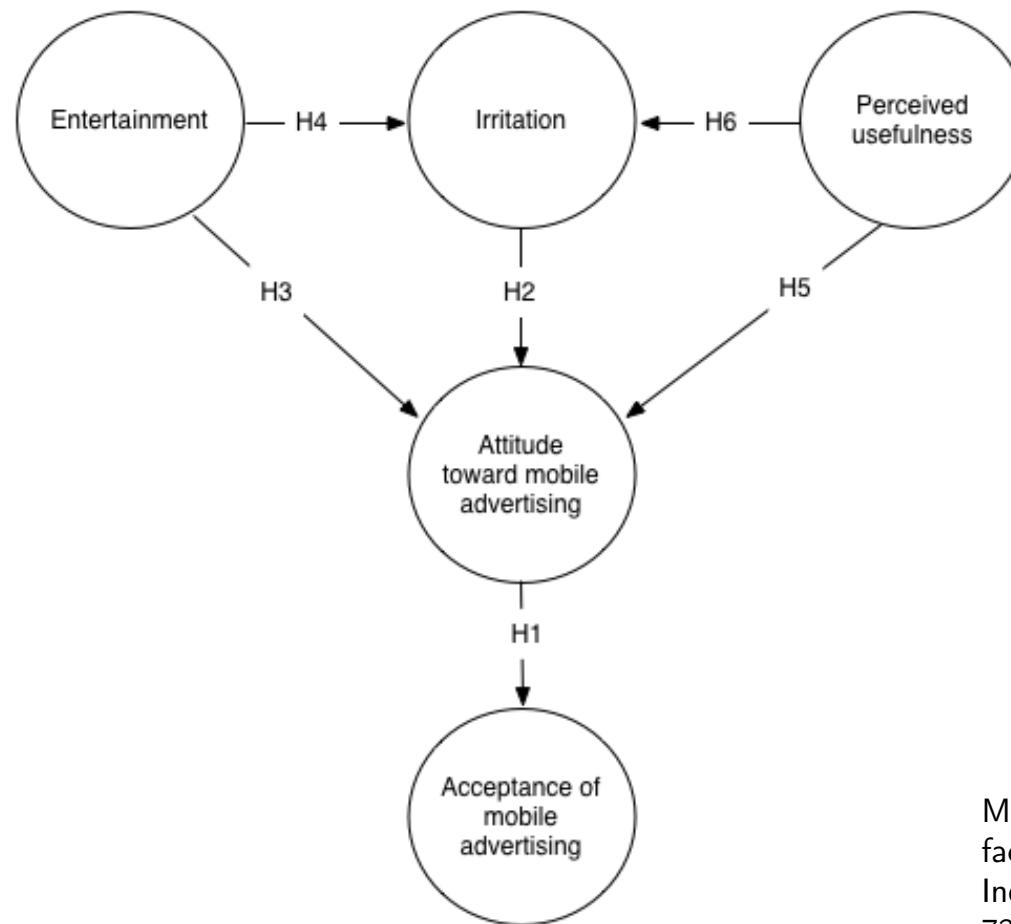
Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)



- Los **modelos de ecuaciones estructurales** se han convertido en una de las herramientas más utilizadas en la investigación en ciencias sociales.
- Las **razones** principales cabe buscarlas en:
 - ▶ Fusión de la tradición econométrica basada en la predicción con
 - ▶ El enfoque psicométrico que utiliza variables latentes (no observadas) medidas a partir de múltiples variables observadas (indicadores o variables manifiestas)
- Este enfoque híbrido permite:
 - ▶ Incorporar a los modelos explicativos variables muy complejas conceptualmente
 - ▶ Examinando varias relaciones de dependencia interrelacionadas de manera simultánea
 - ▶ Con capacidad para predecir múltiples variables dependientes
- Han coexistido dos enfoques para abordar la modelización estructural:
 - ▶ Enfoque basado en covarianzas (CBSEM) mediante programas del tipo: EQS, Lisrel, AMOS, SAS Calis, Lavaan (R)
 - ▶ Enfoque basado en varianzas: PLSPM-SEM: SmartPLS, PLS-Graph, Spad-PLS

Ejemplo de un modelo estructural



Martí, J.; Sanz, S.; Ruiz, C. y Aldás, J. (2013). Key factors of teenagers' mobile advertising acceptance. Industrial Management and Data Systems, 113 (3), pp. 732-749

Ejemplo de un modelo estructural

Martí, J.; Sanz, S.; Ruiz, C. y Aldás, J. (2013). Key factors of teenagers' mobile advertising acceptance. *Industrial Management and Data Systems*, 113 (3), pp. 732-749

	Attitude	I like mobile advertising I think mobile advertising is an interesting thing I think mobile advertising is a good idea Mobile advertising seems something positive to me	Taylor and Todd (1995)
	Acceptance	I feel positive about mobile advertising I am willing to receive mobile advertising messages in the future I would read all the mobile advertising messages I receive in the future	Merisavo <i>et al.</i> (2007)
	Entertainment	Mobile advertising is entertaining Mobile advertising is fun Mobile advertising is pleasant	Based on Tsang <i>et al.</i> (2004), Ducoffe (1996)
	Irritation	Mobile advertising is irritating Mobile advertising is deceptive Mobile advertising is confusing Mobile advertising is annoying	Based on Ducoffe (1996)
Table I. Measurement items and sources	Perceived usefulness	Through mobile advertising I receive timely information Through mobile advertising I receive exclusive information Mobile advertising saves me money Mobile advertising saves me time I can benefit from mobile advertising	Based on Karjaluoto <i>et al.</i> (2008), Bauer <i>et al.</i> (2005)

Doctorado Interuniversitario en Marketing

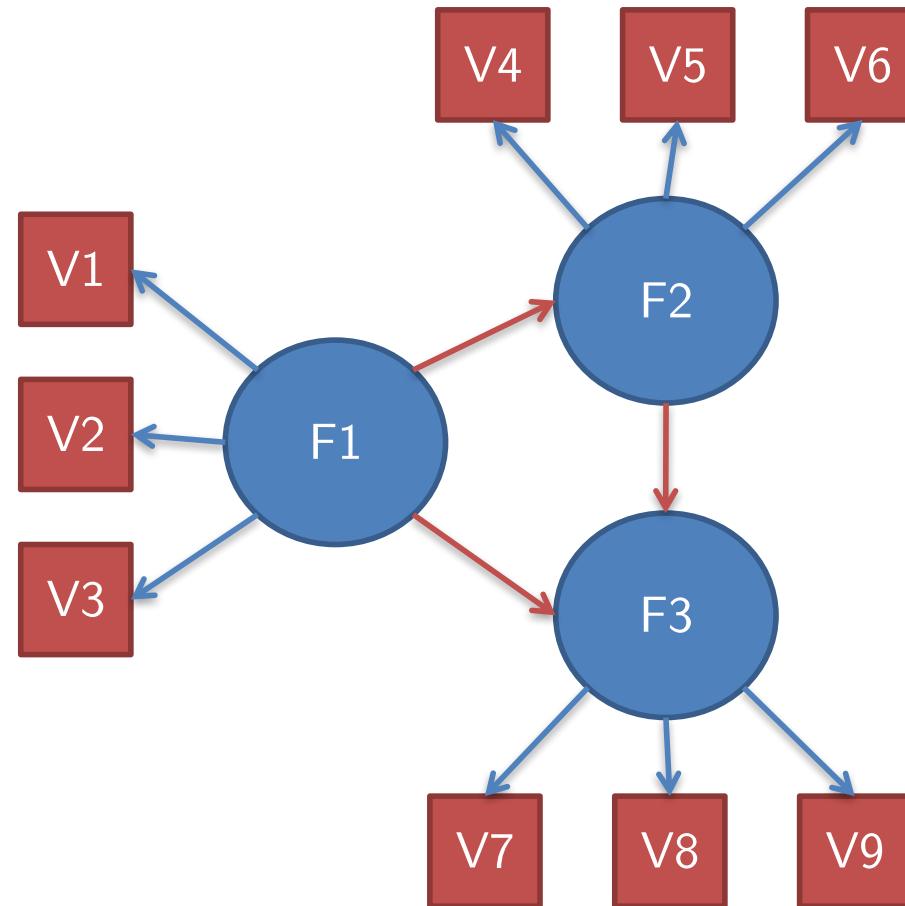
Estructura del seminario

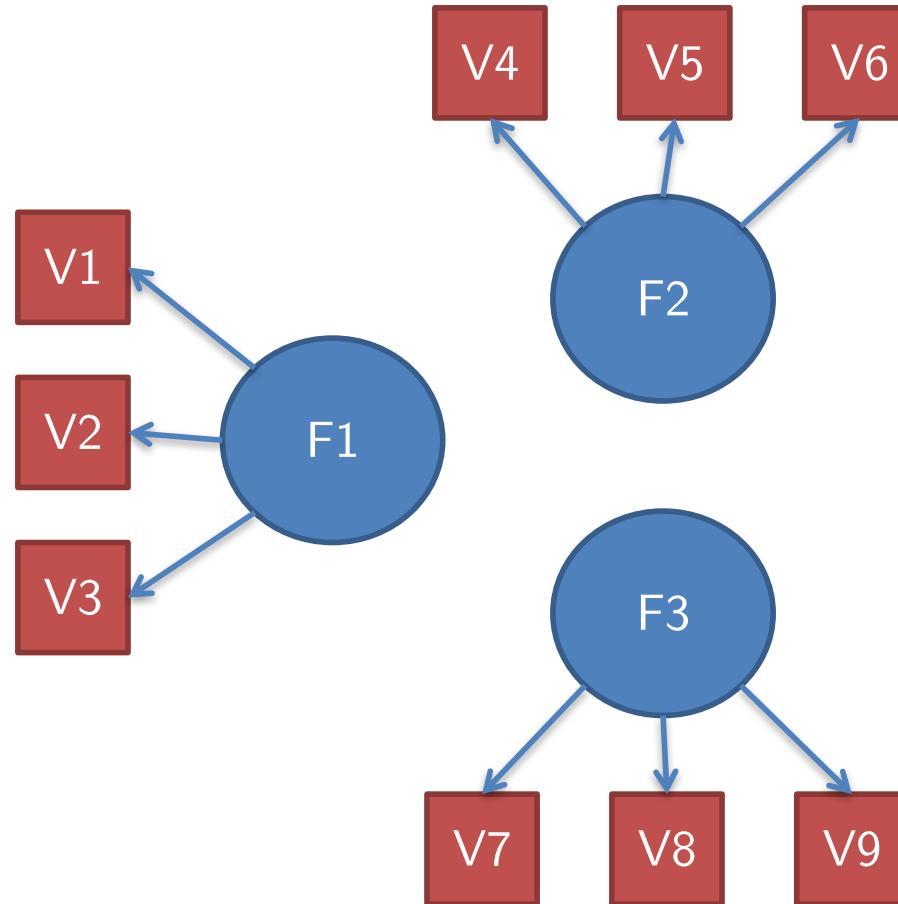
Joaquín Aldás Manzano

Universitat de València

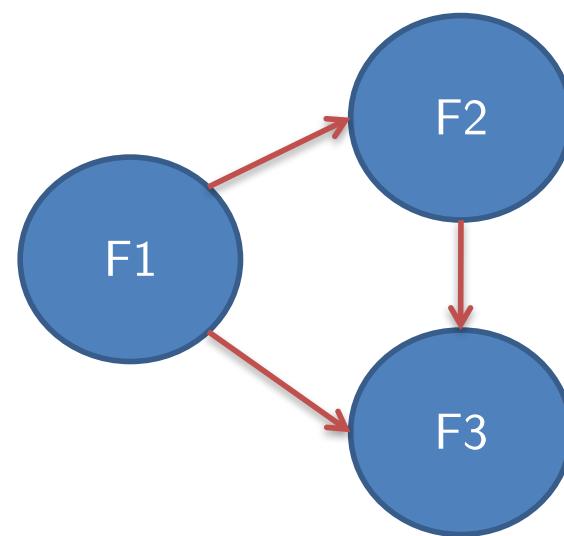
[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)



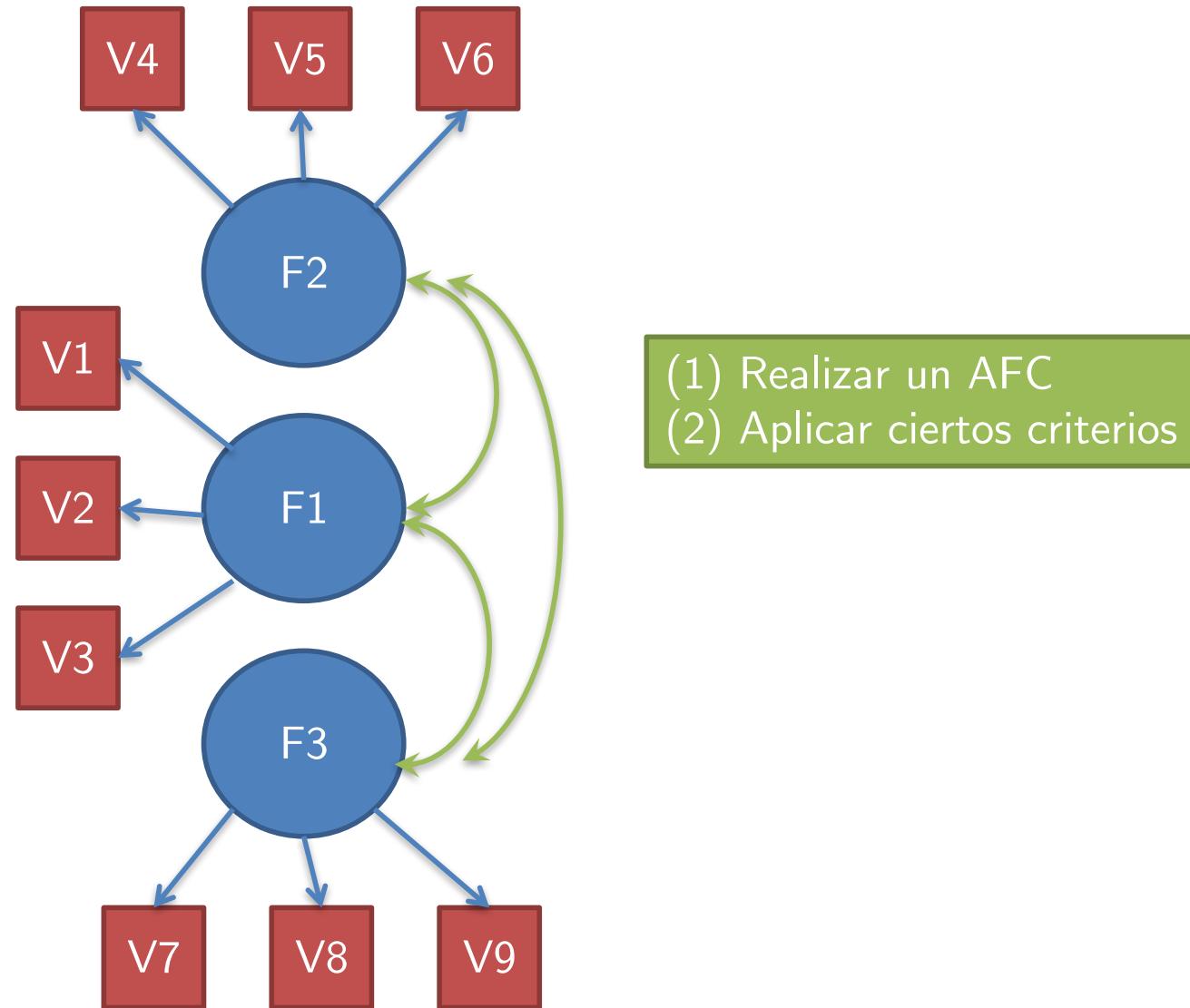


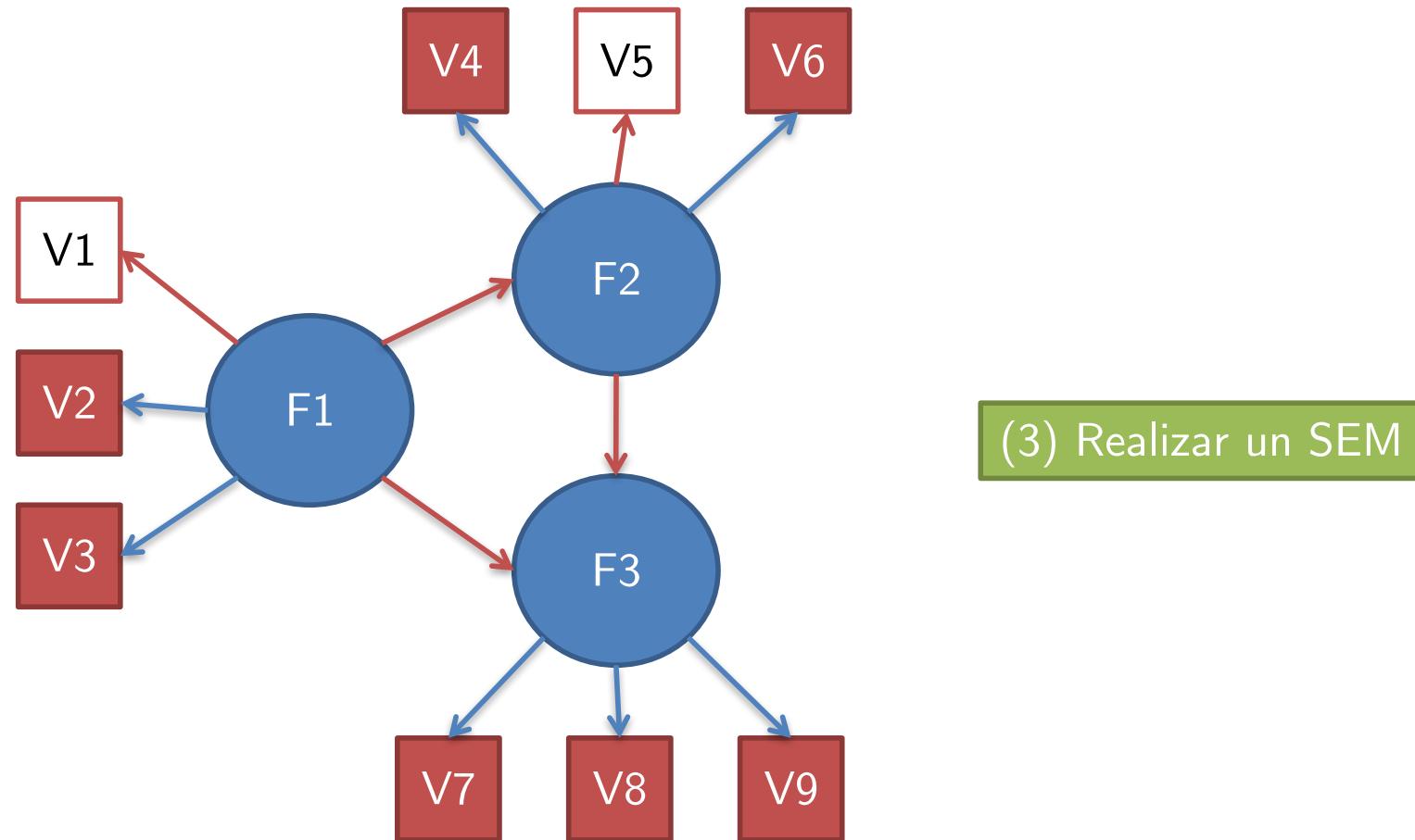


Parte estructural



Antes de estimar hay que validar el instrumento de medida





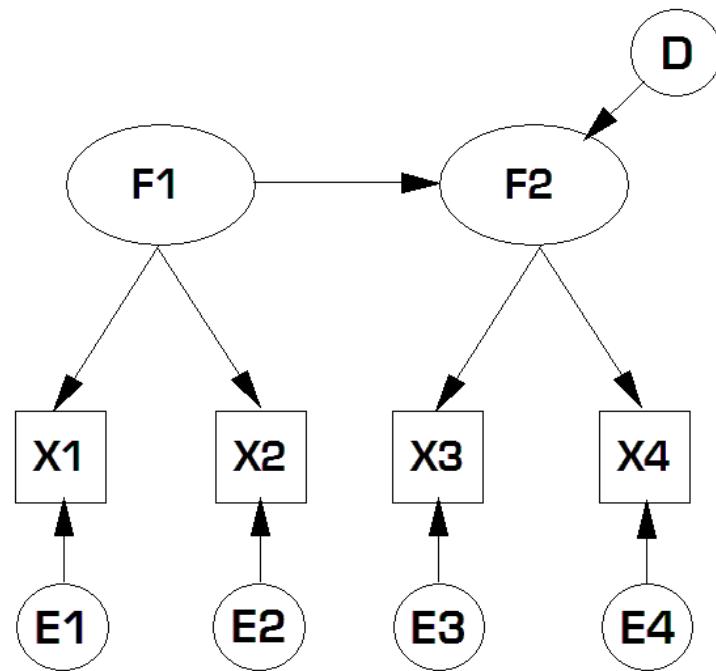
La lógica de los CBSEM

Joaquín Aldás Manzano

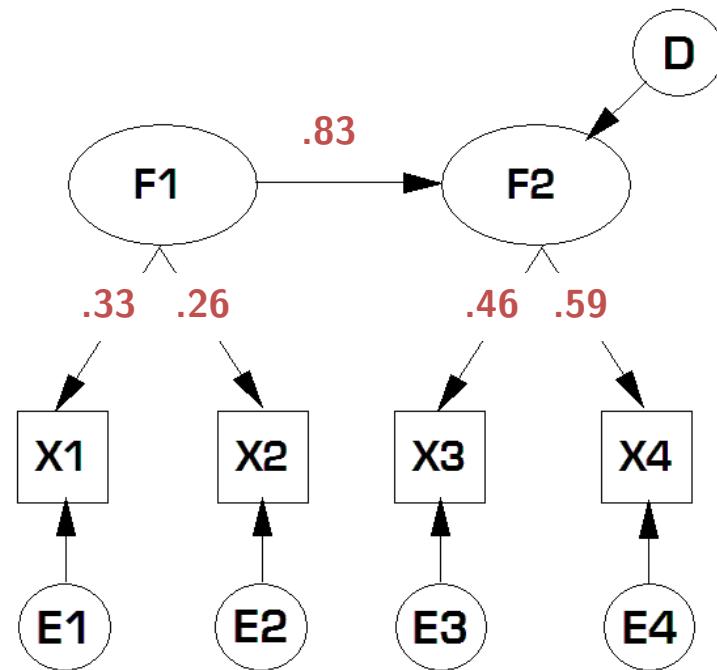
Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)





	X1	X2	X3	X4
X1	1.00			
X2	.087	1.00		
X3	.140	.080	1.00	
X4	.152	.143	.272	1.00



	X1	X2	X3	X4
X1	1.00			
X2	.087	1.00		
X3	.140	.080	1.00	
X4	.152	.143	.272	1.00

$$0.33 \times 0.26 = 0.085 \neq 0.087 = \rho_{X_1 X_2}$$

$$0.33 \times 0.86 \times 0.46 = 0.126 \neq 0.140 = \rho_{X_1 X_3}$$

$$Y = a + bX + e$$

$$Var(Y) = Var(a + bX + e)$$

$$Cov(X, Y) = Cov(X, a + bX + e)$$

...

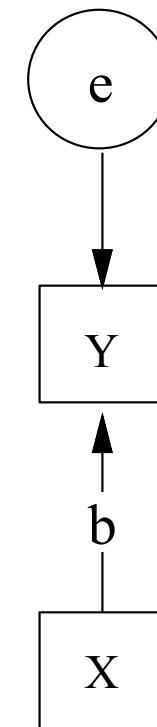
$$Var(Y) = b^2Var(X) + Var(e)$$

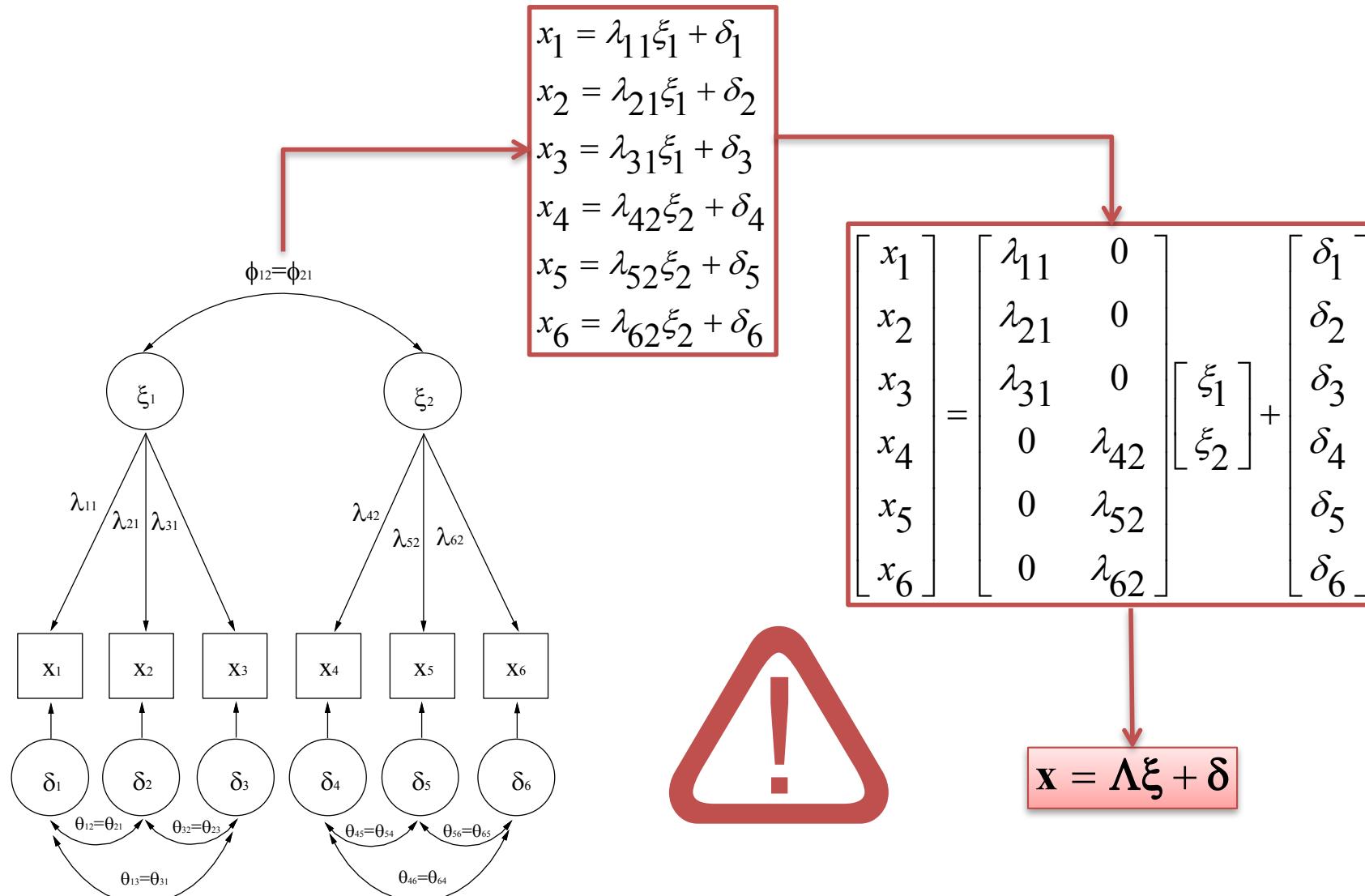
$$Cov(X, Y) = bVar(X)$$

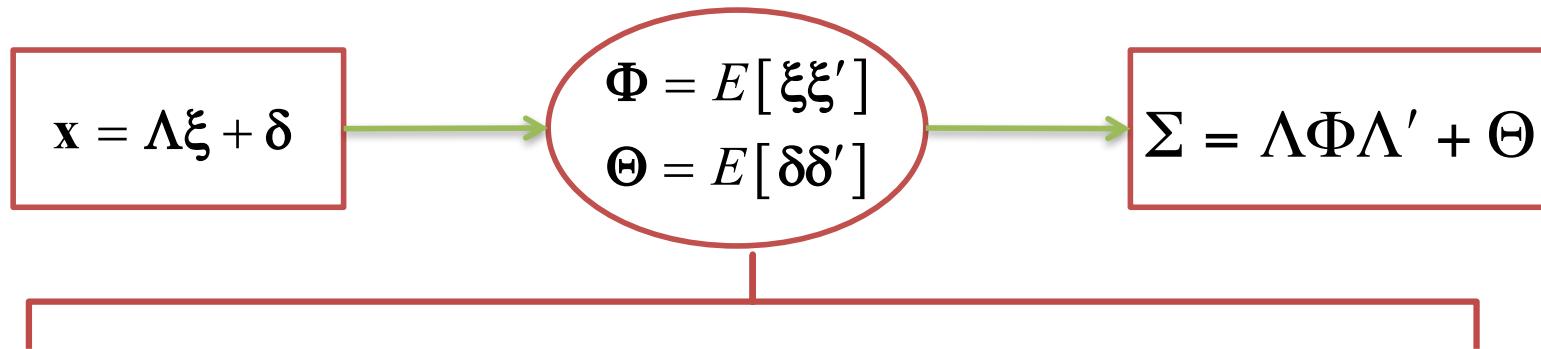
...

$$\begin{bmatrix} b^2Var(X) + Var(e) & bVar(X) \\ bVar(X) & Var(X) \end{bmatrix}$$

- Todo modelo teórico implica una matriz de varianzas y covarianzas teórica que contiene los parámetros a estimar







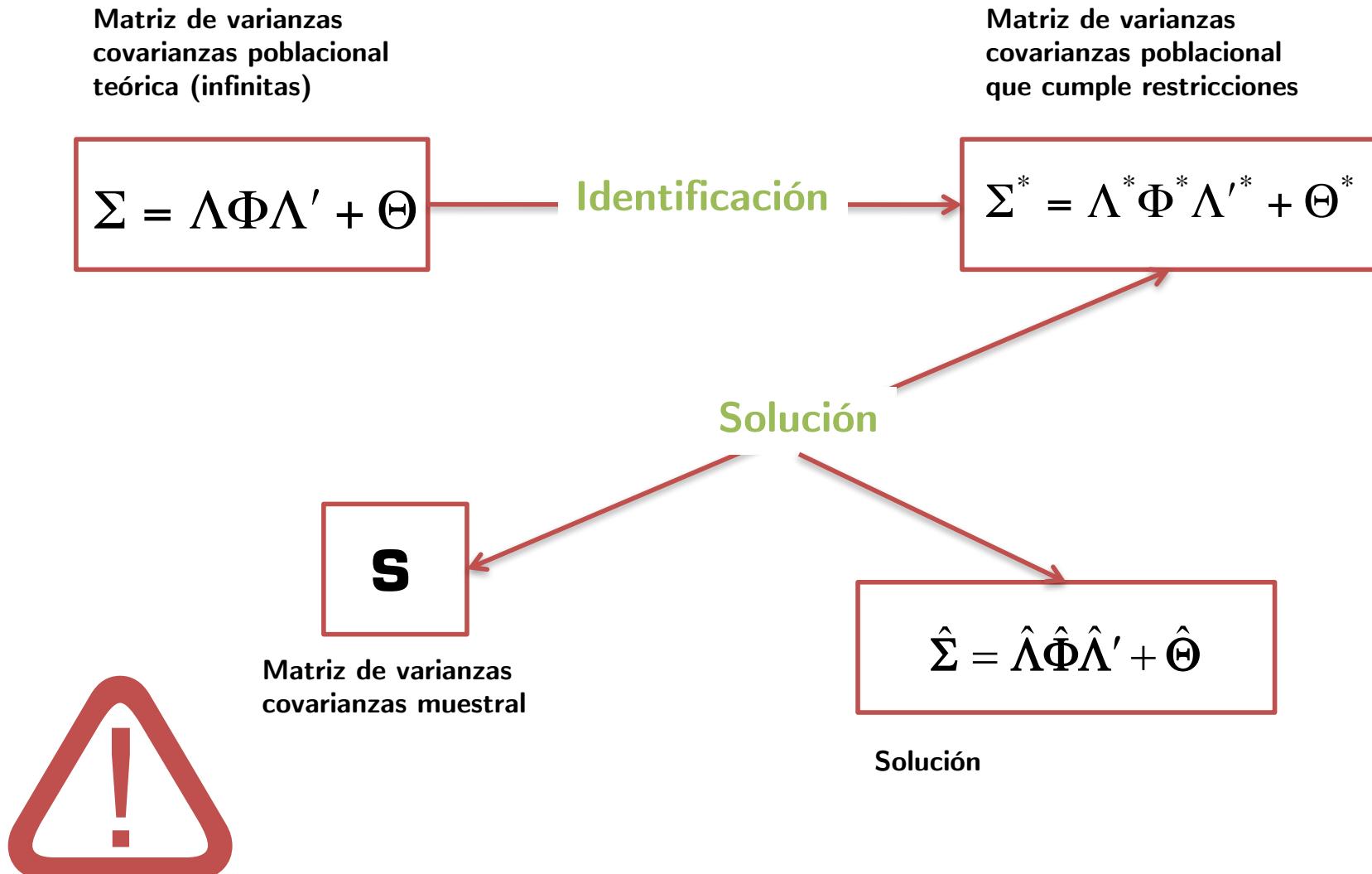
$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & \lambda_{42} \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix}; \quad \Phi = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{12} & \phi_{22} \end{bmatrix}; \quad \Theta = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} & 0 & 0 & 0 \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} & 0 & 0 & 0 \\ \theta_{31} & \theta_{32} & \theta_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \theta_{44} & \theta_{45} & \theta_{46} \\ 0 & 0 & 0 & \theta_{54} & \theta_{55} & \theta_{56} \\ 0 & 0 & 0 & \theta_{64} & \theta_{65} & \theta_{66} \end{bmatrix}$$



$$\Sigma = \begin{bmatrix} \lambda_{11}^2\phi_{11} + \theta_{11} & \lambda_{11}\lambda_{21}\phi_{11} + \theta_{12} & \lambda_{11}\lambda_{31}\phi_{11} + \theta_{13} & \lambda_{11}\lambda_{42}\phi_{21} & \lambda_{11}\lambda_{52}\phi_{21} & \lambda_{11}\lambda_{62}\phi_{21} \\ \lambda_{21}\lambda_{11}\phi_{11} + \theta_{21} & \lambda_{21}^2\phi_{11} + \theta_{22} & \lambda_{21}\lambda_{31}\phi_{11} + \theta_{23} & \lambda_{21}\lambda_{42}\phi_{21} & \lambda_{21}\lambda_{52}\phi_{21} & \lambda_{21}\lambda_{62}\phi_{21} \\ \lambda_{31}\lambda_{11}\phi_{11} + \theta_{31} & \lambda_{31}\lambda_{21}\phi_{11} + \theta_{32} & \lambda_{31}^2\phi_{11} + \theta_{33} & \lambda_{31}\lambda_{42}\phi_{21} & \lambda_{31}\lambda_{52}\phi_{21} & \lambda_{31}\lambda_{62}\phi_{21} \\ \lambda_{42}\lambda_{11}\phi_{12} & \lambda_{42}\lambda_{21}\phi_{12} & \lambda_{42}\lambda_{31}\phi_{12} & \lambda_{42}^2\phi_{22} + \theta_{44} & \lambda_{42}\lambda_{52}\phi_{22} + \theta_{45} & \lambda_{42}\lambda_{62}\phi_{22} + \theta_{46} \\ \lambda_{52}\lambda_{11}\phi_{12} & \lambda_{52}\lambda_{21}\phi_{12} & \lambda_{52}\lambda_{31}\phi_{12} & \lambda_{52}\lambda_{42}\phi_{22} + \theta_{54} & \lambda_{52}^2\phi_{22} + \theta_{55} & \lambda_{52}\lambda_{62}\phi_{22} + \theta_{56} \\ \lambda_{62}\lambda_{11}\phi_{12} & \lambda_{62}\lambda_{21}\phi_{12} & \lambda_{62}\lambda_{31}\phi_{12} & \lambda_{62}\lambda_{42}\phi_{22} + \theta_{64} & \lambda_{62}\lambda_{52}\phi_{22} + \theta_{65} & \lambda_{62}^2\phi_{22} + \theta_{66} \end{bmatrix}$$



$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 1.00 & & & & & \\ .493 & 1.00 & & & & \\ .401 & .314 & 1.00 & & & \\ .278 & .347 & .147 & 1.00 & & \\ .317 & .318 & .163 & .587 & 1.00 & \\ .284 & .327 & .179 & .463 & .453 & 1.00 \end{bmatrix}$$



Doctorado Interuniversitario en Marketing

Caso: Determinantes del compromiso

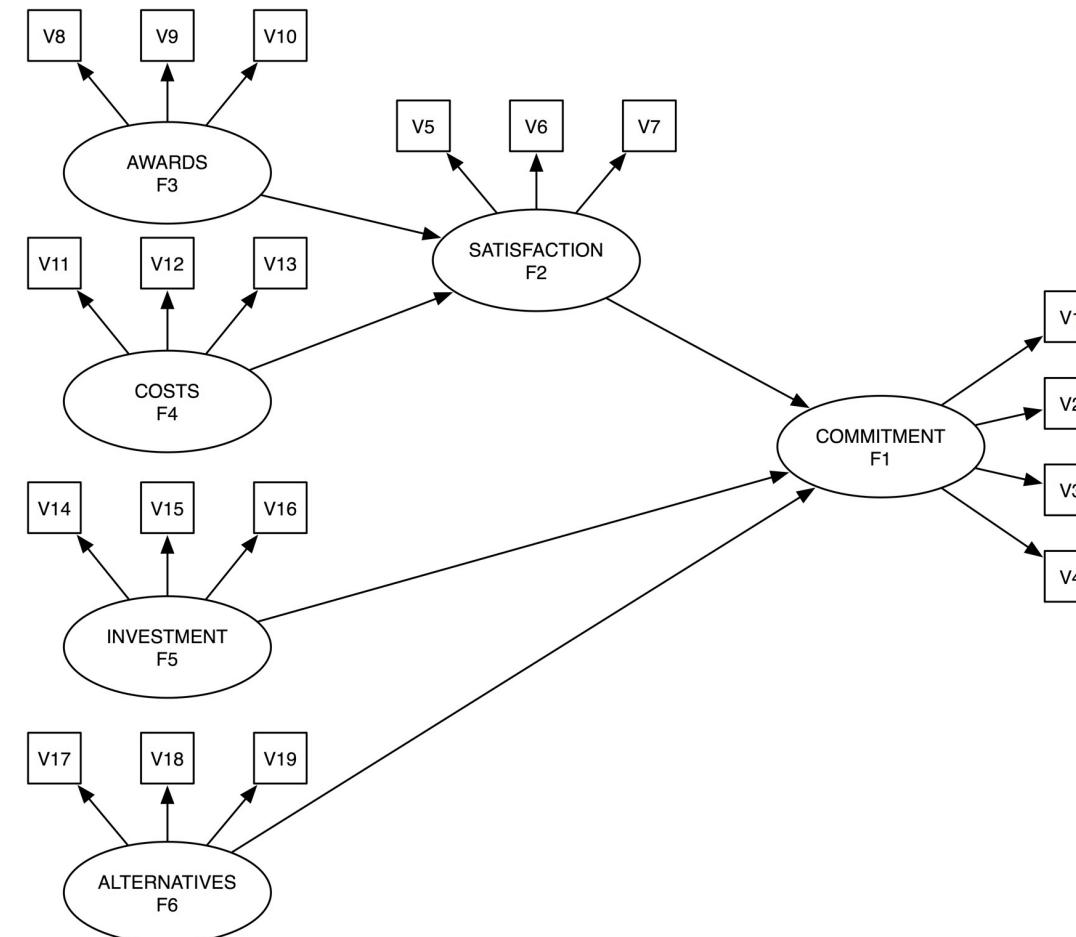
Joaquín Aldás Manzano

Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)



Modelo de determinantes del compromiso (Rusbult, 1980; Hatcher, 1994)



A. Realización de un CFA

1. Identificación del CFA
2. Estimación del CFA
3. Comprobación de la bondad del ajuste
4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida
 - Fiabilidad individual de cada constructo (alpha de Cronbach)
 - Fiabilidad compuesta de cada constructo (IFC)
 - Validez convergente (significatividad y tamaño de las cargas, AVE)
 - Validez discriminante (AVE vs. Correlación entre factores, test del intervalo de confianza)

B. Realización de un SEM

1. Identificación del SEM
2. Estimación del SEM
3. Comprobación de la bondad del ajuste
4. Interpretación de los resultados
5. ¿Reespecificación del modelo?

C. Presentación de resultados en un artículo

Doctorado Interuniversitario en Marketing

A. Realización de un CFA

Joaquín Aldás Manzano

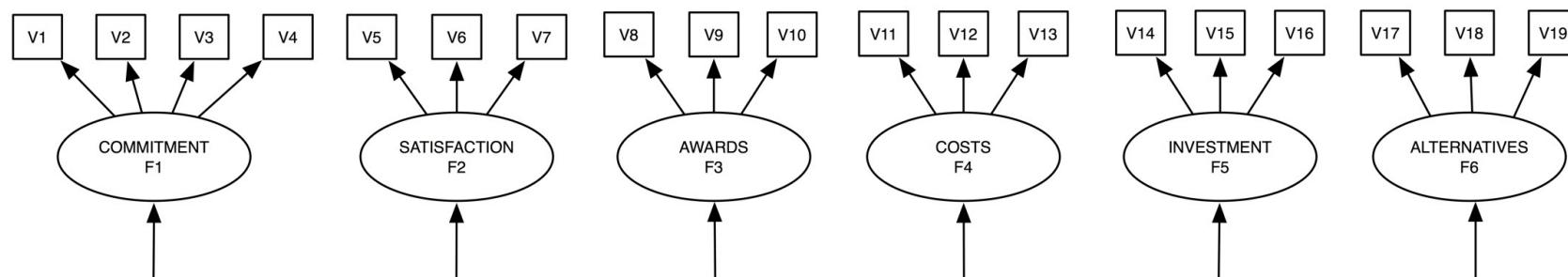
Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)



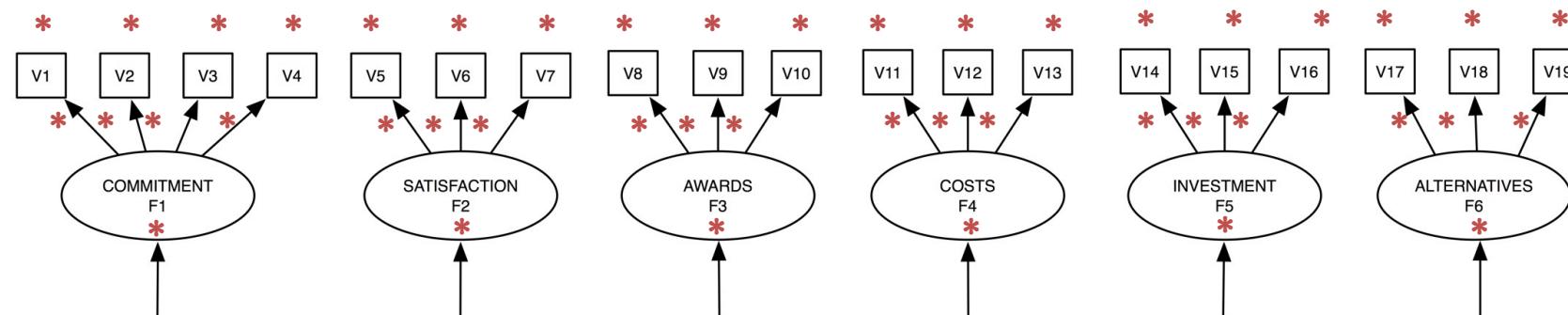
A. Realización de un CFA

Validez estimación del AFC del instrumento de medida (Rusbult, 1980; Hatcher, 1994)



Parámetros a estimar

- ▶ Varianzas de las variables latentes independientes (constructos y errores)
- ▶ Covarianzas entre los factores independientes
- ▶ Coeficientes de regresión (cargas factoriales, path de los términos de error)



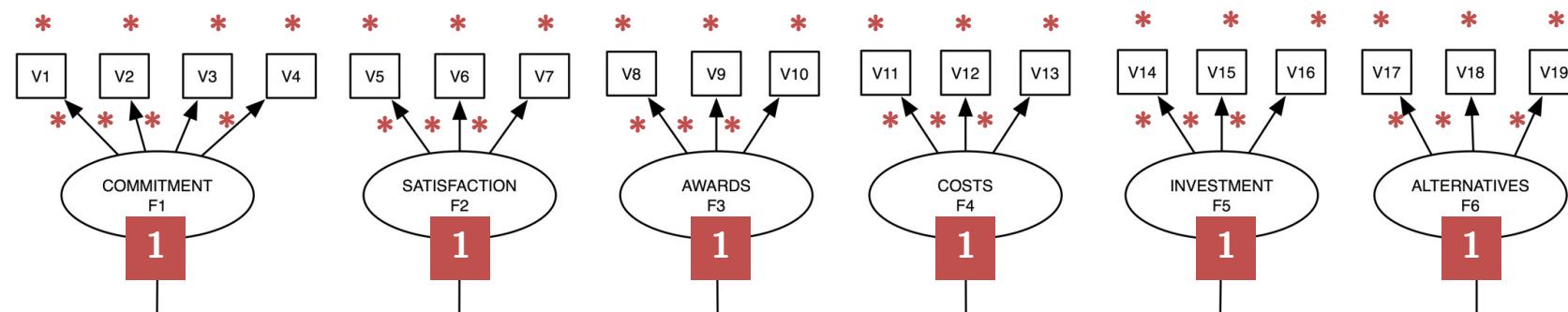
*15

A1. Identificación

- ¿Pueden los parámetros del modelo ser estimados de manera única?
 - ▶ Establecer una escala para los factores comunes (evitar la indeterminación entre varianza y cargas factoriales)
 - Fijar la carga factorial a 1 ó
 - Fijar la varianza a 1 (solo si el factor es independiente)
 - ▶ Comparar el número de datos con el número de parámetros que han de estimarse
 - Datos: varianzas-covarianzas muestrales: $q(q+1)/2$
 - Parámetros a estimar:
 - Covarianzas entre los factores comunes independientes
 - Varianzas de los factores comunes independientes
 - Coeficientes de regresión entre variables observadas y factores comunes
 - Varianzas de los errores

A1. Identificación

- **Identificación de escala**
- Establecer una escala para los factores comunes (evitar la indeterminación entre varianza y cargas factoriales)
 - ▶ Fijar la carga factorial a 1 ó
 - ▶ Fijar la varianza a 1 (solo si el factor es independiente)

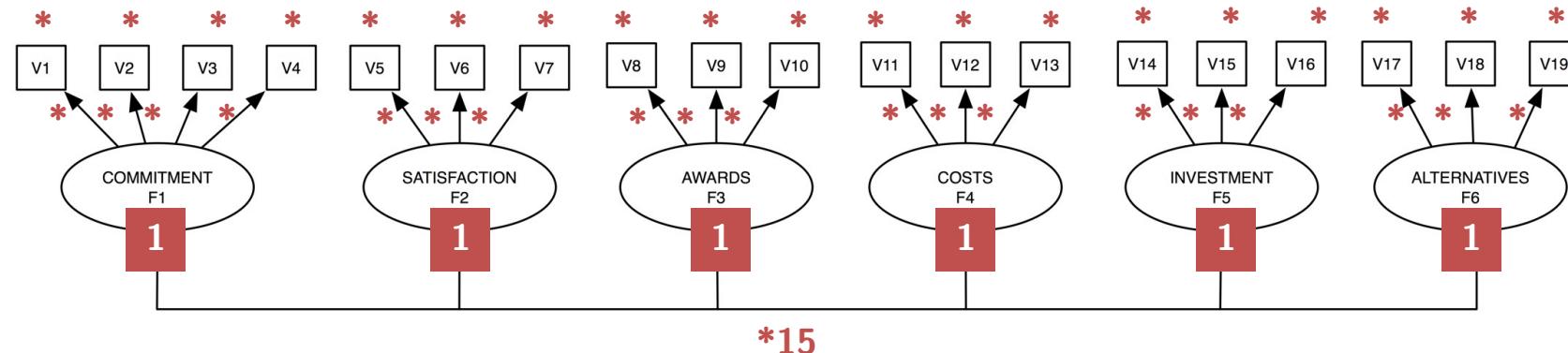


*15

$$Cov(X_1, X_3) = \lambda_{11} \cdot Var(\xi_1) \cdot \lambda_{13}$$

A1. Identificación

■ Comprobación de los grados de libertad



- Comparar el número de datos con el número de parámetros que han de estimarse
 - ▶ Datos: varianzas-covarianzas muestrales: $q(q+1)/2 = 19(20)/2 = 190$
 - ▶ Parámetros a estimar = 53
 - Covarianzas entre los factores comunes = 15
 - Varianzas de los factores comunes = 0
 - Coeficientes de regresión entre variables observadas y factores comunes = 19
 - Varianzas de los errores = 19
 - ▶ Grados de libertad: $190 - 53 = 137$

A. Realización de un CFA

Sintaxis con Lavaan (R)

```
library (lavaan)
library (semTools)
library (semPlot)

#Conversión del vector de correlaciones en una matriz que llamamos datos.cor
#Definimos el vector que llamamos x

x <- c(
1.000,
.734,1.000,
.819, .786,1.000,
.672, .732, .751,1.000,
.514, .362, .496, .471,1.000,
.534, .346, .452, .452, .713,1.000,
.522, .345, .507, .546, .720, .764,1.000,
.346, .293, .341, .294, .337, .375, .285,1.000,
.209, .147, .167, .214, .251, .306, .357, .390,1.000,
.349, .241, .287, .236, .282, .351, .304, .506, .492,1.000,
.051, .082, .005,-.038,-.161,-.166,-.117,-.091,-.055,-.063,1.000,
-.040, .013,-.057,-.090,-.189,-.150,-.190,-.102,-.036,-.018, .714,1.000,
-.029,-.012,-.066,-.023,-.110,-.101,-.083, .043, .055, .003, .379, .403,1.000,
.559, .428, .581, .485, .433, .451, .470, .305, .345, .333, .003,-.005, .043,1.000,
.434, .322, .454, .424, .472, .418, .415, .205, .231, .241,-.037, .007,-.062, .595,1.000,
.375, .326, .431, .311, .253, .256, .225, .157, .151, .140, .093, .022, .054, .457, .410,1.000,
-.141,-.075,-.145,-.275,-.300,-.282,-.305,-.198,-.200,-.188, .226, .216, .051,-.220,-.256,-.065,1.000,
-.135,-.184,-.154,-.266,-.192,-.184,-.204,-.158,-.133,-.243, .132, .119, .107,-.144,-.149,-.074, .529,1.000,
-.167,-.142,-.145,-.327,-.234,-.209,-.251,-.288,-.298,-.220, .147, .142, .076,-.179,-.202,-.083, .460,.572,1.000)

#Convertimos el vector x en la matriz datos.cor
datos.cor<-lav_matrix_lower2full(x)
```

A. Realización de un CFA

Sintaxis con Lavaan (R)

#Etiquetamos a las variables de la matriz

```
colnames(datos.cor) <- rownames(datos.cor) <- c(  
  "commitment.1", "commitment.2", "commitment.3", "commitment.4",  
  "satisfaction.1", "satisfaction.2", "satisfaction.3",  
  "awards.1", "awards.2", "awards.3",  
  "costs.1", "costs.2", "costs.3",  
  "investment.1", "investment.2", "investment.3",  
  "alternatives.1", "alternatives.2", "alternatives.3")
```

#Introducimos las desviaciones típicas SD

```
datos.sd <- c(  
  2.486, 2.909, 2.724, 2.926, 1.929, 2.113, 2.056, 1.417, 1.408, 1.724, 2.595, 2.691, 2.360, 2.102, 2.219, 1.874,  
  2.001, 1.966, 2.185)
```

#Etiquetamos los valores de las desviaciones típicas

```
names(datos.sd) <- c(  
  "commitment.1", "commitment.2", "commitment.3", "commitment.4",  
  "satisfaction.1", "satisfaction.2", "satisfaction.3",  
  "awards.1", "awards.2", "awards.3",  
  "costs.1", "costs.2", "costs.3",  
  "investment.1", "investment.2", "investment.3",  
  "alternatives.1", "alternatives.2", "alternatives.3")
```

#Convertimos las correlaciones y desviaciones típicas en varianzas y covarianzas

```
datos.cov<-cor2cov(datos.cor,datos.sd)#Pedimos la visualización de la matriz datos.corView(datos.cov)
```

A. Realización de un CFA

Sintaxis con Lavaan (R)

```
#-----
#Sintaxis del CFA
#-----
modelo.cfa <- '

commitment =~ commitment.1 + commitment.2 + commitment.3 + commitment.4
satisfaction =~ satisfaction.1 + satisfaction.2 + satisfaction.3
awards =~ awards.1 + awards.2 + awards.3
costs =~ costs.1 + costs.2 + costs.3
investment =~ investment.1 + investment.2 + investment.3
alternatives =~ alternatives.1 + alternatives.2 + alternatives.3

#Varianzas de los factores
commitment~~commitment
satisfaction~~satisfaction
awards~~awards
costs~~costs
investment~~investment
alternatives~~alternatives

#Covarianzas
commitment~~satisfaction
commitment~~awards
commitment~~costs
commitment~~investment
commitment~~alternatives
satisfaction~~awards
satisfaction~~costs
satisfaction~~investment
satisfaction~~alternatives
awards~~costs
awards~~investment
awards~~alternatives
costs~~investment
costs~~alternatives
investment~~alternatives
```

Sintaxis con Lavaan (R)

#Varianzas de los términos de error

```
commitment.1~~commitment.1
commitment.2~~commitment.2
commitment.3~~commitment.3
commitment.4~~commitment.4
satisfaction.1~~satisfaction.1
satisfaction.2~~satisfaction.2
satisfaction.3~~satisfaction.3
awards.1~~awards.1
awards.2~~awards.2
awards.3~~awards.3
costs.1~~costs.1
costs.2~~costs.2
costs.3~~costs.3
investment.1~~investment.1
investment.2~~investment.2
investment.3~~investment.3
alternatives.1~~alternatives.1
alternatives.2~~alternatives.2
alternatives.3~~alternatives.3
```

,

#Estimación del modelo

```
fit <- lavaan(modelo.cfa, sample.cov=datos.cov, sample.nobs=240, std.lv=TRUE, mimic="eqs", estimator="ML",
verbose=TRUE, warn=TRUE)
```

#Petición de elementos en la salida

```
summary(fit, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE, rsquare=TRUE)
```

```
modindices(fit, sort.=TRUE, minimum.value = 2.58)
```

```
fitted(fit) resid(fit, type="standardized")
```

A2. Estimación

- Mínimos cuadrados no ponderados
- Mínimos cuadrados generalizados
- Máxima verosimilitud
- Teoría de la distribución asintótica
- Con libre distribución asintótica

Minimizar la función

$$F_{ML}(\mathbf{S}; \boldsymbol{\Sigma}^*) = \text{tr}(\mathbf{S}\boldsymbol{\Sigma}^{*-1}) + [\log|\boldsymbol{\Sigma}^*| - \log|\mathbf{S}|] - q$$



A2. Estimación

- **Indicadores no métricos (categóricos) (Brown, 2006)**
 - ▶ WLS (ADF en Amos o AGLS en EQS)
 - ▶ WLSMV, sólo en Mplus
- **En situaciones de no normalidad** (Chou, Bentler y Satorra,1991; Hu, Bentler and Kano, 1992) :
 - ▶ Estimación por ML pero utilizando
 - ▶ Procedimientos robustos a la no normalidad en el cálculo de los estadísticos (Satorra y Bentler, 1988)
 - ▶ Lo que se consigue en Lavaan con **estimator=MLM**

A3. Bondad del ajuste

- ¿En qué medida la matriz de varianzas covarianzas predicha se ajusta a la muestral?
- **Chi cuadrado:** $\chi^2 = (N-1)F_{ML}$
 - ▶ Se evalúa en función de los grados de libertad
 - ▶ Contrasta la hipótesis nula de que la matriz de varianzas covarianzas estimada coincide con la muestral: $H_0: \mathbf{S} = \hat{\Sigma}$ por lo que lo “deseable” es su aceptación (mejor cuanto mayor sea el valor p)
 - ▶ Es un estadístico insuficiente porque (Long, 1983, p.75; Marsh, Balla y McDonald, 1988; p.392):
 - Es muy sensible a desviaciones de la normalidad multivariante, especialmente kurtosis excesiva
 - Es muy sensible al tamaño muestral
 - La hipótesis nula es restrictiva (ajuste perfecto a la población) cuando sabemos que cualquier modelo no es más que una aproximación a la realidad
- Revisión de la **matriz residual de varianzas covarianzas**
 - ▶ Residuos pequeños (veremos el criterio posteriormente)

A3. Bondad del ajuste

- Ante las limitaciones anteriores se desarrollan medidas alternativas de ajuste basadas en asunciones menos restrictivas
- Hay más de 30 indicadores propuestos
- Los que presentamos se han seleccionado basándose en sus buenos resultados de acuerdo con ejercicios de simulación de Monte Carlo (Hu & Bentler, 1998; Marsh, Balla & McDonald, 1988)

Ajuste absoluto:

- ▶ Indican lo bien o mal que el modelo estimado reproduce los datos observados, evaluando lo razonable de la hipótesis nula: $H_0: S = \hat{\Sigma}$
- ▶ **SRMR** (Standardized Root Mean Square Residual)
 - Se suman los cuadrados de los residuos estandarizados de la matriz ($S - \Sigma$) y se divide por el número de ellos: $q(q+1)/2$
 - $<.08$ indica un buen ajuste (Hu y Bentler, 1999)

A3. Bondad del ajuste

■ Indicadores corregidos por parsimonia:

- ▶ Incorporan una función que penaliza por poca parsimonia (mismo ajuste absoluto con más parámetros a estimar = menos df)
- ▶ **RMSEA** (Root Mean Square of Error Aproximation)
 - La chi cuadrado se corrige teniendo en cuenta el número de grados de libertad, de tal forma que cuanto más son éstos, más pequeña (mejor) es aquella y, por ello, mejor el ajuste

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\chi^2 - df}{df(N - 1)}}$$

- Niveles aceptables (Browne y Cudeck, 1993)
 - $<.05$ indica un buen ajuste
 - $.05$ a $.08$ aceptable
 - $>.08$ mediocre

A3. Bondad del ajuste

- **Indicadores comparativos (incrementales)**
- Son “comparativos” en el sentido en que se han elaboran comparando el modelo estimado con un modelo de referencia base, el modelo “independiente” o aquel en que todas las variables manifiestas estarían incorrelacionadas (escalas de un solo ítem)
 - ▶ **NFI** (Normed Fit Index; Bentler y Bonnet, 1980)
 - >.90 bueno (Ullman, 2001)
 - ▶ **NNFI** (Non Normed Fit Index, también **TLI**), incorpora los grados de libertad evitando la minusvaloración del ajuste, pero puede acabar dando valores superiores a 1
 - >.90 bueno (Schumacker y Lomax, 1996)

$$NNFI = TLI = \frac{\chi_B^2 - \frac{df_B}{df_M} \chi_M^2}{\chi_B^2 - df_B}$$

A3. Bondad del ajuste

- Indicadores comparativos (incrementales)

- ▶ **CFI** (Comparative Fit Index; Bentler, 1990) corrige por el número de grados de libertad, pero evita que pueda ser superior a 1
 - .90 -.95 aceptable, >.95 bueno (Hu y Bentler, 1999)

$$CFI = 1 - \frac{\chi_M^2 - df_M}{\chi_B^2 - df_B}$$

- ¿Cuáles hay que incluir en un artículo?

- ▶ Combinar los índices de bondad de ajuste con los de 'maldad' de ajuste
- ▶ Al menos uno de cada tipo: absoluto, parsimonia, comparativos

	Absolute	Parsimony	Comparative
Goodness			NFI, TLI, CFI
Badness	χ^2 , SRMR	RMSEA	

A3. Bondad del ajuste

— Standardized residual covariance matrix

	cmmmt.1	cmmmt.2	cmmmt.3	cmmmt.4	stsf.1	stsf.2	stsf.3	awrd.1	awrd.2	awrd.3	csts.1
commitment.1	NA										
commitment.2	0.048	NA									
commitment.3	0.740	0.436	NA								
commitment.4	NA	2.196	NA	NA							
satisfaction.1	1.888	-2.244	0.638	1.455	NA						
satisfaction.2	2.011	-4.151	-2.740	0.515	-0.398	NA					
satisfaction.3	1.544	-4.750	-0.014	2.752	-4.295	0.886	NA				
awards.1	2.122	1.113	1.780	1.272	1.071	1.735	-0.746	NA			
awards.2	-0.854	-2.063	-2.598	-0.279	-0.754	0.306	1.477	-1.719	NA		
awards.3	1.679	-0.960	-0.719	-0.801	-1.517	0.157	-1.702	0.550	0.873	NA	
costs.1	1.854	2.461	0.785	-0.489	-0.204	-0.165	1.387	-0.877	-0.138	-0.152	NA
costs.2	-0.607	0.857	-1.353	-1.805	-0.799	0.584	-0.655	-1.114	0.323	1.161	NA
costs.3	-0.323	-0.034	-0.971	-0.227	-0.422	-0.197	0.148	-0.247	1.376	0.503	-0.275
investment.1	1.300	-3.873	1.077	-0.090	-0.355	-0.519	0.031	0.433	1.682	0.232	-0.075
investment.2	-0.261	-3.734	-0.787	0.403	2.484	0.840	0.619	-0.883	-0.043	-0.861	-0.922
investment.3	0.829	-0.067	1.760	-0.167	-0.839	-1.141	-2.099	-0.625	-0.577	-1.551	1.655
alternatives.1	0.301	1.614	0.491	-2.656	-1.947	-1.429	-1.897	-0.133	-0.334	0.672	1.833
alternatives.2	1.003	-0.447	0.939	-2.367	1.176	1.856	1.393	1.360	1.683	-0.024	-0.742
alternatives.3	-0.049	0.381	0.871	-3.596	-0.209	0.716	-0.318	-1.786	-2.102	0.290	-0.140

Residuos divididos por su errores estándar asintóticos, por lo tanto son análogos a puntuaciones normalizadas (Z-scores). Básicamente representan el número de desviaciones típicas que los residuos se desvían de cero que sería el valor en un ajuste perfecto. Valores >2.58 se consideran grandes (Jöreskog and Sörbom, 1993)

A3. Bondad del ajuste

— Standardized residual covariance matrix

	csts.2	csts.3	invs.1	invs.2	invs.3	altr.1	altr.2	altr.3
commitment.1								
commitment.2								
commitment.3								
commitment.4								
satisfaction.1								
satisfaction.2								
satisfaction.3								
awards.1								
awards.2								
awards.3								
costs.1								
costs.2		NA						
costs.3	0.227	NA						
investment.1	-0.370	0.703	NA					
investment.2	0.050	-1.091	-0.333	NA				
investment.3	0.347	0.846	-0.406	0.657	NA			
alternatives.1	1.541	-0.502	-1.127	-2.203	0.868	NA		
alternatives.2	-1.422	0.306	1.454	0.295	0.995	0.825	NA	
alternatives.3	-0.476	-0.170	0.138	-1.004	0.699	-8.589	1.461	NA

Residuos divididos por su errores estándar asintóticos, por lo tanto son análogos a puntuaciones normalizadas (Z-scores). Básicamente representan el número de desviaciones típicas que los residuos se desvían de cero que sería el valor en un ajuste perfecto. Valores >2.58 se consideran grandes (Jöreskog and Sörbom, 1993)

A3. Bondad del ajuste

Number of observations	240
Estimator	ML
Minimum Function Test Statistic	247.673
Degrees of freedom	137
P-value (Chi-square)	0.000
Model test baseline model:	
Minimum Function Test Statistic	2459.673
Degrees of freedom	171
P-value	0.000
User model versus baseline model:	
Comparative Fit Index (CFI)	0.952
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.940
Loglikelihood and Information Criteria:	
Loglikelihood user model (H0)	-8848.588
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-8724.233
Number of free parameters	53
Akaike (AIC)	17803.176
Bayesian (BIC)	17987.429
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	17819.434
Root Mean Square Error of Approximation:	
RMSEA	0.058
90 Percent Confidence Interval	0.046 0.070
P-value RMSEA <= 0.05	0.122
Standardized Root Mean Square Residual:	
SRMR	0.047

A3. Bondad del ajuste

► Comprobación de la coherencia de los parámetros

- **ANTES** de continuar, ¿son las estimaciones de los parámetros...
 - ...estadísticamente razonables?
 - Correlaciones mayores que $|1|$?
 - Cargas estandarizadas mayores $|1|$?
 - Varianzas negativas?

A3. Bondad del ajuste

► Comprobación de la coherencia de los parámetros

- **ANTES** de continuar, ¿son las estimaciones de los parámetros...
 - ...estadísticamente razonables?

Variances:	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment	1.000				1.000	1.000
satisfaction	1.000				1.000	1.000
awards	1.000				1.000	1.000
costs	1.000				1.000	1.000
investment	1.000				1.000	1.000
alternatives	1.000				1.000	1.000
.commitment.1	1.456	0.173	8.422	0.000	1.456	0.236
.commitment.2	2.507	0.274	9.142	0.000	2.507	0.296
.commitment.3	0.943	0.162	5.810	0.000	0.943	0.127
.commitment.4	2.925	0.308	9.498	0.000	2.925	0.342
.satisfaction.1	1.176	0.142	8.286	0.000	1.176	0.316
.satisfaction.2	1.125	0.155	7.235	0.000	1.125	0.252
.satisfaction.3	0.977	0.143	6.809	0.000	0.977	0.231
.awards.1	1.121	0.138	8.131	0.000	1.121	0.558
.awards.2	1.178	0.138	8.540	0.000	1.178	0.594
.awards.3	1.302	0.202	6.437	0.000	1.302	0.438
.costs.1	2.146	0.486	4.419	0.000	2.146	0.319
.costs.2	1.824	0.550	3.319	0.001	1.824	0.252
.costs.3	4.374	0.422	10.366	0.000	4.374	0.785
.investment.1	1.280	0.237	5.390	0.000	1.280	0.290
.investment.2	2.452	0.285	8.609	0.000	2.452	0.498
.investment.3	2.451	0.245	9.990	0.000	2.451	0.698
.alternatives.1	2.148	0.263	8.157	0.000	2.148	0.536
.alternatives.2	1.620	0.252	6.434	0.000	1.620	0.419
.alternatives.3	2.241	0.310	7.227	0.000	2.241	0.469

¿Varianzas negativas?

A3. Bondad del ajuste

► Comprobación de la coherencia de los parámetros

- **ANTES** de continuar, ¿son las estimaciones de los parámetros...
 - ...estadísticamente razonables?

Covariances:							<i>¿Correlaciones > 1 ?</i>
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
commitment ~~							
satisfaction	0.619	0.046	13.407	0.000	0.619	0.619	
awards	0.438	0.066	6.619	0.000	0.438	0.438	
costs	-0.026	0.073	-0.355	0.723	-0.026	-0.026	
investment	0.713	0.044	16.160	0.000	0.713	0.713	
alternatives	-0.259	0.072	-3.602	0.000	-0.259	-0.259	
satisfaction ~~							
awards	0.534	0.062	8.546	0.000	0.534	0.534	
costs	-0.224	0.071	-3.148	0.002	-0.224	-0.224	
investment	0.635	0.052	12.187	0.000	0.635	0.635	
alternatives	-0.374	0.069	-5.416	0.000	-0.374	-0.374	
awards ~~							
costs	-0.092	0.082	-1.127	0.260	-0.092	-0.092	
investment	0.516	0.069	7.482	0.000	0.516	0.516	
alternatives	-0.424	0.075	-5.632	0.000	-0.424	-0.424	
costs ~~							
investment	0.008	0.079	0.101	0.920	0.008	0.008	
alternatives	0.254	0.076	3.332	0.001	0.254	0.254	
investment ~~							
alternatives	-0.300	0.077	-3.892	0.000	-0.300	-0.300	

A3. Bondad del ajuste

► Comprobación de la coherencia de los parámetros

- **ANTES** de continuar, ¿son las estimaciones de los parámetros...
 - ...estadísticamente razonables?

Latent Variables:							¿Cargas estandarizadas > 1 ?
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
commitment =~							
commitment.1	2.174	0.129	16.862	0.000	2.174	0.874	
commitment.2	2.440	0.155	15.786	0.000	2.440	0.839	
commitment.3	2.545	0.135	18.853	0.000	2.545	0.934	
commitment.4	2.374	0.158	14.996	0.000	2.374	0.811	
satisfaction =~							
satisfaction.1	1.595	0.105	15.151	0.000	1.595	0.827	
satisfaction.2	1.828	0.113	16.212	0.000	1.828	0.865	
satisfaction.3	1.803	0.109	16.558	0.000	1.803	0.877	
awards =~							
awards.1	0.942	0.095	9.961	0.000	0.942	0.665	
awards.2	0.897	0.094	9.496	0.000	0.897	0.637	
awards.3	1.292	0.114	11.360	0.000	1.292	0.750	
costs =~							
costs.1	2.142	0.171	12.507	0.000	2.142	0.825	
costs.2	2.327	0.178	13.087	0.000	2.327	0.865	
costs.3	1.094	0.157	6.979	0.000	1.094	0.463	
investment =~							
investment.1	1.772	0.124	14.313	0.000	1.772	0.843	
investment.2	1.572	0.136	11.545	0.000	1.572	0.709	
investment.3	1.030	0.122	8.461	0.000	1.030	0.550	
alternatives =~							
alternatives.1	1.362	0.130	10.447	0.000	1.362	0.681	
alternatives.2	1.498	0.127	11.814	0.000	1.498	0.762	
alternatives.3	1.591	0.141	11.247	0.000	1.591	0.728	

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

- Una escala es válida cuando la variable latente que están midiendo los indicadores es, realmente, lo que se quiere medir
- Grado en que un instrumento mide el concepto bajo estudio (Bohrnstedt, 1976).
- Tipos de validez:
 - ▶ **Validez de contenido:** grado en que el contenido de los ítems es coherente con la definición del constructo, basado únicamente en el juicio del investigador
 - ▶ **Validez convergente:** grado en que los indicadores de un constructo determinado comparten una alta proporción de la varianza
 - ▶ **Validez discriminante:** grado en que un constructo es realmente distinto de los demás constructos

- Resultados publicados de estudios anteriores
- Resultados de pre-test o estudios piloto



A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.1 Validez convergente

- El ajuste del modelo de medida (AFC) debe ser bueno (común para todo el resto de análisis de validez)
- Hay que revisar si los **Índices de modificación** muestran mejoras significativas del modelo si una variable que debería cargar sobre un factor cargara sobre otro
- Las **cargas factoriales** de todos los ítems deben ser significativas.
- Respecto al tamaño de las cargas:
 - ▶ El promedio de las cargas estandarizadas sobre un factor deben estar en el entorno de 0.7 o más (Hair, Anderson, Tatham y Black, 1998)
 - ▶ Cada una individualmente debe ser superior a .60 (Bagozzi y Yi, 1988)
- La lógica del criterio de .70 es que $.70^2$ implica que aproximadamente el 50% de la varianza de los ítems estaría explicada por la VL. Valores menores implican que la mayoría de la varianza del indicador es varianza asociada al error

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.1 Validez convergente

- Índices de modificación (MI)

lhs	op	rhs	mi	epc	sepc.lv	sepc.all	sepc.nox
alternatives	=~	commitment.4	22.670	-0.670	-0.670	-0.229	-0.229
satisfaction	=~	commitment.2	18.990	-0.698	-0.698	-0.240	-0.240
investment	=~	commitment.2	14.970	-0.787	-0.787	-0.271	-0.271
commitment.4	~~	satisfaction.3	10.510	0.457	0.457	0.076	0.076
commitment.2	~~	commitment.4	9.801	0.685	0.685	0.080	0.080
commitment.4	~~	alternatives.3	9.051	-0.609	-0.609	-0.095	-0.095
commitment.1	~~	satisfaction.2	9.025	0.328	0.328	0.063	0.063
satisfaction	=~	commitment.1	8.962	0.383	0.383	0.154	0.154
satisfaction.3	~~	awards.2	8.723	0.272	0.272	0.094	0.094

MI

¿Añadimos la relación? No validez contenido
 ¿La asociamos a F6? Carga muy significativa sobre F1
 La eliminamos y volveremos a estimar el modelo de medida corregido sin ella

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.1 Validez convergente

V4

Cargas y significatividad						
Latent Variables:	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment =~						
commitment.1	2.200	0.129	17.074	0.000	2.200	0.885
commitment.2	2.399	0.157	15.303	0.000	2.399	0.825
commitment.3	2.551	0.136	18.736	0.000	2.551	0.937
satisfaction =~						
satisfaction.1	1.596	0.105	15.162	0.000	1.596	0.828
satisfaction.2	1.830	0.113	16.236	0.000	1.830	0.866
satisfaction.3	1.800	0.109	16.513	0.000	1.800	0.875
awards =~						
awards.1	0.944	0.094	9.989	0.000	0.944	0.666
awards.2	0.893	0.094	9.460	0.000	0.893	0.635
awards.3	1.294	0.114	11.381	0.000	1.294	0.750
costs =~						
costs.1	2.143	0.171	12.513	0.000	2.143	0.826
costs.2	2.327	0.178	13.084	0.000	2.327	0.865
costs.3	1.093	0.157	6.977	0.000	1.093	0.463
investment =~						
investment.1	1.773	0.124	14.335	0.000	1.773	0.843
investment.2	1.569	0.136	11.522	0.000	1.569	0.707
investment.3	1.032	0.122	8.486	0.000	1.032	0.551
alternatives =~						
alternatives.1	1.367	0.130	10.488	0.000	1.367	0.683
alternatives.2	1.494	0.127	11.776	0.000	1.494	0.760
alternatives.3	1.591	0.141	11.244	0.000	1.591	0.728



A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida**A4.1 Validez convergente: AVE**

- ▶ Se evalúa también a través de la varianza extraída promedio (Fornell Larcker, 1981):

$$AVE_i = \frac{\sum_j L_{ij}^2}{\sum_j L_{ij}^2 + \sum_j Var(E_{ij})} = \frac{\sum_j L_{ij}^2}{k_i}$$

- ▶ Donde L_{ij} es la carga factorial estandarizada de cada uno de los j indicadores del factor i
- ▶ Debe ser superior a 0,5 (Fornell y Larcker, 1981)

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.1 Validez convergente: AVE

Construct	Indicators	Standardized loading (L)	Squared standardized loading (L^2)	Error term variance VAR(E)=1-L^2
F1 Commitment	X1	0,885	0,783	0,217
	X2	0,825	0,681	0,319
	X3	0,937	0,878	0,122
	Σ		2,342	0,658
F5 Investment	X4	0,843	0,711	0,289
	X5	0,707	0,500	0,500
	X6	0,551	0,304	0,696
	Σ		1,514	1,486

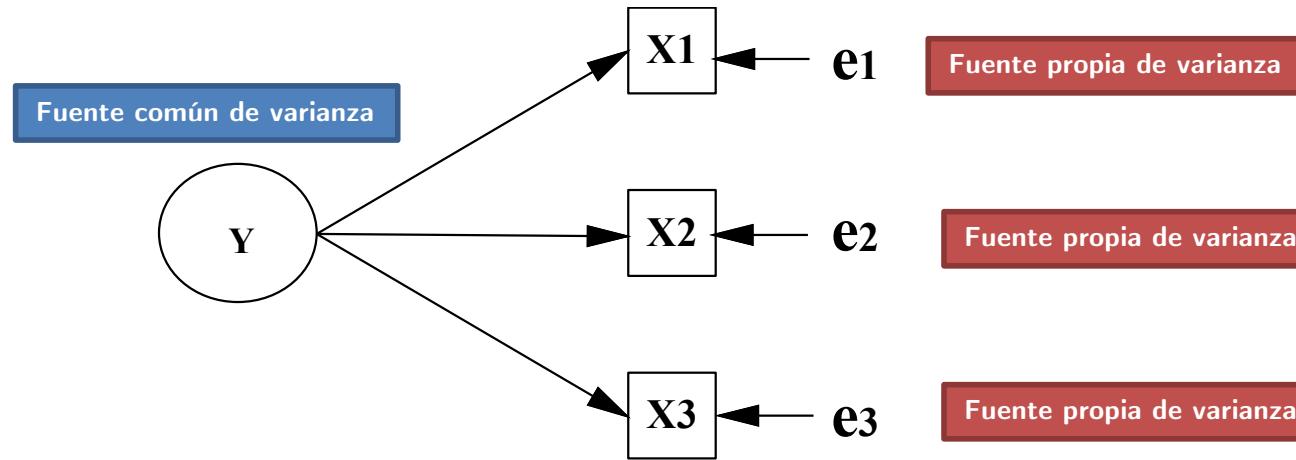
$$AVE_{F1} = \frac{\sum_j L_{ij}^2}{\sum_j L_{ij}^2 + \sum_j Var(E_{ij})} = \frac{2,342}{2,342 + 0,658} = 0,775$$

$$AVE_{F5} = \frac{1,514}{1,514 + 1,486} = 0,505$$

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

- Un instrumento es **fiable** si da resultados consistentes cuando se administra de manera repetida
- Pero la administración repetida no es posible habitualmente para evaluar la fiabilidad de una escala (limitaciones de tiempo y económicas) por lo que nos fijamos en la consistencia interna
- La **consistencia interna** hace referencia al grado en que los ítems de la escala están correlacionados entre ellos
- Si los ítems están altamente correlacionados, ello sugiere que existe una VL común que los está causando, que sea la VL que queremos medir:
 - ▶ La fiabilidad es condición necesaria, pero no suficiente para la validez
- Su medición suele realizarse por dos vías:
 - ▶ Coeficiente α de Cronbach (1951)
 - ▶ Análisis de fiabilidad compuesta CR (Fornell y Larcker, 1981)

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.2 Fiabilidad simple: α de Cronbach

- α es la parte de la varianza total que es atribuible a la variable latente (varianza común)

$$\alpha = \frac{\sigma_y^2 - \sum \sigma_i^2}{\sigma_y^2} = 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_y^2}$$

Varianza total: suma
De los elementos de la
Matriz de varianzas covarianzas

Varianza específica: suma de los
elementos de la diagonal de la
matriz de varianzas covarianzas

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.2 Fiabilidad simple: α de Cronbach

- ▶ Criterio estándar $>.70$ (Nunnally y Bernstein, 1994)

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor window. The menu bar at the top includes 'File', 'Edit', 'Object', 'Insert', 'View', 'Format', 'Cells', 'Data', 'Transform', 'Analyze', 'Direct Marketing', 'Graphs', 'Utilities', 'Add-ons', 'Window', and 'Help'. The 'Analyze' menu is currently open, displaying various statistical options. The 'Scale' option is highlighted with a blue selection bar. A submenu for 'Reliability Analysis...' is also open, showing three options: 'Multidimensional Unfolding (PREFSCAL)...', 'Multidimensional Scaling (PROXSCAL)...', and 'Multidimensional Scaling (ALSCAL)...'. The main menu area shows several other options like 'Reports', 'Descriptive Statistics', 'Custom Tables', etc.

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.3 Fiabilidad compuesta (CR)

- ▶ **Fiabilidad compuesta** (Wets, Linn, Joreskog, 1974; Fornell y Larcker, 1981)
 - Valores superiores a 0.6 (Bagozzi y Yi, 1988)
 - Se calcula, para cada factor implicado

$$CR_i = \frac{\left(\sum_j L_{ij} \right)^2}{\left(\sum_j L_{ij} \right)^2 + \sum_j Var(E_{ij})}$$



- Donde L_{ij} es la carga factorial estandarizada de cada uno de los j indicadores del factor i
- $Var(E_{ij})$ es la varianza del término de error que se calcula como:

$$Var(E_{ij}) = 1 - L_{ij}^2$$

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.3 Fiabilidad compuesta (CR)

Construct	Indicators	Standardized loading (L)	Squared standardized loading (L^2)	Error term variance $Var(E)=1-L^2$
F1 Commitment	X1	0,885	0,783	0,217
	X2	0,825	0,681	0,319
	X3	0,937	0,878	0,122
	Σ	2,647		0,658
F5 Investment	X4	0,843	0,711	0,289
	X5	0,707	0,500	0,500
	X6	0,551	0,304	0,696
	Σ	2,101		1,486

$$CR_{F1} = \frac{\left(\sum_j L_{ij} \right)^2}{\left(\sum_j L_{ij} \right)^2 + \sum_j Var(E_{ij})} = \frac{2,647^2}{2,647^2 + 0,658} = 0,914$$

$$CR_{F5} = \frac{2,101^2}{2,101^2 + 1,486} = 0,748$$

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.4 Validez discriminante

- Dos criterios:
 - ▶ Test del intervalo de confianza (Anderson y Gerbing, 1988)
 - ▶ Test de la varianza extraída (Fornell y Larcker, 1981)
- **Se deben aplicar entre cada par de factores!!!**

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.4 Validez discriminante

Covariances:		Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment ~~							
satisfaction	0.619	0.046	13.407	0.000	0.619	0.619	
awards	0.438	0.066	6.619	0.000	0.438	0.438	
costs	-0.026	0.073	-0.355	0.723	-0.026	-0.026	
investment	0.713	0.044	16.160	0.000	0.713	0.713	
alternatives	-0.259	0.072	-3.602	0.000	-0.259	-0.259	
satisfaction ~~							
awards	0.534	0.062	8.546	0.000	0.534	0.534	
costs	-0.224	0.071	-3.148	0.002	-0.224	-0.224	
investment	0.635	0.052	12.187	0.000	0.635	0.635	
alternatives	-0.374	0.069	-5.416	0.000	-0.374	-0.374	
awards ~~							
costs	-0.092	0.082	-1.127	0.260	-0.092	-0.092	
investment	0.516	0.069	7.482	0.000	0.516	0.516	
alternatives	-0.424	0.075	-5.632	0.000	-0.424	-0.424	
costs ~~							
investment	0.008	0.079	0.101	0.920	0.008	0.008	
alternatives	0.254	0.076	3.332	0.001	0.254	0.254	
investment ~~							
alternatives	-0.300	0.077	-3.892	0.000	-0.300	-0.300	

Factor problemático

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.4 Validez discriminante

■ Test del intervalo de confianza (Anderson y Gerbing, 1988)

- ▶ Se calcula un intervalo de confianza para la covarianza de \pm dos errores estándar alrededor de la estimación resultante del AFC.
- ▶ Si incluye el 1 no se puede afirmar la validez discriminante, en caso contrario sí.
- ▶ Intervalo:
 - Inferior: $0.713 - 2 \cdot 0.044 = 0.625$
 - Superior: $0.713 + 2 \cdot 0.044 = 0.801$
- ▶ No incluye el 1, se constata la validez discriminante

Covariances:

	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment ~~						
satisfaction	0.619	0.046	13.407	0.000	0.619	0.619
awards	0.438	0.066	6.619	0.000	0.438	0.438
costs	-0.026	0.073	-0.355	0.723	-0.026	-0.026
investment	0.713	0.044	16.160	0.000	0.713	0.713

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.4 Validez discriminante

■ Test de la varianza extraída (Fornell y Larcker, 1981)

- ▶ Se calcula el AVE para cada uno de los factores implicados como se explicó al analizar la fiabilidad
- ▶ Se compara el AVE con el cuadrado de las covarianzas entre los dos factores
- ▶ Hay validez discriminante si los AVE de los dos factores superan el cuadrado de la covarianza
- ▶ Cuadrado de la covarianza: $0.713^2=0.508$

Covariances:						
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment ~~						
satisfaction	0.619	0.046	13.407	0.000	0.619	0.619
awards	0.438	0.066	6.619	0.000	0.438	0.438
costs	-0.026	0.073	-0.355	0.723	-0.026	-0.026
investment	0.713	0.044	16.160	0.000	0.713	0.713

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

A4.4 Validez discriminante

■ Test de la varianza extraída (Fornell y Larcker, 1981)

- Vemos que el AVE para F5 es ligeramente inferior al cuadrado de la correlación, pero tan en el límite que los resultados anteriores nos llevan a afirmar la validez discriminante

$$AVE_{F1} = \frac{\sum_j L_{ij}^2}{\sum_j L_{ij}^2 + \sum_j Var(E_{ij})} = \frac{2.342}{2.342 + 0.658} = 0.775$$

$$AVE_{F5} = \frac{1,514}{1,514 + 1,486} = 0,505$$

Construct	Indicators	Standardized loading (L)	Squared standardized loading (L^2)	Error term variance VAR(E)=1-L^2
F1 Commitment	X1	0,885	0,783	0,217
	X2	0,825	0,681	0,319
	X3	0,937	0,878	0,122
	Σ	2,342	0,658	
F5 Investment	X4	0,843	0,711	0,289
	X5	0,707	0,500	0,500
	X6	0,551	0,304	0,696
	Σ	1,514	1,486	

A. Realización de un CFA

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

Ajuste final: Se ha eliminado V4 (LM) y V13 (carga pequeña)

```
#-----  
#Sintaxis del CFA  
#-----  
modelo.cfa <- '  
  
commitment =~ commitment.1 + commitment.2 + commitment.3 + commitment.4  
satisfaction =~ satisfaction.1 + satisfaction.2 + satisfaction.3  
awards =~ awards.1 + awards.2 + awards.3  
costs =~ costs.1 + costs.2 + costs.3  
investment =~ investment.1 + investment.2 + investment.3  
alternatives =~ alternatives.1 + alternatives.2 + alternatives.3  
  
#Varianzas de los factores  
commitment~~commitment  
satisfaction~~satisfaction  
awards~~awards  
costs~~costs  
investment~~investment  
alternatives~~alternatives  
  
#Varianzas de los términos de error  
commitment.1~~commitment.1  
commitment.2~~commitment.2  
commitment.3~~commitment.3  
commitment.4~~commitment.4  
satisfaction.1~~satisfaction.1  
satisfaction.2~~satisfaction.2  
satisfaction.3~~satisfaction.3  
awards.1~~awards.1  
awards.2~~awards.2  
awards.3~~awards.3  
costs.1~~costs.1  
costs.2~~costs.2  
costs.3~~costs.3  
investment.1~~investment.1  
investment.2~~investment.2  
investment.3~~investment.3  
alternatives.1~~alternatives.1  
alternatives.2~~alternatives.2  
alternatives.3~~alternatives.3  
  
#Covarianzas  
commitment~~satisfaction  
commitment~~awards  
commitment~~costs  
commitment~~investment  
commitment~~alternatives  
satisfaction~~awards  
satisfaction~~costs  
satisfaction~~investment  
satisfaction~~alternatives  
awards~~costs  
awards~~investment  
awards~~alternatives  
costs~~investment  
costs~~alternatives  
investment~~alternatives
```

A. Realización de un CFA

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

Ajuste final: Se ha eliminado V4 (LM) y V13 (carga pequeña)

GOODNESS OF FIT SUMMARY FOR METHOD = ML

INDEPENDENCE MODEL CHI-SQUARE = 2108.864 ON 136 DEGREES OF FREEDOM

INDEPENDENCE AIC = 1836.864 INDEPENDENCE CAIC = 1227.497
MODEL AIC = -38.700 MODEL CAIC = -504.687

CHI-SQUARE = 169.300 BASED ON 104 DEGREES OF FREEDOM
PROBABILITY VALUE FOR THE CHI-SQUARE STATISTIC IS 0.00005

THE NORMAL THEORY RLS CHI-SQUARE FOR THIS ML SOLUTION IS 162.602.

FIT INDICES

BENTLER-BONETT NORMED FIT INDEX = 0.920
BENTLER-BONETT NON-NORMED FIT INDEX = 0.957
COMPARATIVE FIT INDEX (CFI) = 0.967
BOLLEN'S (IFI) FIT INDEX = 0.967
MCDONALD'S (MFI) FIT INDEX = 0.873
JORESKOG-SORBOM'S GFI FIT INDEX = 0.926
JORESKOG-SORBOM'S AGFI FIT INDEX = 0.891
ROOT MEAN-SQUARE RESIDUAL (RMR) = 0.199
STANDARDIZED RMR = 0.043
ROOT MEAN-SQUARE ERROR OF APPROXIMATION (RMSEA) = 0.051
90% CONFIDENCE INTERVAL OF RMSEA (0.037, 0.065)

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

Ajuste final: Se ha eliminado V4 (LM) y V13 (carga pequeña)

Number of observations	240
Estimator	ML
Minimum Function Test Statistic	169.300
Degrees of freedom	104
P-value (Chi-square)	0.000
Model test baseline model:	
Minimum Function Test Statistic	2108.864
Degrees of freedom	136
P-value	0.000
User model versus baseline model:	
Comparative Fit Index (CFI)	0.967
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.957
Loglikelihood and Information Criteria:	
Loglikelihood user model (H0)	-7840.534
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-7755.530
Number of free parameters	49
Akaike (AIC)	15779.068
Bayesian (BIC)	15949.415
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	15794.098
Root Mean Square Error of Approximation:	
RMSEA	0.051
90 Percent Confidence Interval	0.037 0.065
P-value RMSEA <= 0.05	0.426
Standardized Root Mean Square Residual:	
SRMR	0.043

A4. Valoración de la validez y fiabilidad del instrumento de medida

Ajuste final: Se ha eliminado V4 (LM) y V13 (carga pequeña)

Latent Variables:

	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment =~						
commitment.1	2.201	0.129	17.086	0.000	2.201	0.886
commitment.2	2.399	0.157	15.306	0.000	2.399	0.825
commitment.3	2.550	0.136	18.723	0.000	2.550	0.936
satisfaction =~						
satisfaction.1	1.596	0.105	15.161	0.000	1.596	0.827
satisfaction.2	1.830	0.113	16.245	0.000	1.830	0.866
satisfaction.3	1.799	0.109	16.504	0.000	1.799	0.875
awards =~						
awards.1	0.945	0.094	9.998	0.000	0.945	0.667
awards.2	0.893	0.094	9.455	0.000	0.893	0.634
awards.3	1.293	0.114	11.375	0.000	1.293	0.750
costs =~						
costs.1	2.212	0.234	9.451	0.000	2.212	0.852
costs.2	2.254	0.241	9.366	0.000	2.254	0.838
investment =~						
investment.1	1.772	0.124	14.324	0.000	1.772	0.843
investment.2	1.570	0.136	11.523	0.000	1.570	0.707
investment.3	1.032	0.122	8.485	0.000	1.032	0.551
alternatives =~						
alternatives.1	1.369	0.130	10.503	0.000	1.369	0.684
alternatives.2	1.493	0.127	11.765	0.000	1.493	0.759
alternatives.3	1.590	0.142	11.239	0.000	1.590	0.728

B. Realización de un SEM

Joaquín Aldás Manzano

Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)

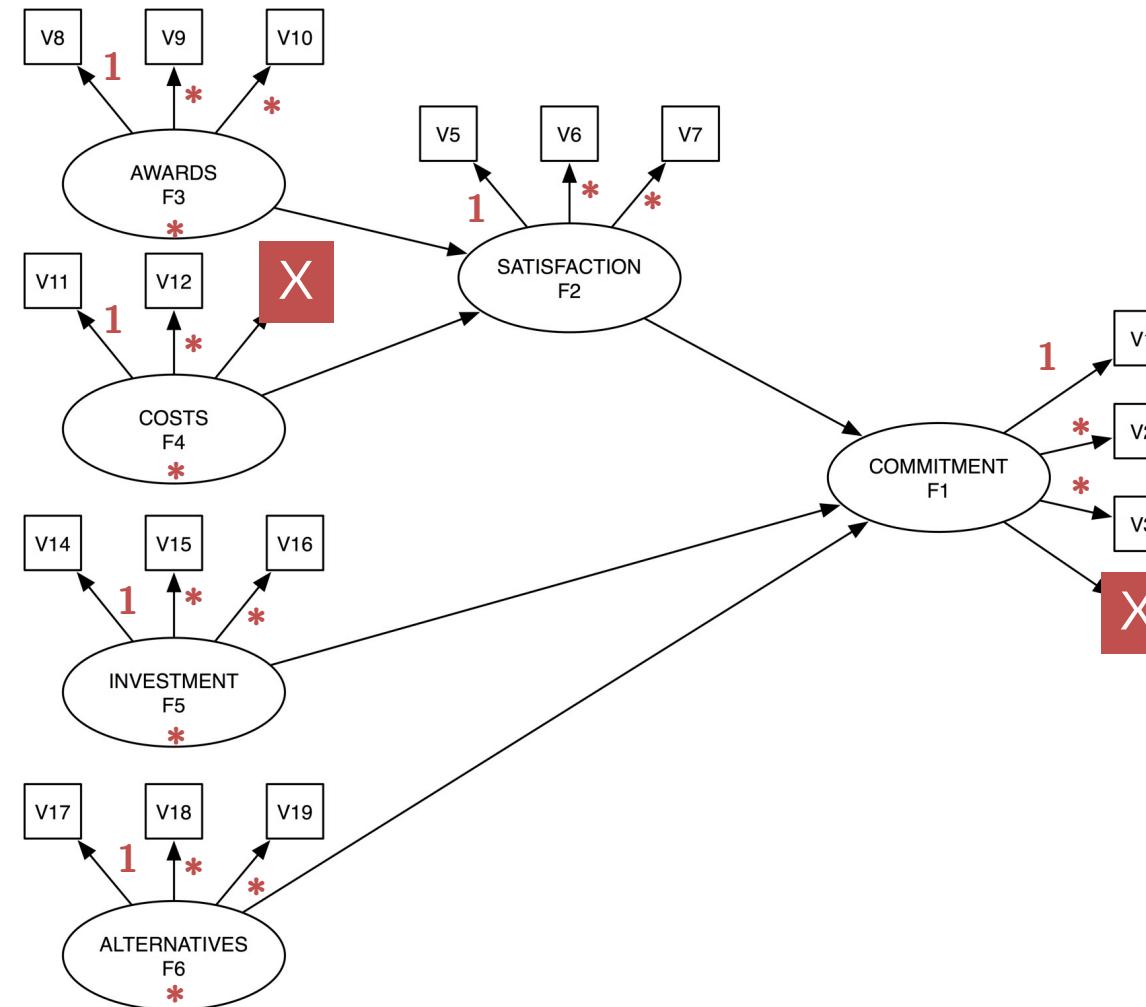


B1. Identificación del SEM

- ¿Pueden los parámetros del modelo ser estimados de manera única?
 - ▶ Establecer una escala para los factores comunes (evitar la indeterminación entre varianza y cargas factoriales)
 - Fijar la carga factorial a 1 ó
 - Fijar la varianza a 1 (*solo si el factor es independiente*)
 - ▶ Fijar arbitrariamente el coeficiente de regresión del término de error a 1
 - ▶ Comparar el número de datos con el número de parámetros que han de estimarse
 - Datos: varianzas-covarianzas muestrales: $q(q+1)/2$
 - Parámetros a estimar:
 - Covarianzas entre los factores comunes *independientes*
 - Varianzas de los factores comunes *independientes*
 - Coeficientes de regresión entre variables observadas y factores comunes
 - Varianzas de los errores
 - **Varianzas de los errores de los factores que se han convertido en dependientes**
 - **Coeficientes de regresión entre factores comunes (parte estructural del modelo)**

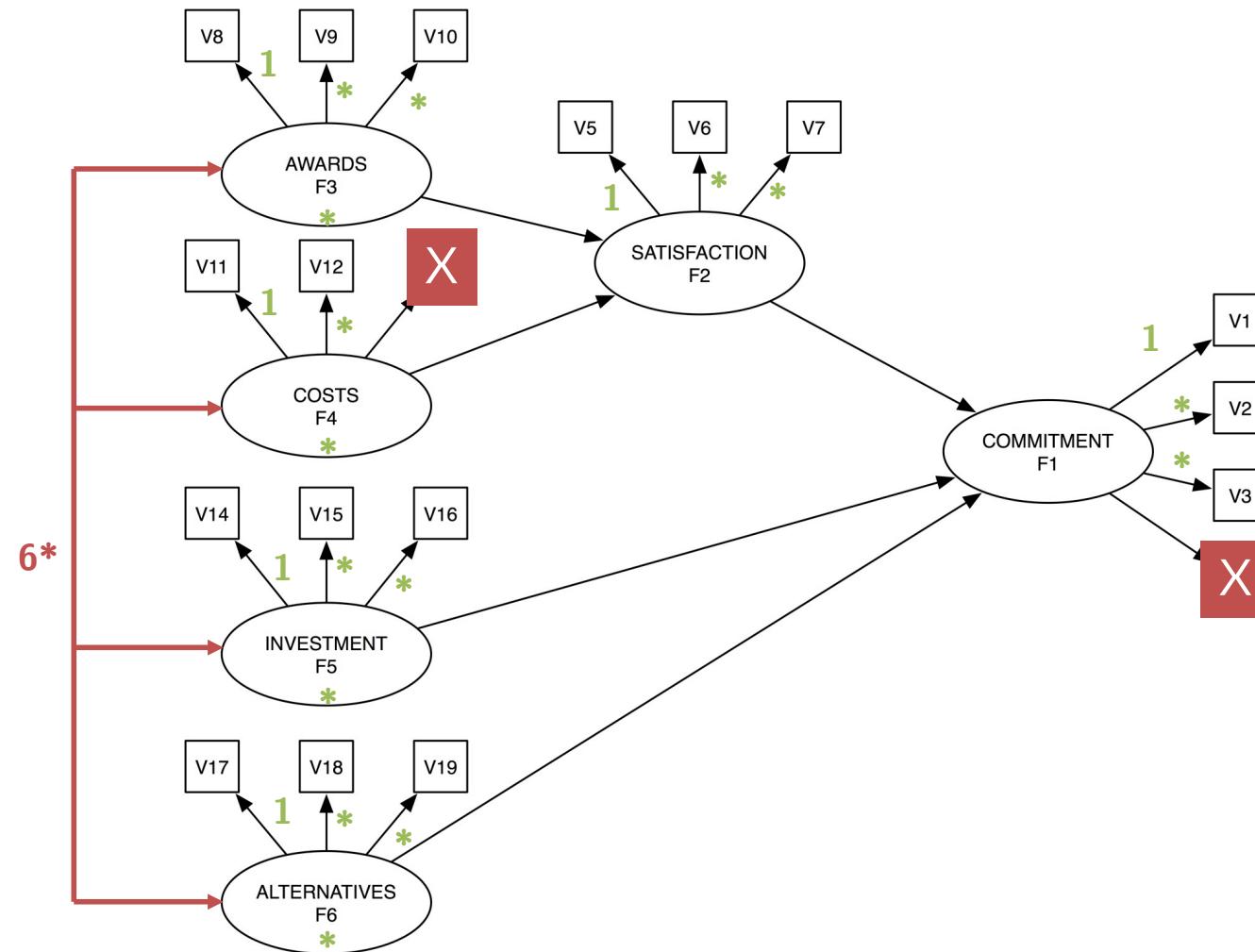
B1. Identificación del SEM

Identificación de escala



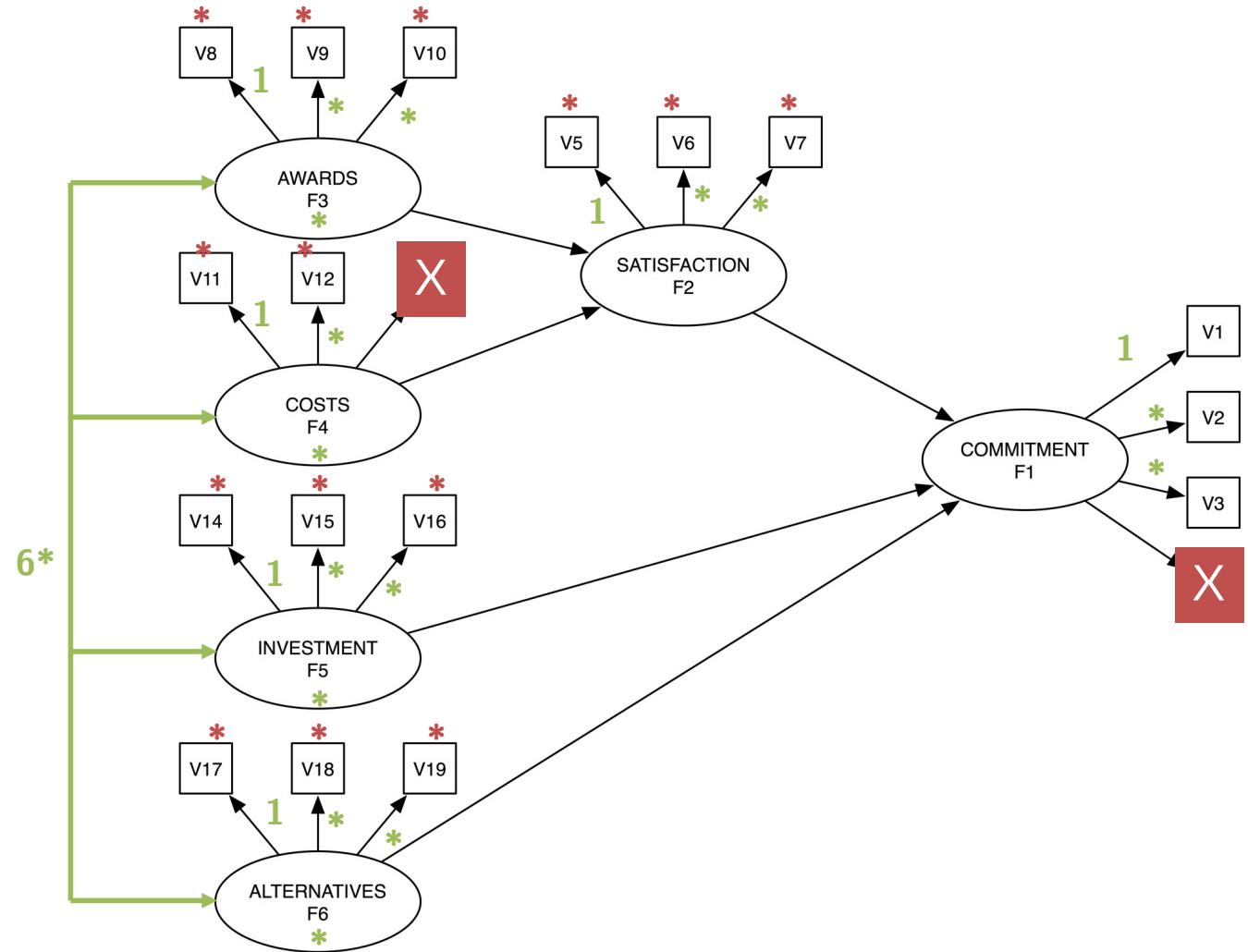
B1. Identificación del SEM

Covarianzas entre factores comunes independientes



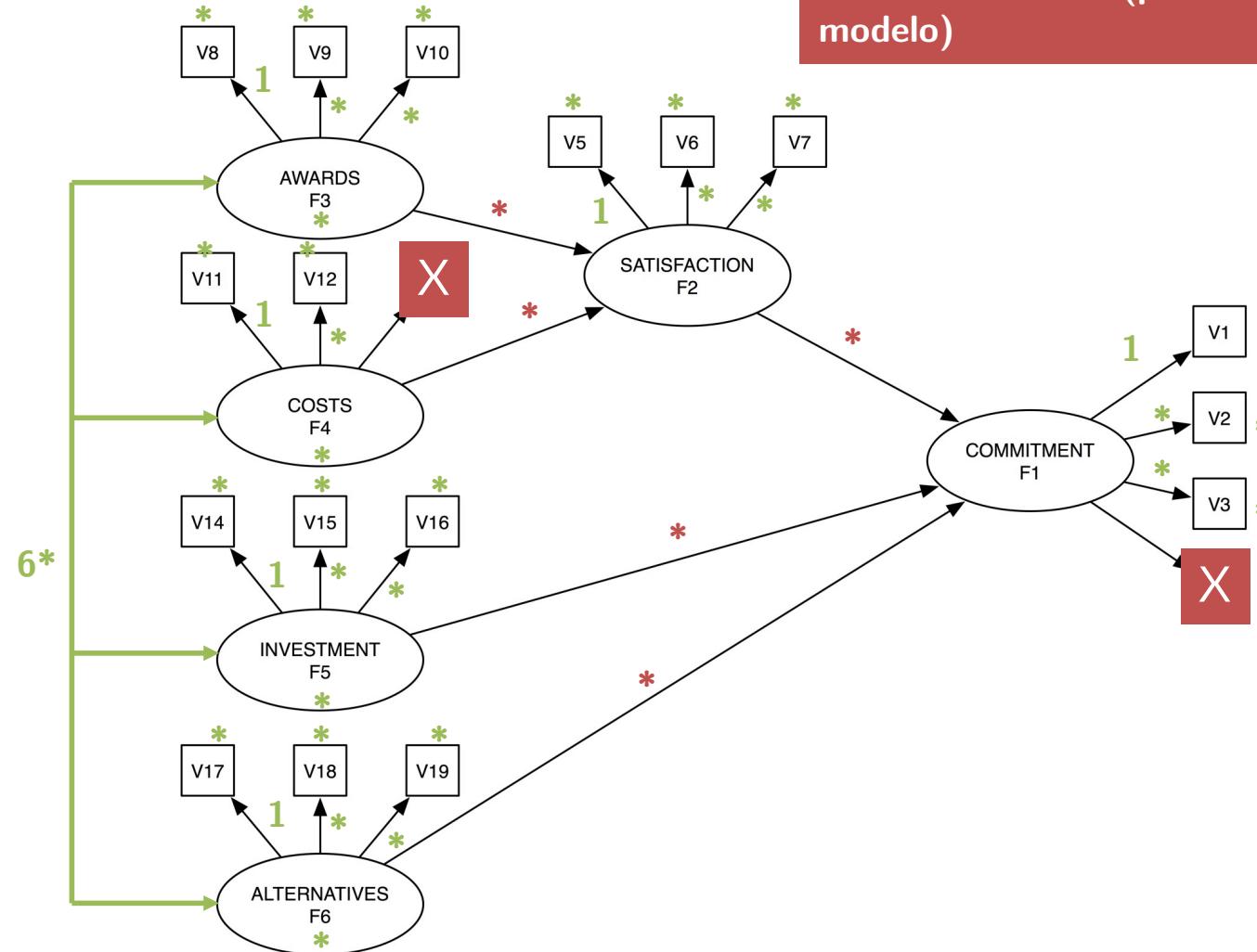
B1. Identificación del SEM

Varianzas de los errores

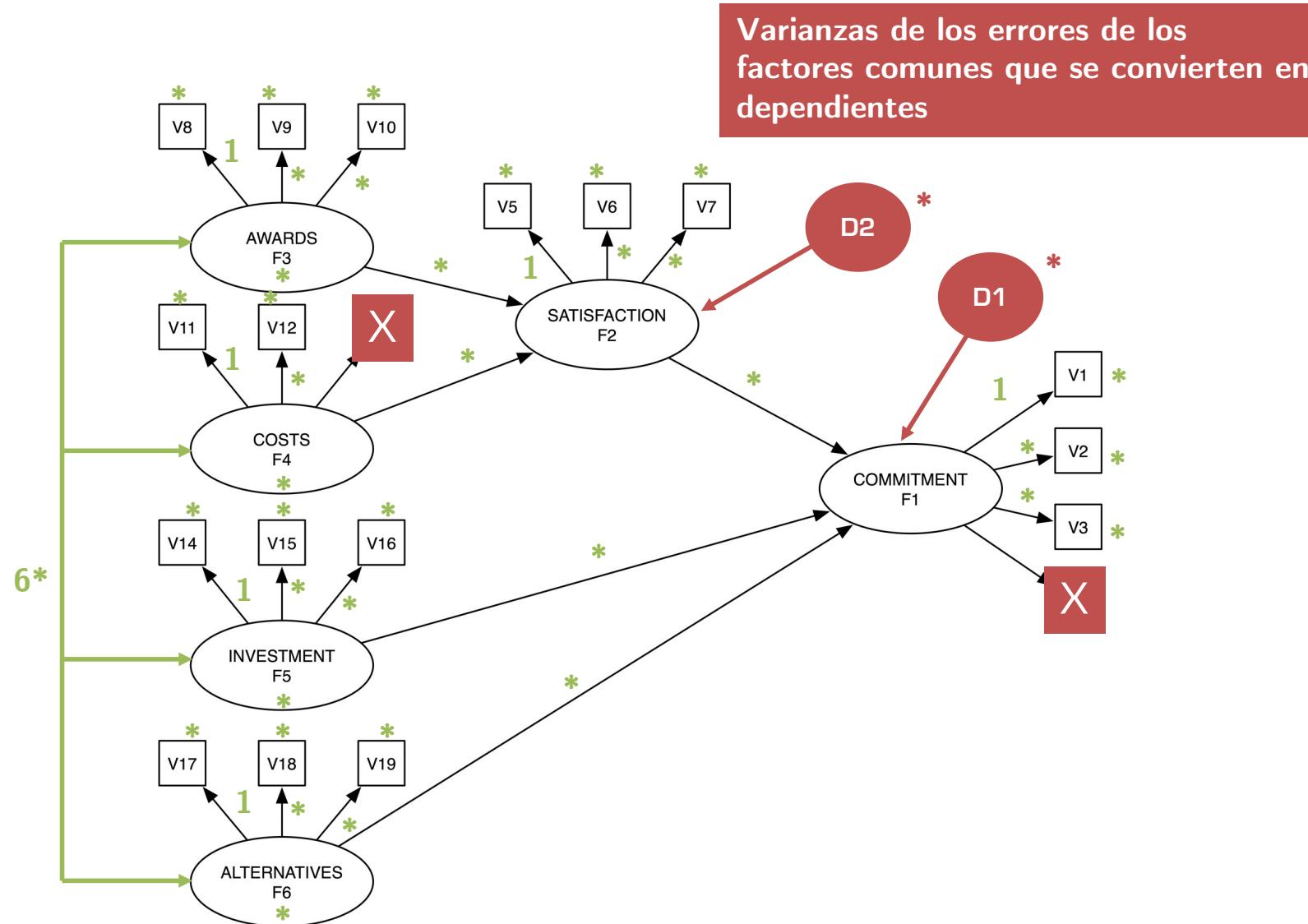


B1. Identificación del SEM

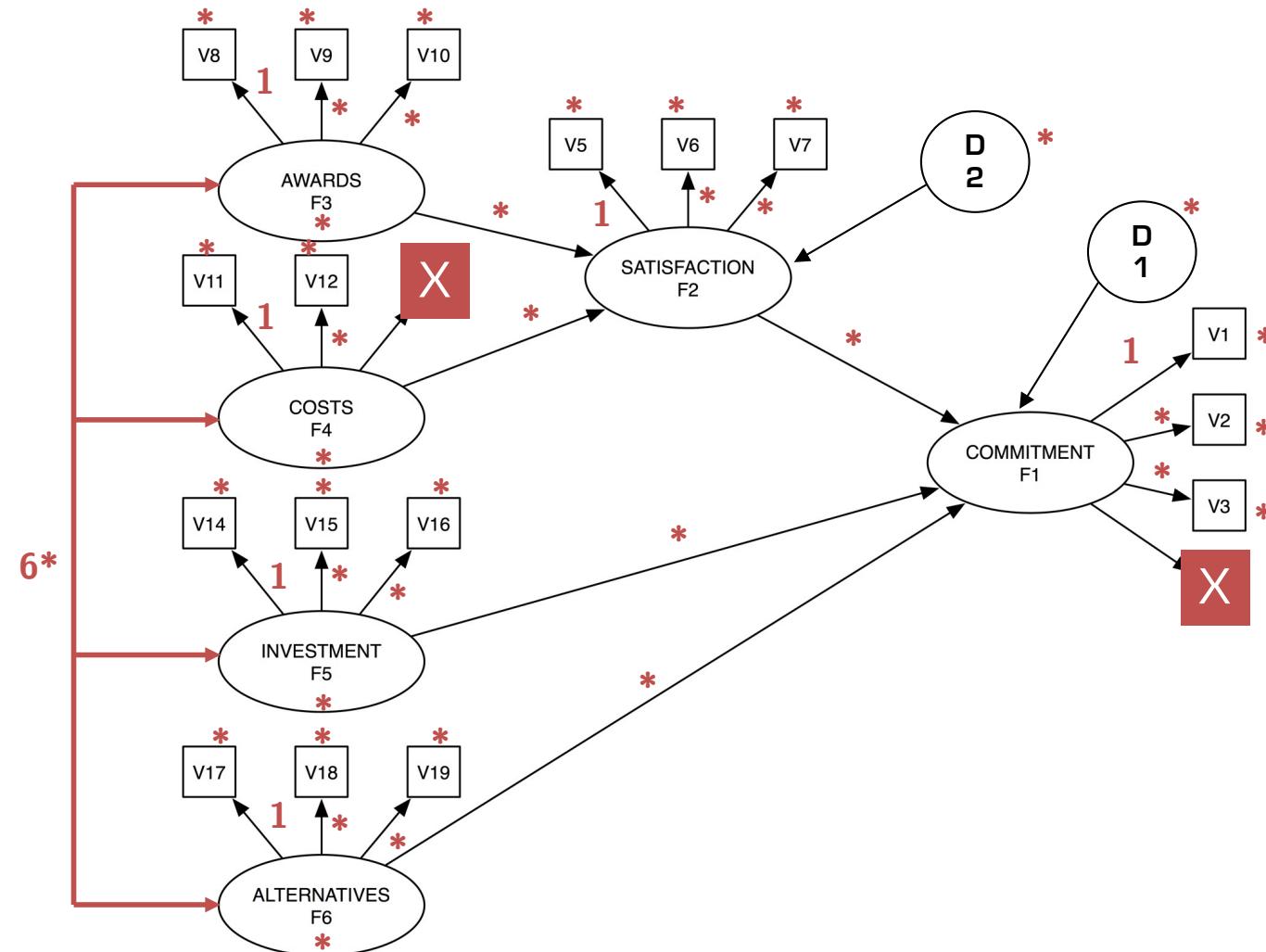
Coeficientes de regresión entre factores comunes (parte estructural modelo)



B1. Identificación del SEM



B1. Identificación del SEM



B2. Estimación del SEM

```

#-----
#Sintaxis del SEM
#-----
modelo.sem <- '

commitment =~ 1*commitment.1 + commitment.2 + commitment.3s
atisfaction =~ 1*satisfaction.1 + satisfaction.2 + satisfaction.3
awards =~ 1*awards.1 + awards.2 + awards.3
costs =~ 1*costs.1 + costs.2
investment =~ 1*investment.1 + investment.2 + investment.3
alternatives =~ 1*alternatives.1 + alternatives.2 + alternatives.3

# Modelo estructural

commitment~satisfaction+investment+alternatives
satisfaction~awards+costs

#Varianzas de los factores

#commitment~~commitment
#satisfaction~~satisfaction
awards~~awards
costs~~costs
investment~~investment
alternatives~~alternatives

```

#Covarianzas

```

#commitment~~satisfaction
#commitment~~awards
#commitment~~costs
#commitment~~investment
#commitment~~alternatives
#satisfaction~~awards
#satisfaction~~costs
#satisfaction~~investment
#satisfaction~~alternatives
awards~~costs
awards~~investment
awards~~alternatives
costs~~investment
costs~~alternatives
investment~~alternatives

```

B2. Estimación del SEM

#Varianzas de los términos de error

commitment.1~~commitment.1
commitment.2~~commitment.2
commitment.3~~commitment.3
#commitment.4~~commitment.4

satisfaction.1~~satisfaction.1
satisfaction.2~~satisfaction.2
satisfaction.3~~satisfaction.3

awards.1~~awards.1
awards.2~~awards.2
awards.3~~awards.3

costs.1~~costs.1
costs.2~~costs.2
#costs.3~~costs.3

investment.1~~investment.1
investment.2~~investment.2
investment.3~~investment.3

alternatives.1~~alternatives.1
alternatives.2~~alternatives.2
alternatives.3~~alternatives.3

#Varianzas de los errores de las LV dependientes

satisfaction~~satisfaction
commitment~~commitment

'

B. Realización de un SEM

B3. Comprobación de la bondad del ajuste

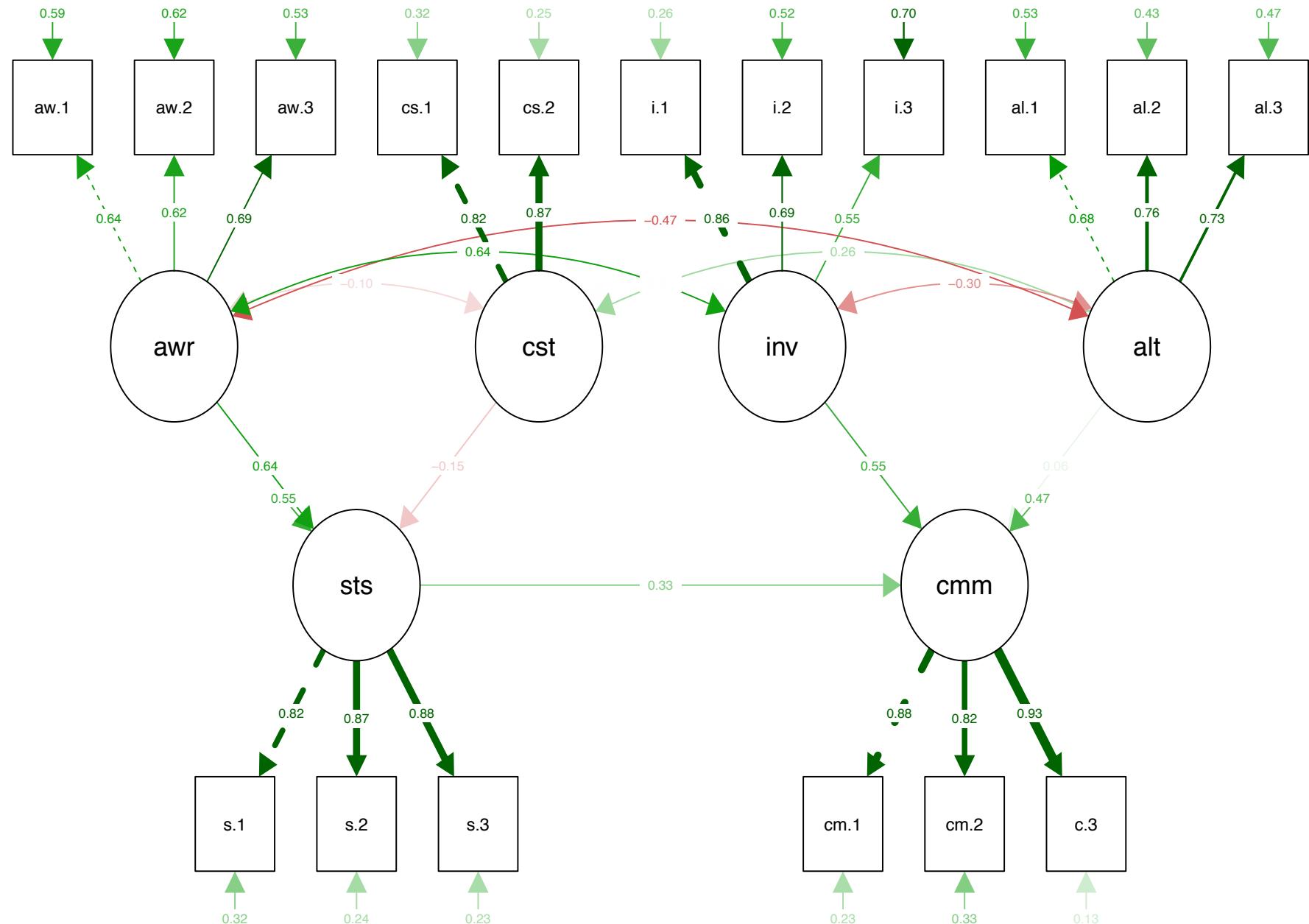
Number of observations	240
Estimator	ML
Minimum Function Test Statistic	205.440
Degrees of freedom	108
P-value (Chi-square)	0.000
Model test baseline model:	
Minimum Function Test Statistic	2108.864
Degrees of freedom	136
P-value	0.000
User model versus baseline model:	
Comparative Fit Index (CFI)	0.951
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.938
Loglikelihood and Information Criteria:	
Loglikelihood user model (H0)	-7858.680
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-7755.530
Number of free parameters	45
Akaike (AIC)	15807.359
Bayesian (BIC)	15963.800
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	15821.163
Root Mean Square Error of Approximation:	
RMSEA	0.061
90 Percent Confidence Interval	0.049 0.074
P-value RMSEA <= 0.05	0.071
Standardized Root Mean Square Residual:	
SRMR	0.061

B4. Interpretación de resultados

Regressions:

	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
commitment ~						
satisfaction	0.449	0.090	4.968	0.000	0.332	0.332
investment	0.654	0.091	7.171	0.000	0.549	0.549
alternatives	0.095	0.103	0.924	0.355	0.060	0.060
satisfaction ~						
awards	1.121	0.161	6.942	0.000	0.639	0.639
costs	-0.113	0.050	-2.261	0.024	-0.152	-0.152

B4. Interpretación de resultados



B5. Reespecificación del modelo: índices de modificación

- Cuánto caerá la chi cuadrado si un parámetro que está fijado se libera o uno que está liberado se fija
- Lógica:
 - ▶ Mejorar el ajuste (?)
 - ▶ Contrastar hipótesis adicionales
- En nuestra opinión: estamos utilizando una técnica confirmatoria, no exploratoria, por ello nuestro objetivo no es tener un modelo que ajuste bien, sino encontrar evidencias de si el modelo propuesto encaja o no con el mundo real.
- Seguir las recomendaciones de los MI rara vez llevan al modelo real de acuerdo con estudios de simulación (MacCallum, 1986).
- Estimar un parámetro fijado, sólo debería hacerse si este parámetro puede ser justificado en base a teorías previas (Jöreskog, 1993; Silvia & MacCallum, 1988).
- Otra consecuencia adversa de la especificación no basada en teoría (seguir los MI) es que capitaliza la asociación casual de los datos muestrales que emanen del error muestral y que no se obtendrían en réplicas con nuevas muestras independientes (Brown, 2006)

B5. Reespecificación del modelo: índices de modificación

#Petición de elementos en la salida

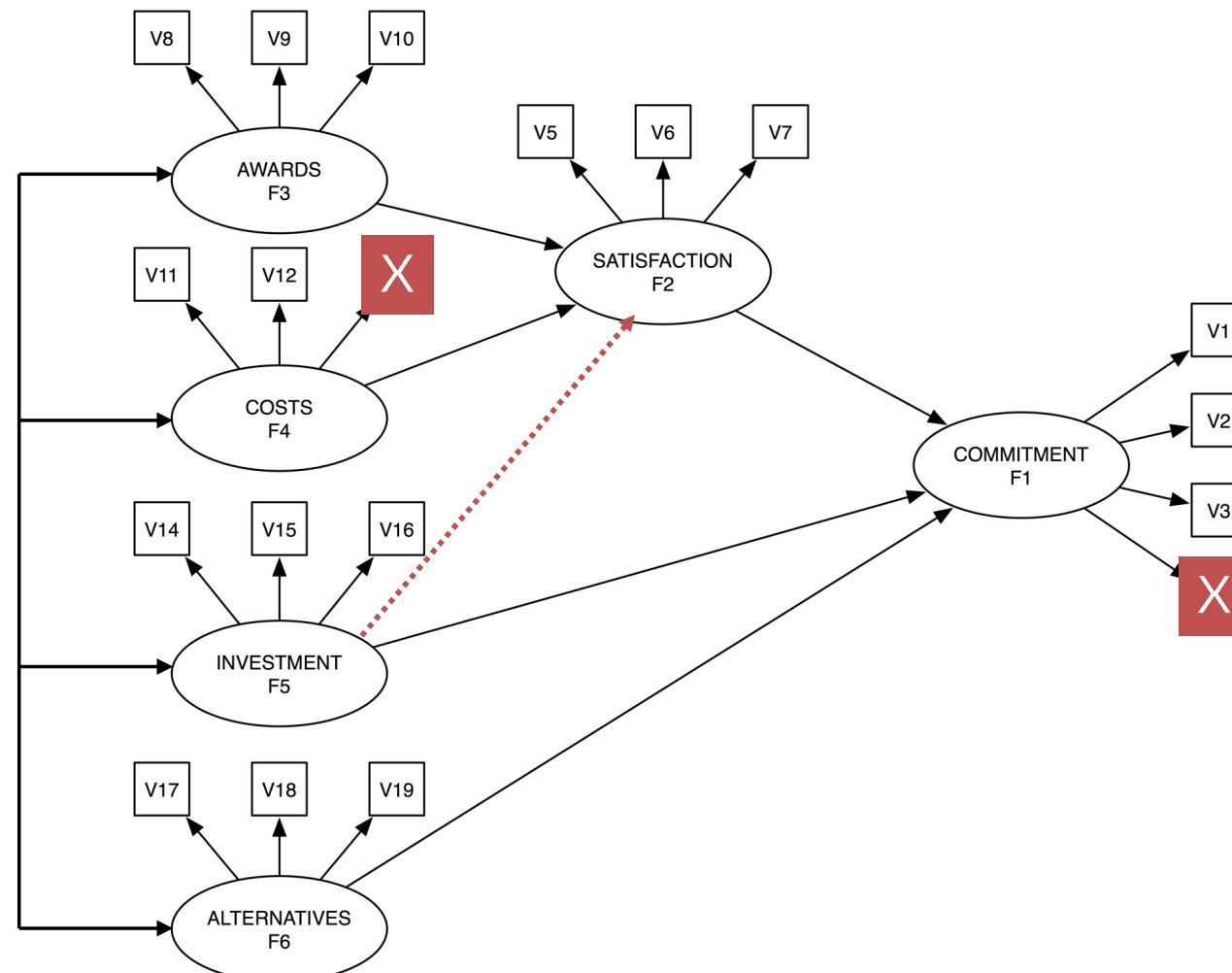
summary(fit, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE, rsquare=TRUE)

modindices(fit, sort.=TRUE, minimum.value = 2.58)

fitted(fit) resid(fit, type="standardized")

lhs	op	rhs	mi	epc	sepc.all	delta	ncp	power	decision
satisfaction	~	investment	34.336	0.545	0.619	0.1	1.158	0.190	**(m)**
investment	~	satisfaction	33.979	0.740	0.650	0.1	0.621	0.124	**(m)**
satisfaction	~~	investment	33.979	1.021	0.356	0.1	0.326	0.088	**(m)**
awards	~	satisfaction	33.251	-0.515	-0.902	0.1	1.255	0.202	**(m)**
satisfaction	~~	awards	33.250	-0.711	-0.494	0.1	0.659	0.128	**(m)**
satisfaction	~	commitment	19.286	0.441	0.597	0.1	0.993	0.169	**(m)**
commitment.1	~~	commitment.3	17.484	-1.285	-0.197	0.1	0.106	0.062	**(m)**

B5. Reespecificación del modelo: índices de modificación



C. Presentación de resultados

Joaquín Aldás Manzano

Universitat de València

[✉ joaquin.aldas@uv.es](mailto:joaquin.aldas@uv.es)



C. Presentación de resultados

C1. Validación del instrumento de medida

C1.1 Fiabilidad y validez convergente

Table X. Measurement model. Reliability and convergent validity

Factor	Indicator	Standardized loadings		t values	CA	CR	AVE
F1. Commitment	V1	0,886	**	17,086	0,914	0,914	0,781
	V2	0,825	**	15,306			
	V3	0,936	**	18,723			
F2. Satisfaction	V5	0,827	**	15,161	0,891	0,892	0,733
	V6	0,866	**	16,245			
	V7	0,875	**	16,504			
F3. Awards	V8	0,667	**	9,998	0,721	0,726	0,470
	V9	0,634	**	9,455			
	V10	0,750	**	11,375			
F4. Costs	V11	0,852	**	9,451	0,833	0,833	0,714
	V12	0,838	**	9,366			
F5. Investment	V14	0,843	**	14,324	0,740	0,748	0,505
	V15	0,707	**	11,523			
	V16	0,551	**	8,485			
F6. Alternatives	V17	0,684	**	10,503	0,765	0,768	0,525
	V18	0,759	**	11,765			
	V19	0,728	**	11,239			

Chi2 (104)=169,3 (p=0,000); CFI=0,967; TLI=0,957; RMSEA(90%CI)=0,051(0,037;0,065)

**=p<0,01; CA=Cronbach's alpha; CR=Composite Reliability; AVE=Average Variance Extracted

C. Presentación de resultados

C1. Validación del instrumento de medida

C1.2 Validez discriminante

Table X. Measurement model. Discriminant validity

Factor	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1. Commitment	0,781	0,711	0,570	0,120	0,801	-0,115
F2. Satisfaction	0,383	0,733	0,658	-0,080	0,739	-0,236
F3. Awards	0,192	0,285	0,470	0,072	0,654	-0,274
F4. Costs	0,001	0,050	0,008	0,714	0,166	0,408
F5. Investment	0,508	0,403	0,266	0,000	0,505	0,454
F6. Alternatives	0,067	0,140	0,180	0,065	0,090	0,525

Diagonal: AVE; Above the diagonal: upper limit of the 90% CI for factors correlation estimation;

Below the diagonal, squared correlation between factors

C. Presentación de resultados

C1. Validación del instrumento de medida

C1.3 Modelo estructural

Table X. Hypotheses testing

Hypotheses	Standardized beta	t value
H1: Awards --> Satisfaction	0,639 **	6,942
H2: Costs --> Satisfaction	-0,152 *	-2,261
H3: Investment --> Commitment	0,549 **	7,171
H4: Alternatives --> Commitment	0,060	0,924
H5: Satisfaction --> Commitment	0,332 **	4,968

Chi2 (108)=205,4 (p=0.000); CFI=0.951; TLI=0.938;

RMSEA(90%CI)=0.061(0,049;0.074)

**p<0,01; *p<0,05