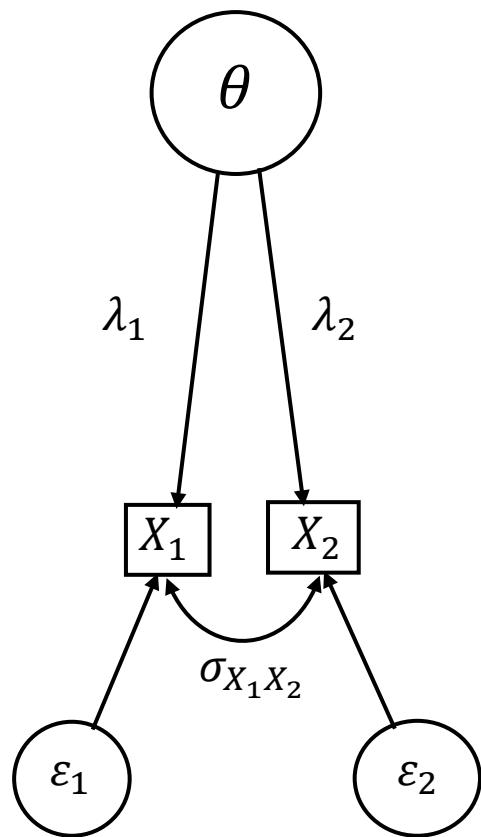


# Estimación de confiabilidad con SEM y el paquete lavaan

Práctica 1

# SEM



El modelo estadístico de medición es una representación sintética de las fuentes de variación de los indicadores

Esta representación esta hecha de:

1. parámetros:  $\lambda_1$
2. de una estructura sobre la jerarquía de los parámetros.

Los modelos son adecuados, entonces, cuando la estructura de parámetros y el valor de éstos nos llevan a predicciones precisas

# Ejemplo

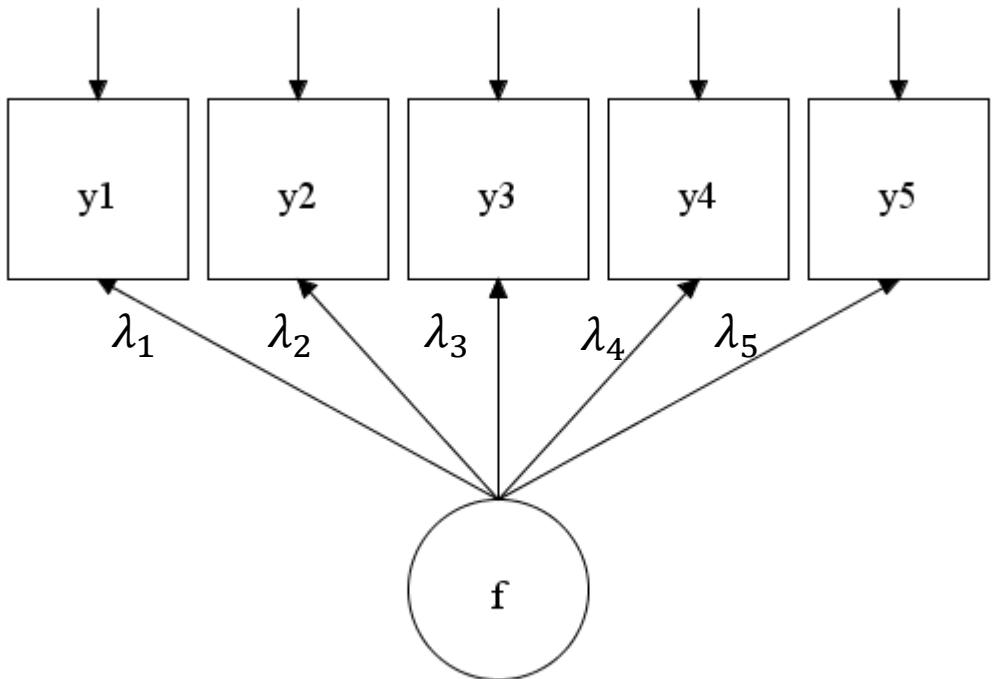
Si me propongo generalizar (hacer inferencia) sobre la magnitud y variabilidad del fenómeno  $\theta$  con base en un conjunto de indicadores, debo preguntarme lo siguiente:

¿Cuál es el modelo generativo de la variación de  $\theta$ ?

¿Qué estructura tiene?

¿Qué parámetros tiene?

# Propuesta de modelo



Propongo un modelo con las siguientes características:

- Unidimensional
- La variabilidad de y<sub>1</sub>-y<sub>5</sub> es atribuible a **f** o es atribuible a **error aleatorio**

Para estimar la confiabilidad de los scores que podría producir con la combinación de y<sub>1</sub>-y<sub>5</sub> el modelo general debe sostenerse, de otra manera no puedo confiar en los parámetros

# 1. Evalúo si el modelo es generativo

- Checar ajuste global del modelo
  - RMSEA, TLI, CFI, Chi-Square

## Criterios para evaluar un CFA

Summary of the suggested cut off for the goodness-of-fit statistics. The values of RMSEA, CFI and TLI need to be taken as an approximation.

La combinación de datos junto con parámetros reproduce la variabilidad observada en los datos.

Index	Range values	Poor model fit rule
$\chi^2$	p-values 1-0	$p < .05$
<i>RMSEA</i>	p-values 1-0	$p > .06$
<i>CFI</i>	1 – 0	$< .95$
<i>TLI</i>	1 – 0	$< .95$

## 2. Evalúo la confiabilidad global a partir de los parámetros

### Estadísticos de confiabilidad: Omega

- Los mejores estadísticos de confiabilidad son  $\omega$  and  $\omega_h$
- $\omega$  es conocida como el techo de confiabilidad, i.e. valor más alto estimado.
- Calcula la proporción de la varianza de todos los indicadores que se explica por el factor.
- Tiene un valor máximo de 1 y un mínimo de 0.
- Valores  $> .8$  son deseables. Explicaremos por qué.

$$\omega = \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^p \lambda_{ij} \right)^2}{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^p \lambda_{ij} \right)^2 + \sum_{i=1}^p e_i}$$

# El paquete lavaan

## lavaan is easy and intuitive to use

- the 'lavaan model syntax' allows users to express their models in a compact, elegant and useR-friendly way; for example, a typical CFA analysis looks as follows:

```
library(lavaan)
myData <- read.csv("/path/to/mydata/myData.csv")
myModel <- '
  f1 =~ item1 + item2 + item3
  f2 =~ item4 + item5 + item6
  f3 =~ item7 + item8 + item9
  .

  fit <- cfa(model = myModel, data = myData)
  summary(fit, fit.measures = TRUE)
```

- you can choose between a user-friendly interface in combination with the fitting functions `cfa()` and `sem()` or a low-level interface using the fitting function `lavaan()` where 'defaults' do not get in the way
- convenient arguments (eg. `group.equal="loadings"`) simplify many common tasks (eg. measurement invariance testing)
- lavaan outputs all the information you need: a large number of fit measures, modification indices, standardized solutions, and technical information that is stored in a fitted `lavan` object

# El paquete lavaan

lavaan provides many advanced options

- full support for meanstructures and multiple groups
- several estimators are available: ML (and robust variants MLM, MLMV, MLR), GLS, WLS (and robust variants DWLS, WLSM, WLSMV), ULS (ULSM, ULMV), DLS, and pairwise ML (PML)
- standard errors: standard, robust/huber-white/sandwich, bootstrap
- test statistics: standard, Satorra-Bentler, Yuan-Bentler, Satterthwaite, scaled-shifted, Bollen-Stine bootstrap
- missing data: FIML estimation
- linear and nonlinear equality and inequality constraints
- full support for analyzing **categorical data**: lavaan (from version 0.5 onwards) can handle any mixture of binary, ordinal and continuous observed variables
- (from version 0.6 onwards): support for **multilevel level SEM**

# Ejemplo

This call to `reliability` produces the following output:

```
openness  
alpha 0.5999111  
omega 0.6079033  
omega2 0.6079033  
omega3 0.6078732  
avevar 0.2461983
```

Omega ((Bollen, 1980; see also Raykov, 2001) y omega2 (Bentler, 1972, 2009) se calculan utilizando la varianza “supuesta” bajo el modelo –casi siempre =1-

Omega3 se basa en la varianza observada en los datos .61 es la proporción del score total que es atribuible al factor -61% de señal-

Yang and Green (2015) asserted that applied researchers should be more interested in the reliability of an observed total score  $X$  than in the reliability of a latent total score  $X^*$  because observed scores, rather than latent scores, are most frequently used to differentiate among individuals in research and practice. Yang and Green established that, compared with  $\omega_u$ ,  $\omega_{u-cat}$  produces more accurate reliability

# Ejemplo 2

Además de cargas factoriales, tenemos un parámetro adicional: El umbral

El umbral es el valor latente a partir del cual una persona cambia de la categoría 0 a 1

Por ejemplo, esperaríamos que las personas con carencia de agua entubada tuvieran el mismo umbral – severidad latente-

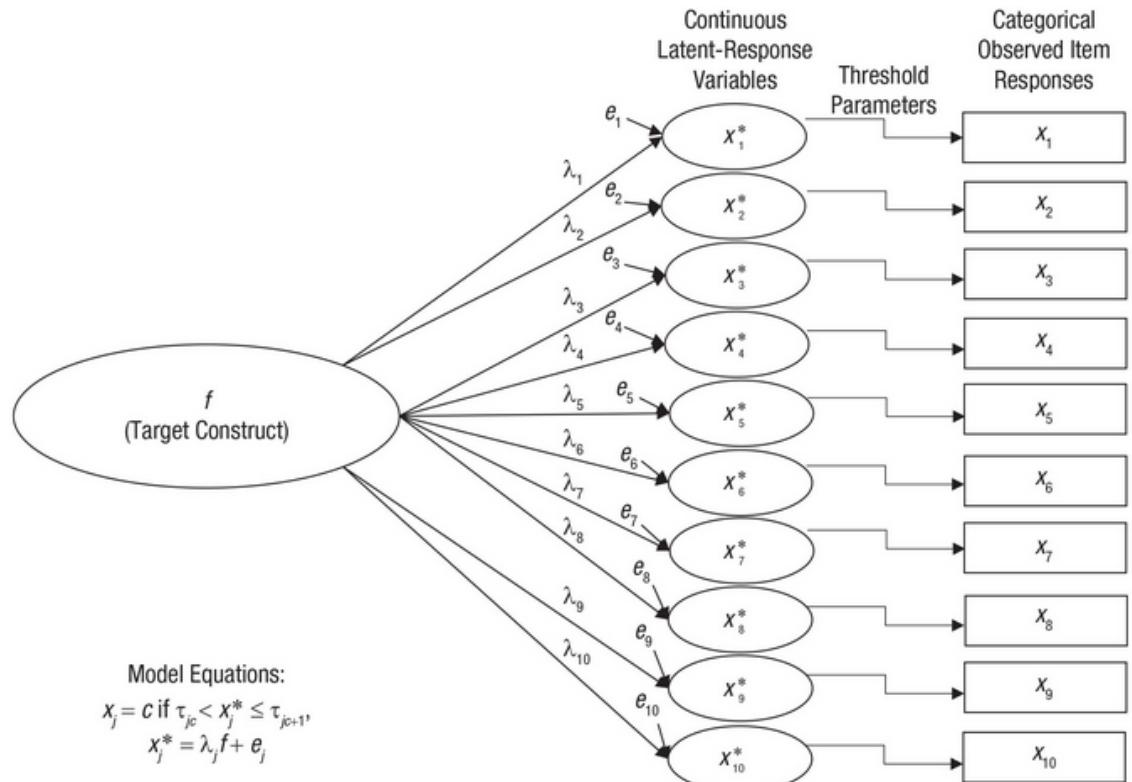


Fig. 2. One-factor model for a unidimensional test consisting of 10 ordinal items. See the text for further explanation.

# Ejemplo 2

```
> reliability(fit1f)
```

compRel

This call to `reliability` produces the following output:

```
psyctcsm
```

```
alpha 0.8007496
```

```
omega 0.7902953
```

```
omega2 0.7902953
```

```
omega3 0.7932682
```

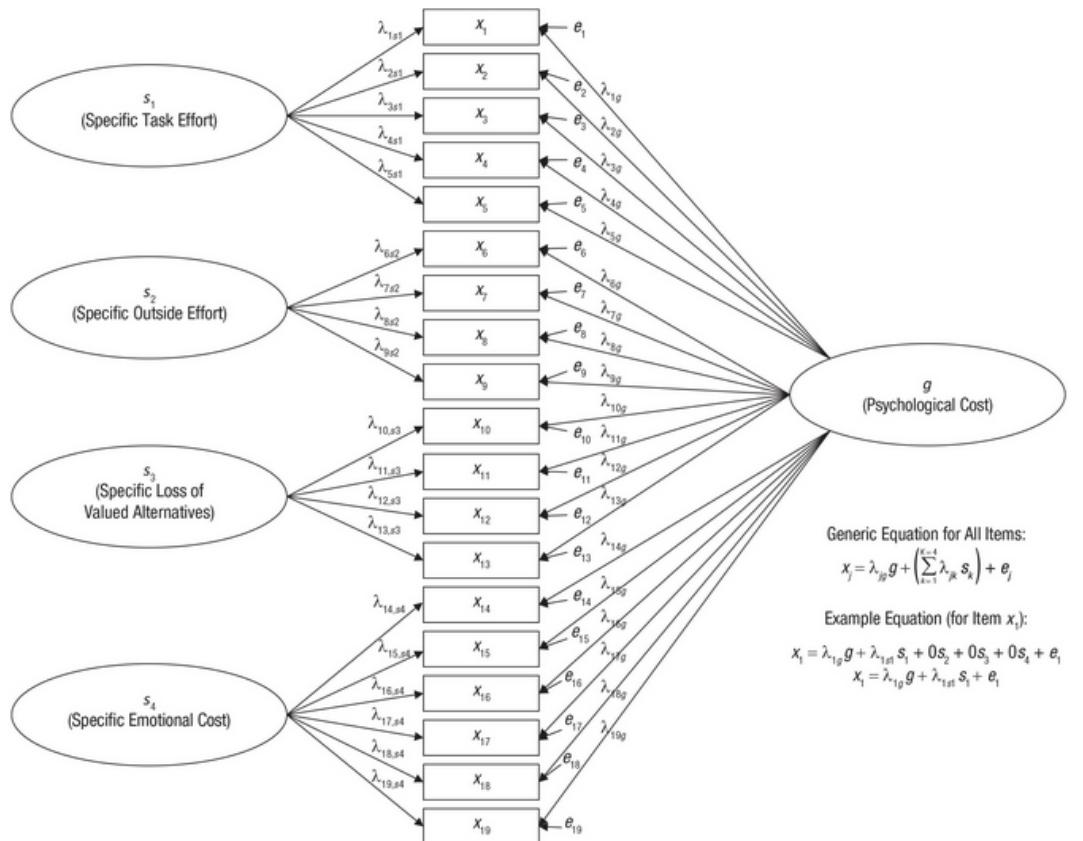
```
avevar 0.5289638
```

Alpha es un Alpha Ordinal!

Omega y Omega2 usan la varianza que supone el modelo del factor

Omega3 se basa en la varianza observada en los datos

# Ejemplo 3



Nos interesa el omega total y el omega jerárquico:

La confiabilidad atribuble a las dimensiones

$$\text{Generic Equation for All Items:}$$

$$X_j = \lambda_{jg} g + \left( \sum_{k=1}^{K-1} \lambda_{jk} s_k \right) + e_j$$

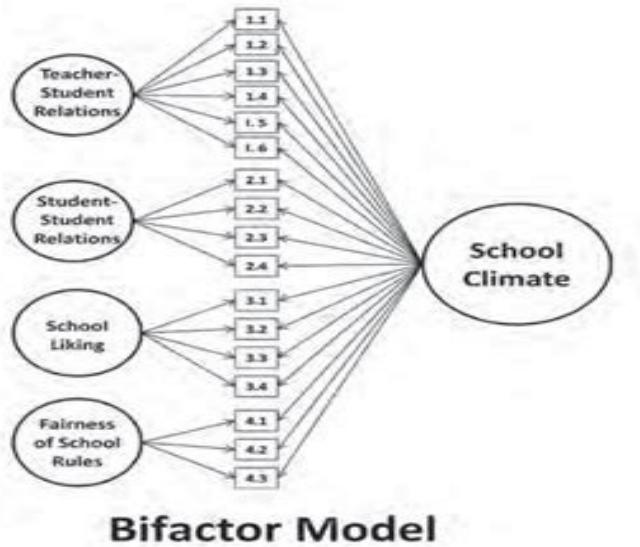
$$\text{Example Equation (for Item } X_1\text{):}$$

$$X_1 = \lambda_{1g} g + \lambda_{1,S1} s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + e_1$$

$$X_1 = \lambda_{1g} g + \lambda_{1,S1} s_1 + e_1$$

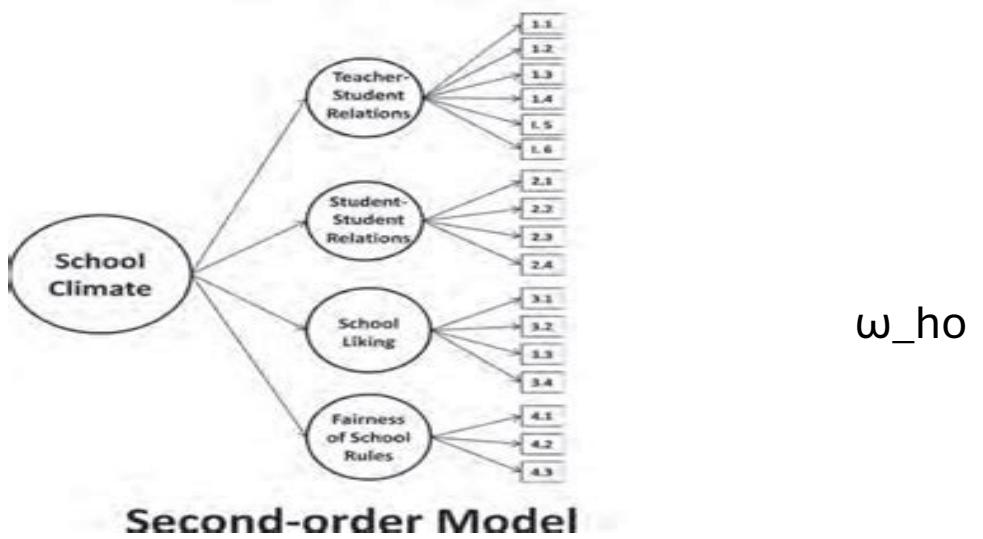
Fig. 3. Bifactor model for the psychological-cost scale. See the text for further explanation.

# Ejemplo 3



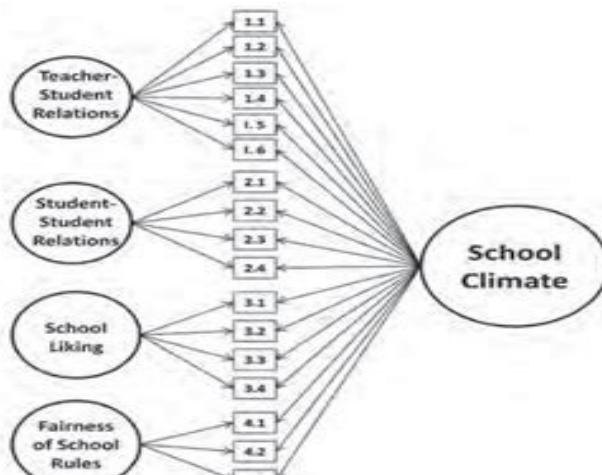
$\omega_h$

% del score global que se atribuye al factor general o de alto orden

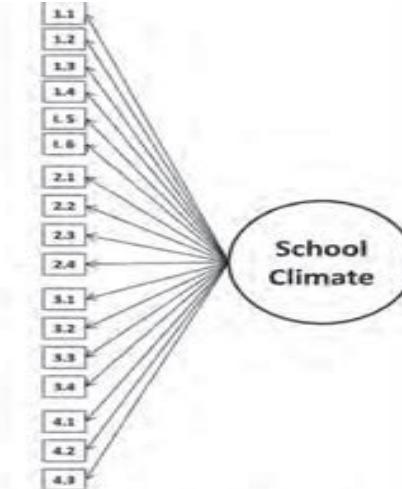


$\omega_{ho}$

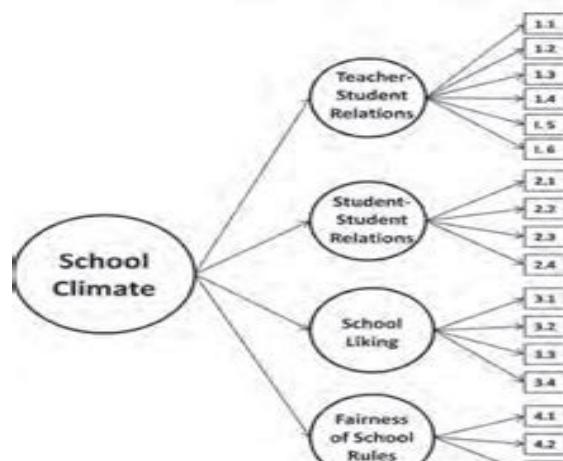
# Posibles estructuras multidimensionales



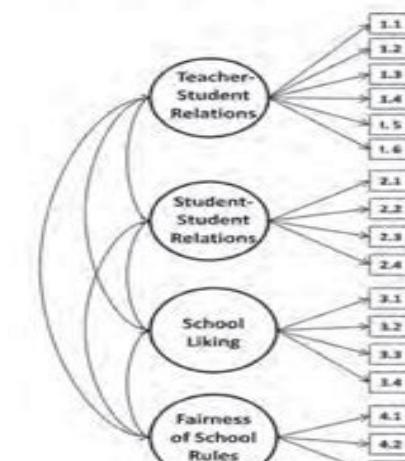
**Bifactor Model**



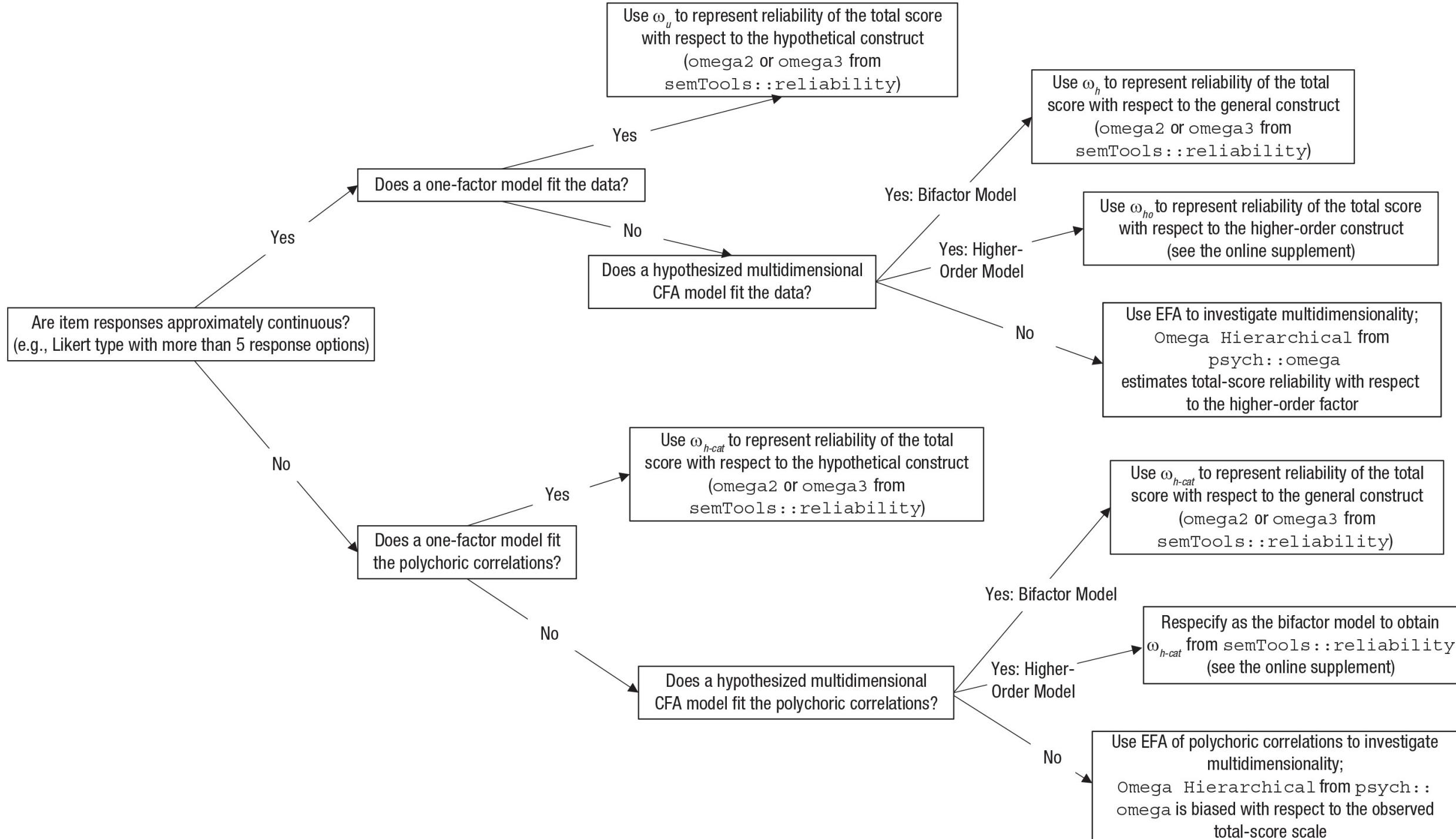
**One-factor Model**



**Second-order Model**



**Four-factor Model**



# Nota al pie

- Análisis exploratorios

# Análisis factorial exploratorio

- El modelo de medición está subdeterminado
- La relación entre los indicadores y aquello que quiero medir está pobemente especificada
- Las hipótesis de la relación entre los indicadores y el factor de interés son generales
- La probabilidad de que haya más dimensiones no es igual a cero pero desconozco su valor

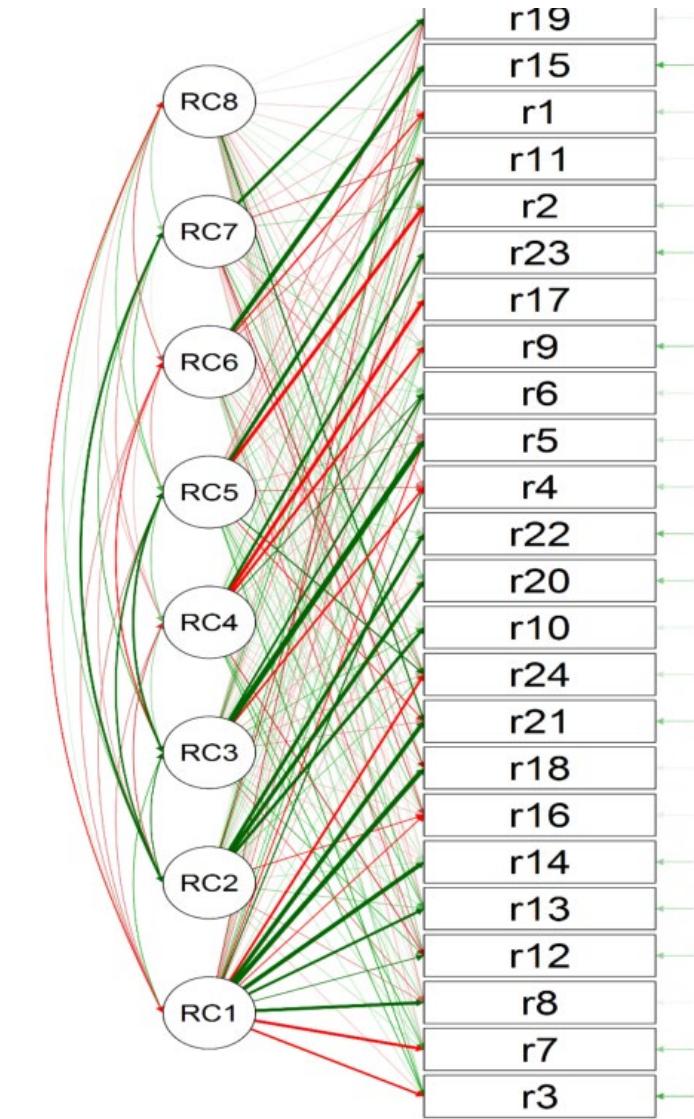
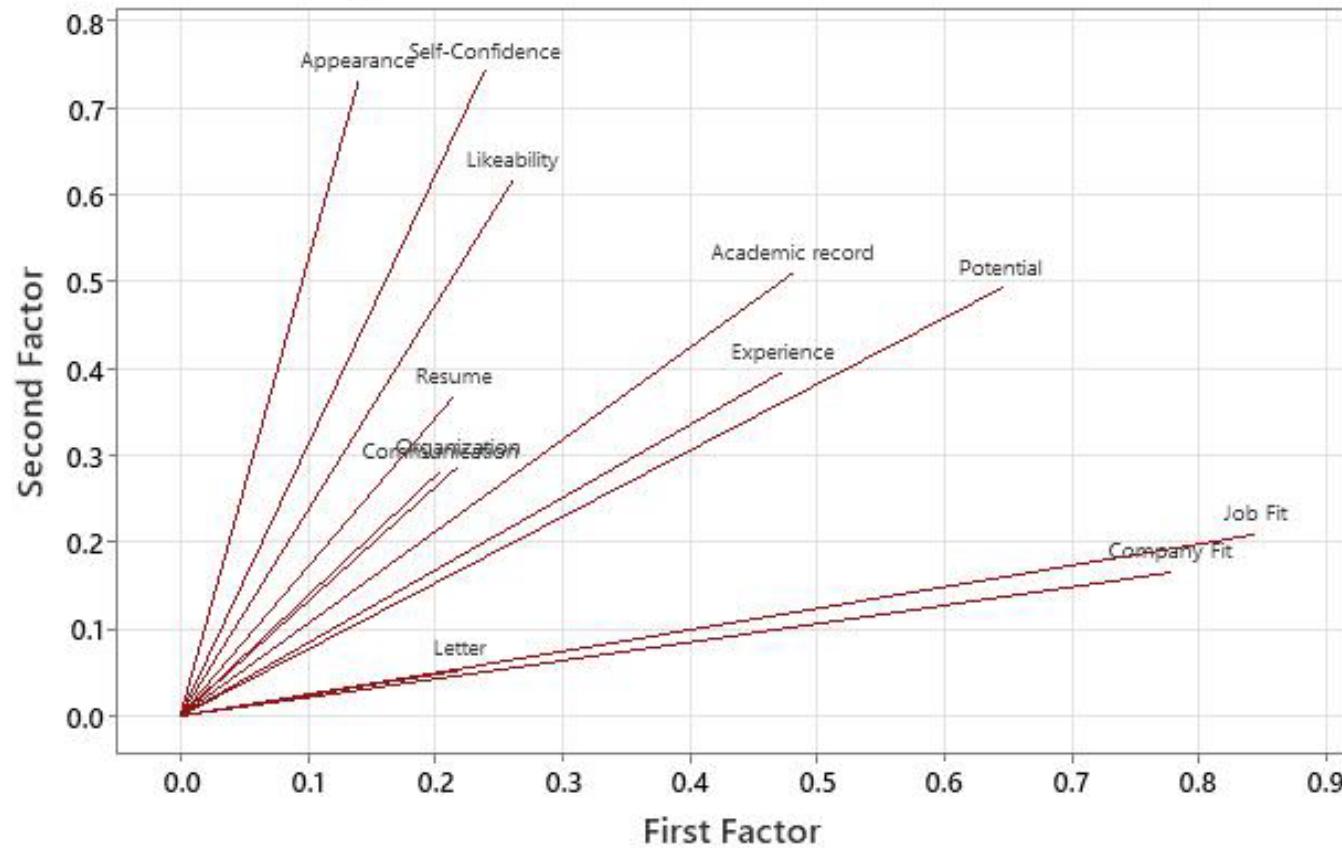
Análisis factorial exploratorio

# Análisis factorial exploratorio

Múltiples grados de libertad

- Se estima un modelo incondicional de una dimensión
- Se evalúa el ajuste y el error de medición por indicador
- Se seleccionan sólo aquellos indicadores que rastrean la misma señal
- ¿Cómo descarto la posibilidad de que los indicadores con alto error no sean parte de una segunda dimensión?

Loading Plot of Academic record, ..., Self-Confidence



Múltiples especificaciones

# Análisis factorial exploratorio

AFC vs Análisis de componentes principales

La discusión ya no es en términos de **modelos de medición** sino de **métodos de estimación**:

Los resultados son distintos porque usamos métodos distintos y no porque usamos modelos diferentes

# Ejemplo: Cálculo de Omega AFE

- En el caso exploratorio:
  - Estimo un modelo factorial exploratorio con número creciente de factores
  - Elijo una solución
  - Aplico la fórmula de McDonald

Mal modelo:

RMSEA>.06

```
## The df corrected root mean square of the residuals is  0.08
## RMSEA index =  0.165  and the 10 % confidence intervals are  0.16  0.17
## BIC =  2626.29
```

1 Podría usar la función `omega()` del paquete `pysch`

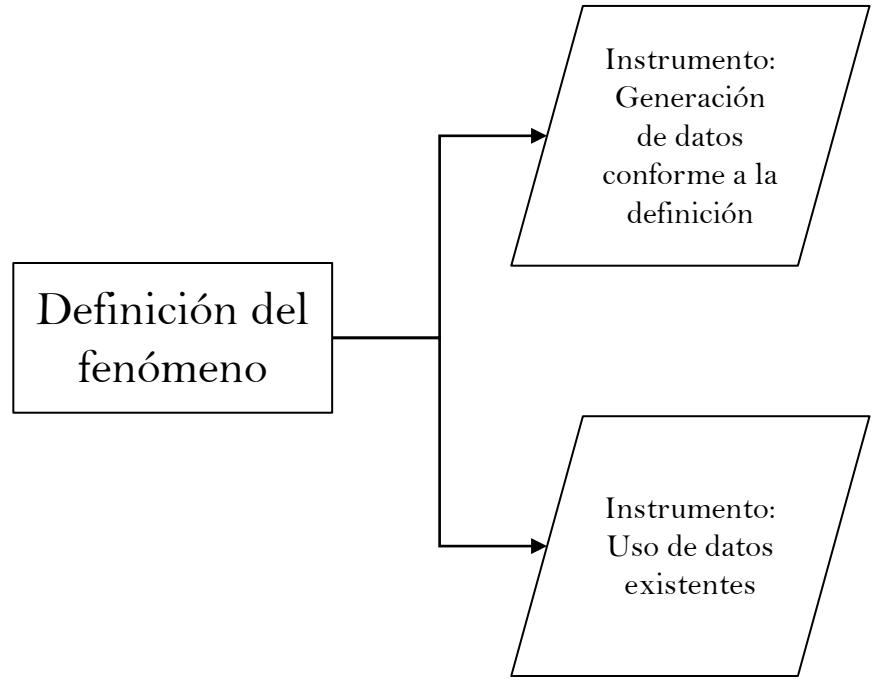
```
O<-omega(D[,3:13], nfactors = 1)
O
```

```
## Omega
## Call: omegah(m = m, nfactors = nfactors, fm = fm, key = key, flip = flip,
##               digits = digits, title = title, sl = sl, labels = labels,
##               plot = plot, n.obs = n.obs, rotate = rotate, Phi = Phi, option = option,
##               covar = covar)
## Alpha:                 0.86
## G.6:                  0.89
## Omega Hierarchical:   0.88
## Omega H asymptotic:  1
## Omega Total:          0.88
##
## Schmid Leiman Factor loadings greater than  0.2
##           g  F1*   h2   u2 p2
## analfabetismo  0.85    0.72  0.28  1
## inasistencia   0.30    0.09  0.91  1
## sinedbasica    0.75    0.57  0.43  1
## accesosalud-      0.01  0.99  1
## pisotierria    0.81    0.65  0.35  1
## sinsanitario   0.30    0.09  0.91  1
## sinaguaentubada 0.49    0.24  0.76  1
## sindrenaje     0.73    0.53  0.47  1
## sinenergia     0.60    0.35  0.65  1
## sinlavadora    0.88    0.77  0.23  1
## sinrefrigerador 0.87    0.76  0.24  1
##
```

Flujo de trabajo en Medición

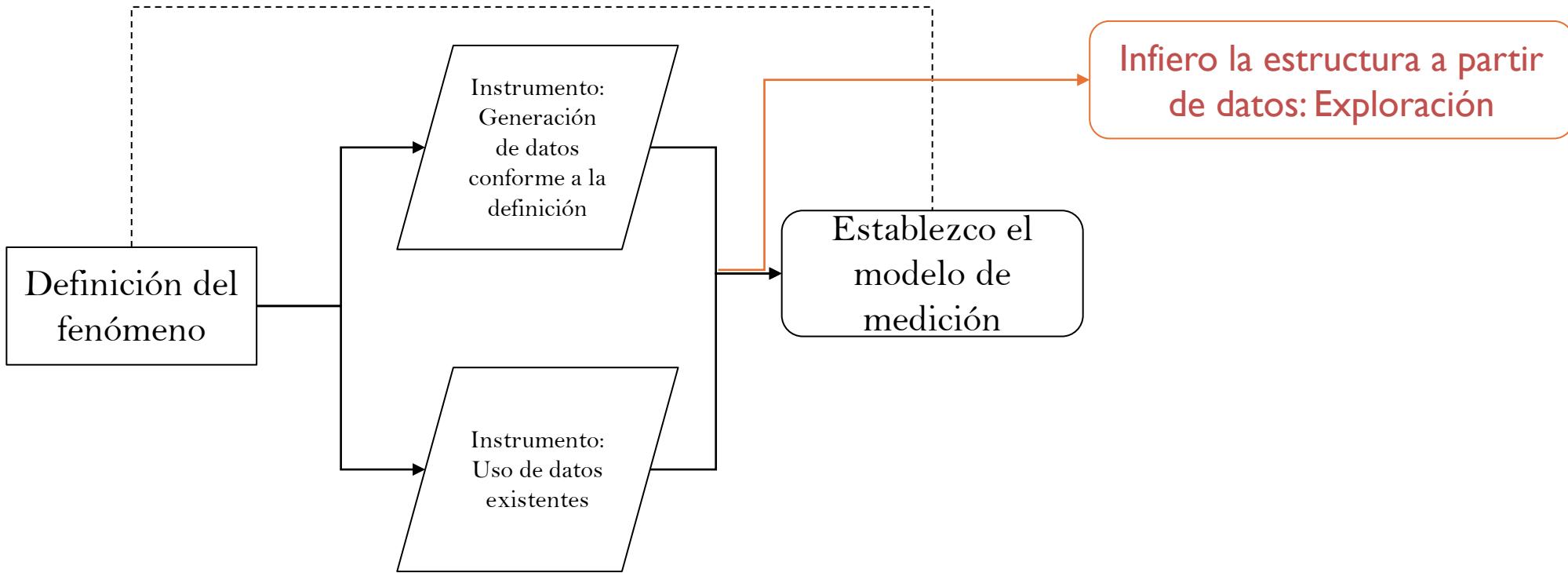
Definición del  
fenómeno

Flujo de trabajo en Medición

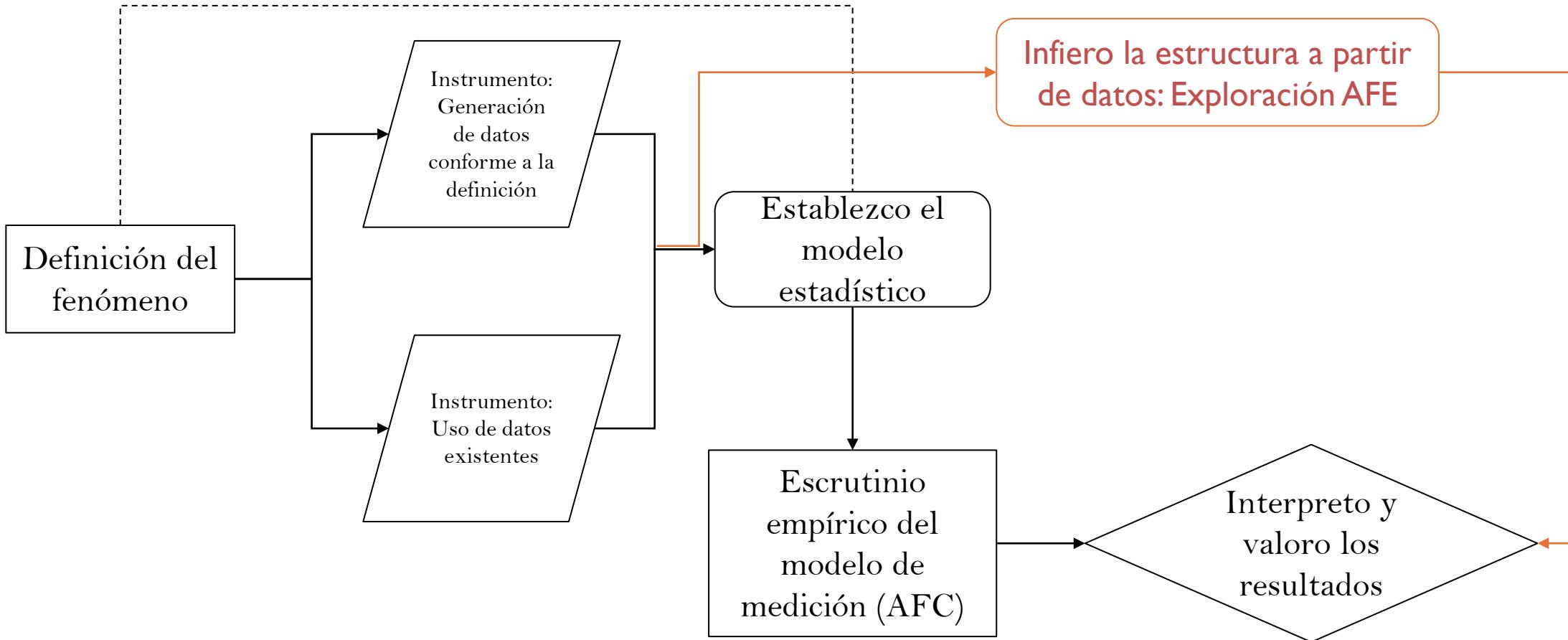


¿Cuáles son las manifestaciones?

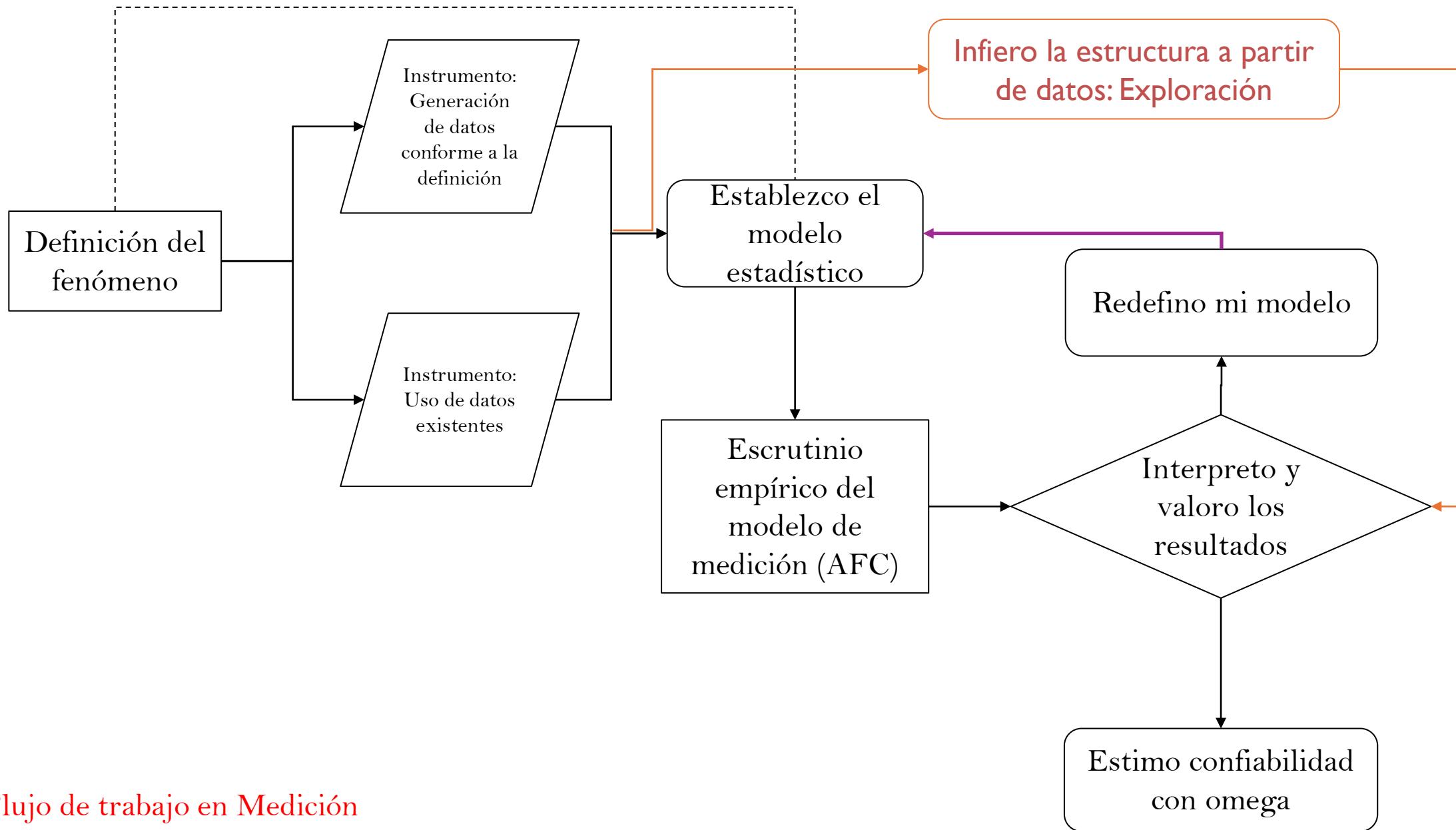
Flujo de trabajo en Medición

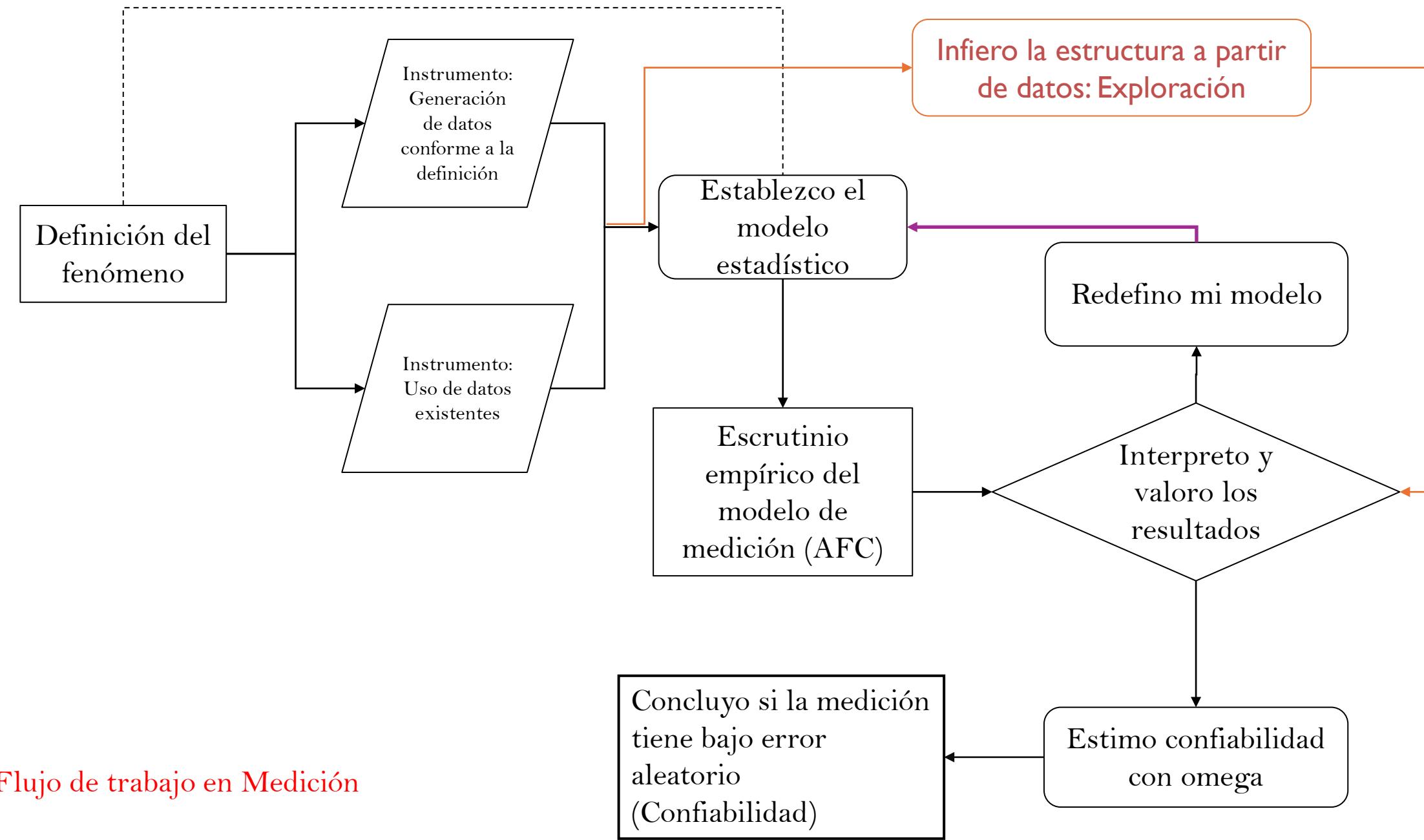


Flujo de trabajo en Medición

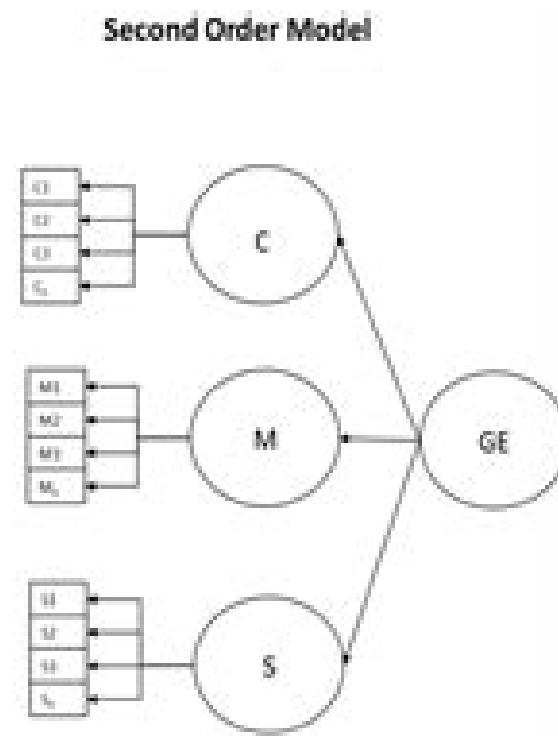
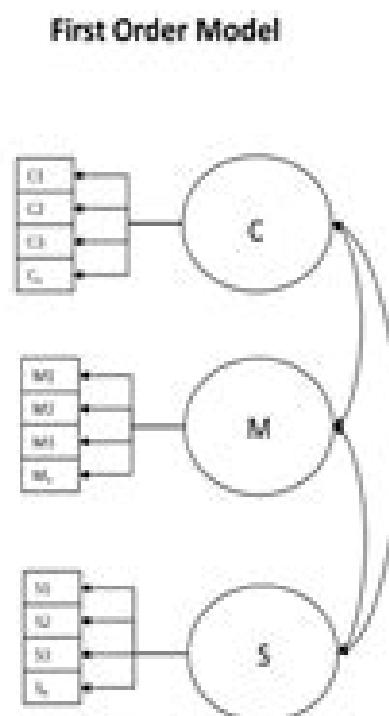
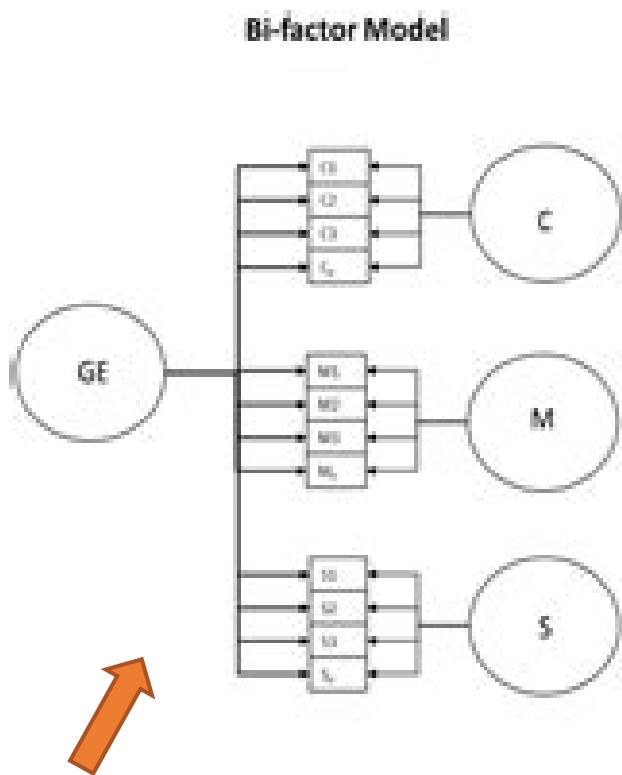


Flujo de trabajo en Medición





# Medición multidimensional



Estimación de  
Omega!