

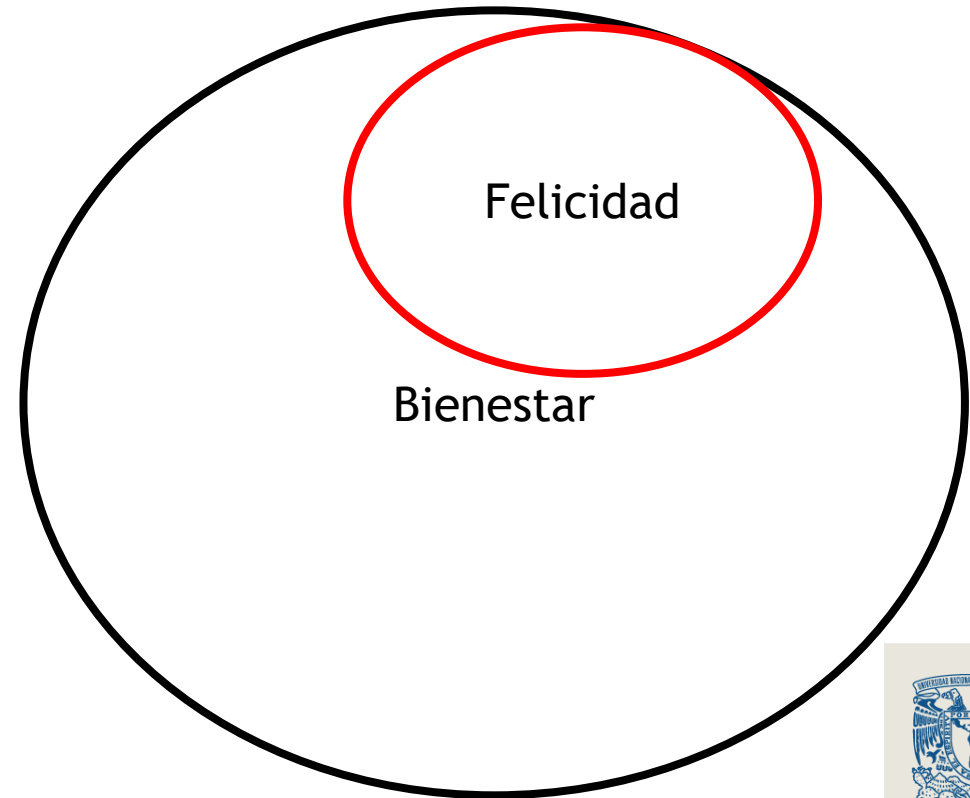
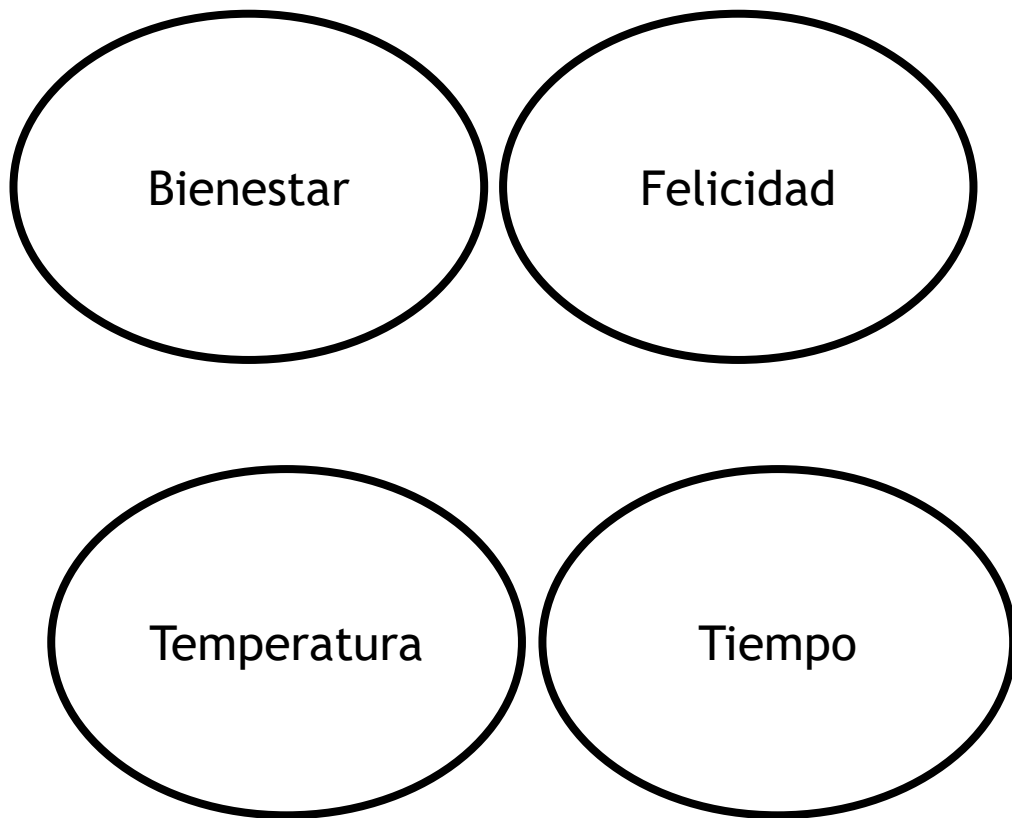
# ¿Qué es medir y bajo qué criterios confiamos en nuestras mediciones?

Dr. Héctor Nájera  
PUED-UNAM



# Ideal en ciencias

“El ideal en el trabajo científico es trabajar con conceptos que tengan un límite claro - **una frontera.**” (p. 29)



# Medición

¿Cómo entra la medición en el trabajo científico?

¿Es distinto su carácter en unas disciplinas respecto a otras?

¿Por qué tiene un componente matemático / estadístico?



# ¿Cómo entra la medición en el trabajo científico?

Teorías matemáticas de la medición

Operacionalismo y convencionalismo

Realismo

Teoría de la información

Medición basada en modelos



# ¿Cómo entra la medición en el trabajo científico?

Teorías matemáticas de la medición

Operacionalismo y convencionalismo

Realismo

Teoría de la información

Medición basada en modelos

Respectful operationalism


[Elina Vessonen](#)   [View all authors and affiliations](#)

[Volume 31, Issue 1](#) | <https://doi.org/10.1177/0959354320945036>

 Contents

 PDF / ePub

 Cite article

 Share



# ¿Cómo entra la medición en el trabajo científico?

Teorías matemáticas de la medición

Operacionalismo y convencionalismo

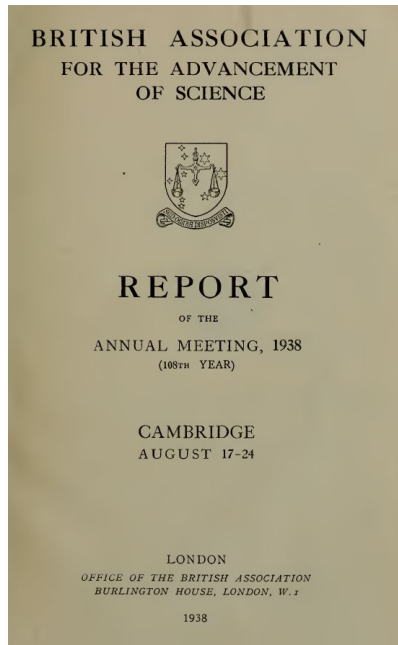
Realismo

Teoría de la información

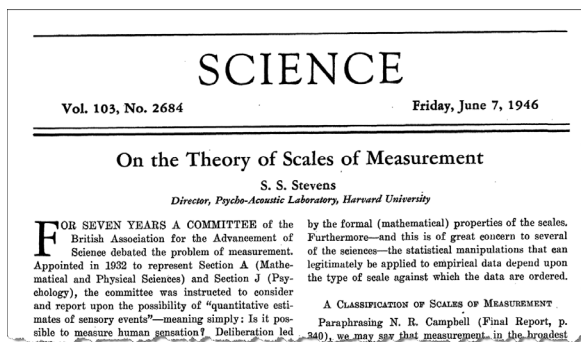
Medición basada en modelos



# Teorías matemáticas de la medición



[M]easurement [is] the assignment of numerals to objects or events according to rule — any rule. Of course, the fact that numerals can be assigned under different rules leads to different kinds of scales and different kinds of measurements, not all of equal power and usefulness. Nevertheless, provided a consistent rule is followed, some form of measurement is achieved. [Stevens, 1959, 19]



# Orígenes: Teorías matemáticas de la medición

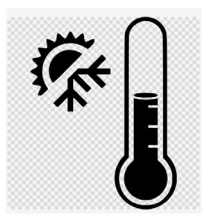
Nominal  
(Cualitativo)



Ordinal  
(Cualitativo)



Intervalo

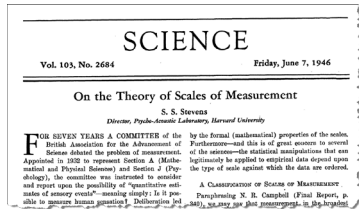


Razón



La propiedad es “representada” por un número.

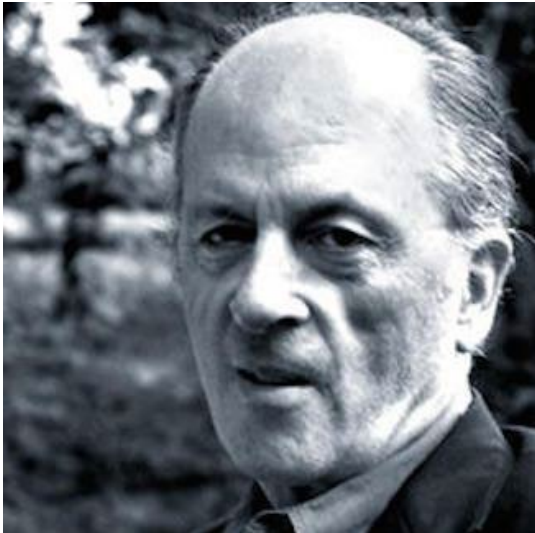
No es una teoría de la medición sino una teoría de las escalas que se usan en medición





# ¿Solo hay medición extensiva?

- Debe poderse definir una operación (experimental) de **concatenación** sobre los elementos del sistema empírico que **refleje** la adición cuantitativa.



Norman Robert Campbell (1880–1949)

- Sin la operación de concatenación (adición), no se pueden construir escalas numéricas, y sin esta operación el concepto de magnitud carece de sentido.
- No se pueden justificar las correspondencias postuladas

La medición que no puede ser!

# Teorías matemáticas de la medición

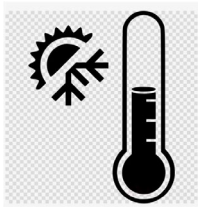
Nominal  
(Cualitativo)



Ordinal  
(Cualitativo)



Intervalo

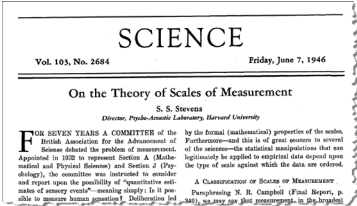


Razón



La propiedad es “representada” por un número.

Incluso sin números puedo determinar algunos aspectos de las propiedades vía experimentación



# Teorías matemáticas de la medición

Tal vez sólo se pueden medir aquellos “**objetos discernibles**”.

- Un kilo: Metal, plátanos, arena...
- Un metro: Dos reglas, una rama, palo de escoba

Propiedades extensivas

Simple additive properties

- 10 puntos de IQ: mmm...
- Luminosidad: Lumens... Intensidad de la luz? Entonces intensidad?
- Dureza: mmm...
- Bienestar, pobreza, desigualdad, clase social, etc.

Propiedades intensivas



# Interpretabilidad representacional



Stanley Smith Stevens  
(1906-1973)

- Propiedades intensivas: Hay un número importante de supuestos hechos en la psicología y la mayoría pueden, con algo de esfuerzo, especificarse en términos de definiciones operacionales
- Basta especificar una estructura matemática en relación al subconjunto de los hechos de interés.
- Demostrar que tal medición toma sentido depende del propio poder de la medición



# Interpretabilidad representacional



Stanley Smith Stevens  
(1906-1973)



Nominal

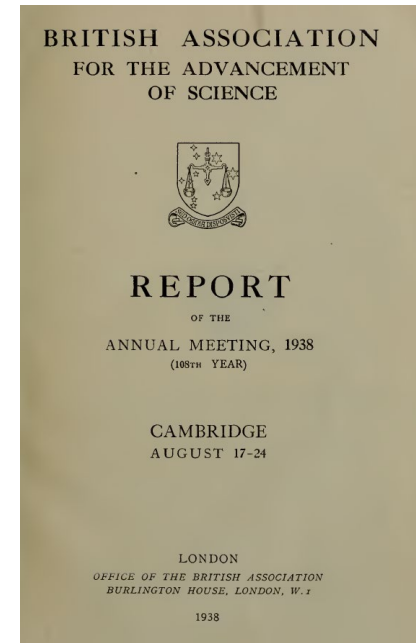
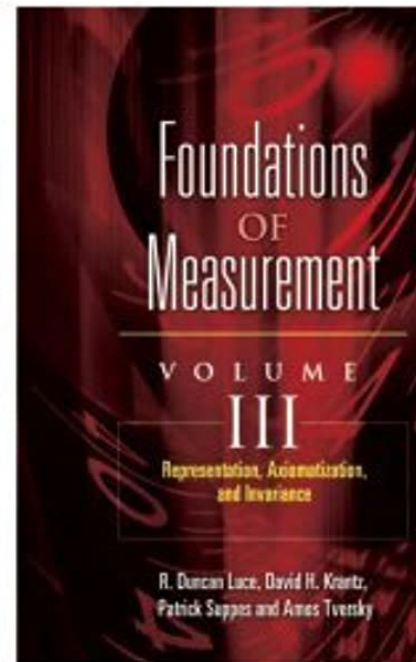
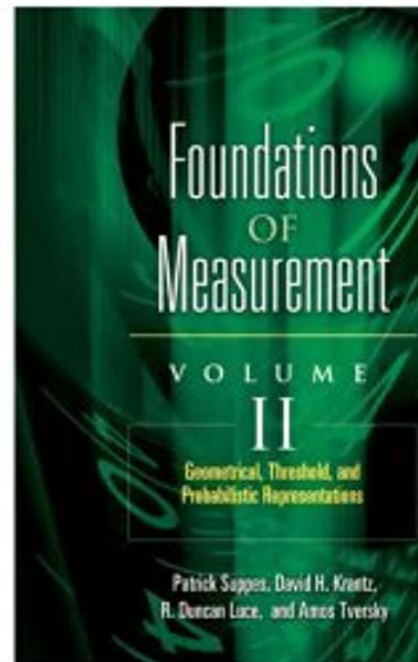
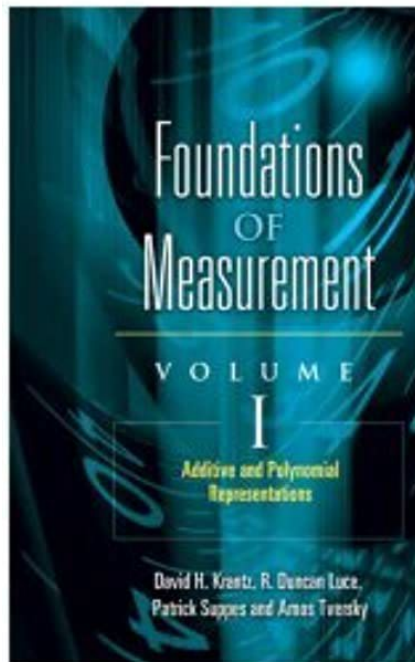
Ordinal



“A” representa el score máximo del test y al mismo tiempo la habilidad máxima observada

# Teoría representacional de la medición

- Teoría representacional de la medición
- Este abordaje a la medición dominó las reflexiones teóricas en el siglo XX.



“... monumental work” Kyburg, 1984

# Teoría representacional de la medición (RTM)

- Stevens (1959):

[M]easurement [is] the assignment of numerals to objects or events according to rule — any rule. Of course, the fact that numerals can be assigned under different rules leads to different kinds of scales and different kinds of measurements, not all of equal power and usefulness. Nevertheless, provided a consistent rule is followed, some form of measurement is achieved. [Stevens, 1959, 19]

## Measurement in Economics

Marcel Boumans, in [Philosophy of Economics](#), 2012

### 1 The Representational Theory of Measurement

The dominant measurement theory of today is the **Representational Theory** of Measurement (RTM).<sup>1</sup> The core of this theory is that measurement is a process of assigning numbers to attributes or characteristics of the empirical world in such a way that the relevant qualitative empirical relations among these attributes or characteristics are reflected in the numbers themselves as well as in important properties of the number system.





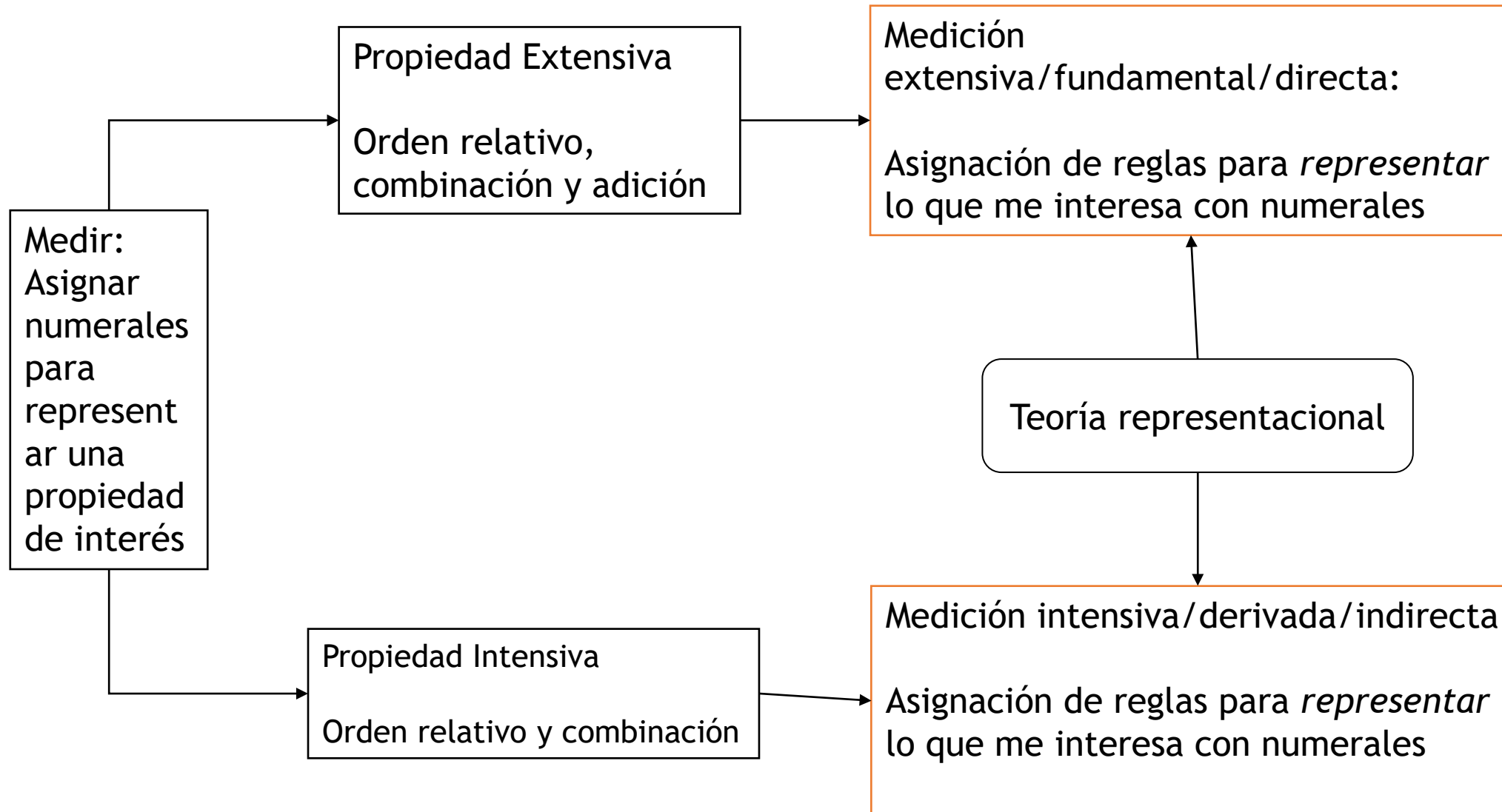
# Medición bajo la teoría representacional

“A conceptual analysis of measurement can properly begin by formulating the two fundamental problems of any measurement procedure. The first problem is that of **representation**, justifying the **assignment of numbers to objects or phenomena**. [S]how[ing] ...that the structure of a set of phenomena under certain empirical operations and relations is the same as the structure of some set of numbers under corresponding arithmetical operations and relations. [T]he second fundamental problem, **determining the scale type** of a given procedure.” (Suppes, P., 1998. *Routledge Encyclopedia of Philosophy*.)





# Teoría representacional



¿Es suficiente?

# Ejemplos teoría representacional en propiedades intensivas

- Simetría: Si  $x \succsim y$  entonces  $P(x:z) = P(y:z)$
- Replicación invariante:  
Si  $x \succsim Px^*2$  entonces  $P(x:z) = P(y:z)$
- Foco: Si  $x_i > y_i$  y  $y_i > z$   $P(x:z) = P(y:z)$
- Transfer: Si  $\Delta x_i$  entonces  $P(x:z) < P(y:z)$

Poverty: An Ordinal Approach to Measurement

Amartya Sen

*Econometrica*, Vol. 44, No. 2, (Mar., 1976), pp. 219-231.



Journal of Public Economics  
Volume 95, Issues 7-8, August 2011, Pages 476-487



Counting and multidimensional poverty measurement

[Sabina Alkire](#)<sup>a 1</sup> , [James Foster](#)<sup>a b 1</sup>  

Multidimensional poverty indices

[Kai-yuen Tsui](#)

*Social Choice and Welfare* 19, 69-93 (2002) | [Cite this article](#)



# Tres consecuencias de la teoría representacional

Consideren las dos condiciones necesarias (¿y suficientes?) de la teoría representacional (asignación de reglas y definición de la escala de la medición)

- No es necesario hacer algún tipo de valoración empírica (Experimento)
- No se puede ni siquiera establecer el experimento si los axiomas son tratados como enunciados lógicos de realización instantánea
- No hay manera de incorporar el tema de error de medición
- El concepto es la operacionalización vía reglas



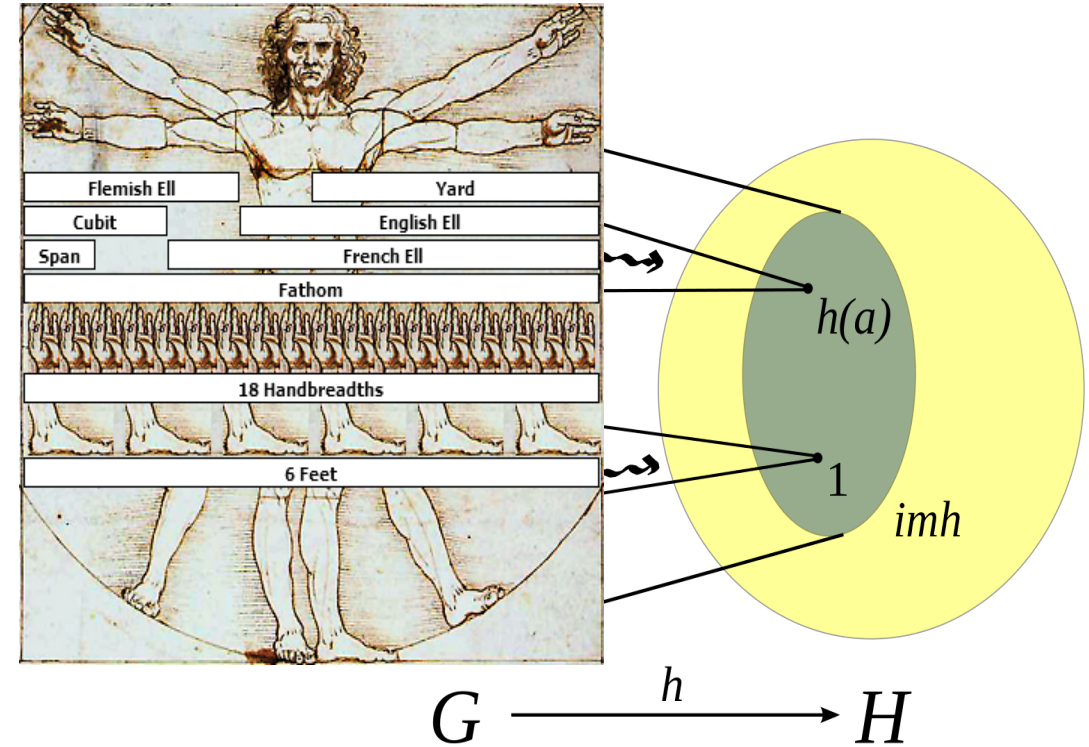
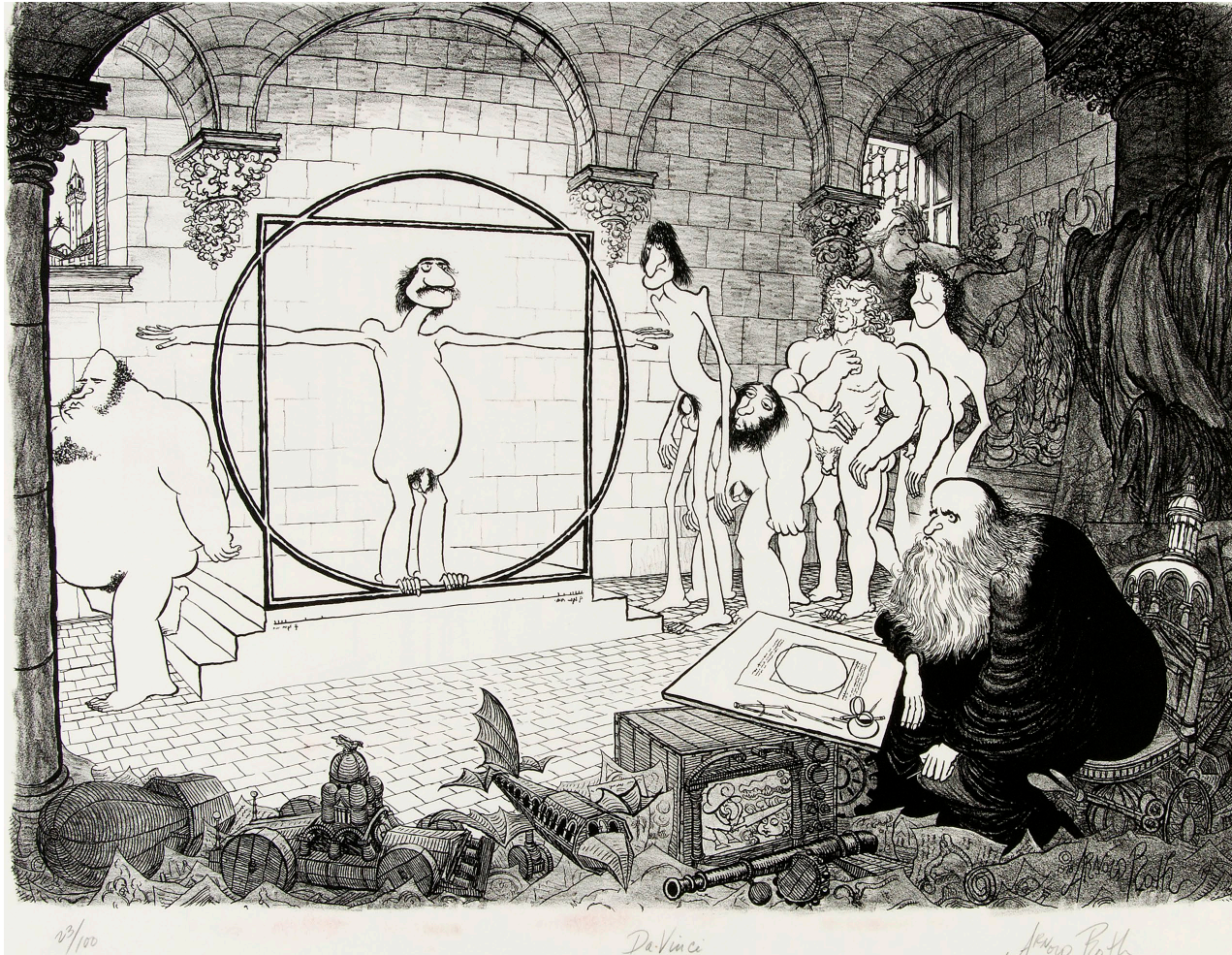
# Teoría representacional y Experimentación

- “It is all very well to say that *if* a certain set of the attributes of objects and a certain operation on them obey certain axioms, *then* those attributes can be represented by a function of a certain sort from those objects to the real numbers. **But we also want to know that the axioms *are* satisfied.**” Kyburg, 1984





# Reglas y experimento



# Experimento y observación

“Déjenme enfatizarlo de nuevo, el tratamiento de ciertas propiedades mediante números solamente tiene sentido si se sigue de experimento y observación del objeto científico en cuestión” (Hanson, 2018, p. 18)

El descubrimiento de que una propiedad es medible descansa en la investigación de corte experimental: supuestos y evidencia empírica al respecto.



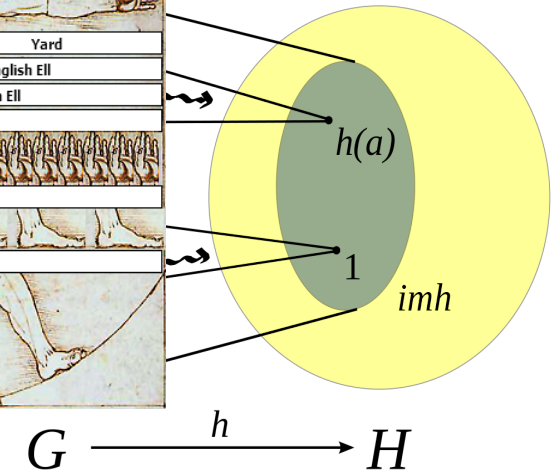
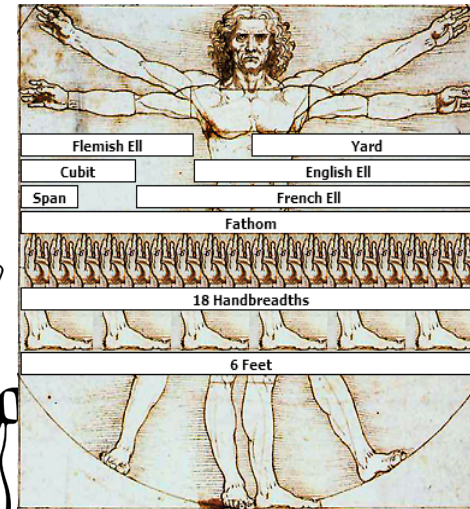
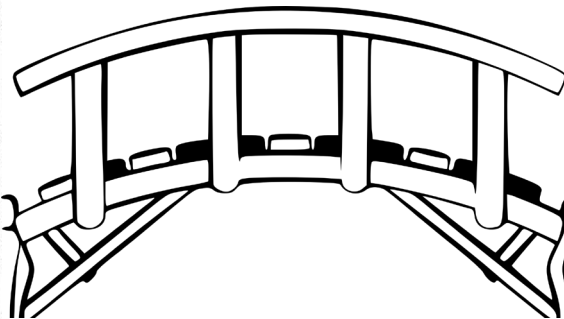


# Puntos de tensión

- Los axiomas representan relaciones teóricas ideales, no relaciones operacionales observables (siempre falibles, cargadas de teoría).



Teoría  
cuantitativa  
del error



[https://en.wikipedia.org/wiki/Foot\\_\(unit\)#/media/File:Determination\\_of\\_the\\_rute\\_and\\_the\\_feet\\_in\\_Frankfurt.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Foot_(unit)#/media/File:Determination_of_the_rute_and_the_feet_in_Frankfurt.png)

# Kyburg: Satisfacción de axiomas

En tanto los axiomas son “ideales”, está muy bien encontrar una maquinaria (fórmula) que los respete

Pero también queremos saber si se satisfacen; **problema clásico de inferencia científica**

Por lo que sabemos, la medición es imperfecta. Aunque no podemos esperar resultados perfectos, necesitamos saber qué tan lejos estamos

Esto se dice fácil pero es muy difícil de lograr...

Veamos un ejemplo





# Pensemos en lo siguiente

Axiomas transitivos. Escala de informalidad:

- $A > B > C > D$
- $A > C > D$
- $B > C > D \dots$

T1

$A > B > C > D$

Todo constante

T2

$A > D > C > B$



¿Qué decidirían hacer?  
¿Qué opciones tienen?

# Camino en medición. Violación de axiomas

Kyburg: ¿Qué contestaríamos?

1. Lo que queremos medir no se puede medir. (No me equivoqué en los axiomas)
2. Buscamos axiomas alternativos con propiedades deseables.
3. Pensar que los axiomas son deseables desde el punto de vista teórico. Tendríamos que establecer las bases teóricas para aceptarlos o rechazarlos.
4. Necesitamos una teoría cuantitativa -probabilística- del error. Reglas para aceptar o rechazar los axiomas.



# Experimento

Encontrar un proceso (instrumento) para medir cierta propiedad

Establecer reglas claras y dejarlo en manos del **mundo experimental**

Una buena medición es aquella que me dice algo significativo de la propiedad de interés

**La medición será científica o no será!**



# Reglas y experimento

Tasa de ocupación en el sector informal. Series desestacionalizadas

28.6 Porcentaje de la población ocupada  
2022 2T



Fuente:

INEGI. Series calculadas por métodos econométricos a partir de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

$X_t > X_{t-1}$  entonces la tasa informalidad creció

Pandemia (Experimento)

Desploma la inscripción al IMSS

Hay evidencia de que los cambios en X rastrean los cambios en informalidad

El experimento solamente es possible en el marco de una teoría con enunciados claros (hipótesis) respecto a qué observar / buscar



# Reglas y experimento

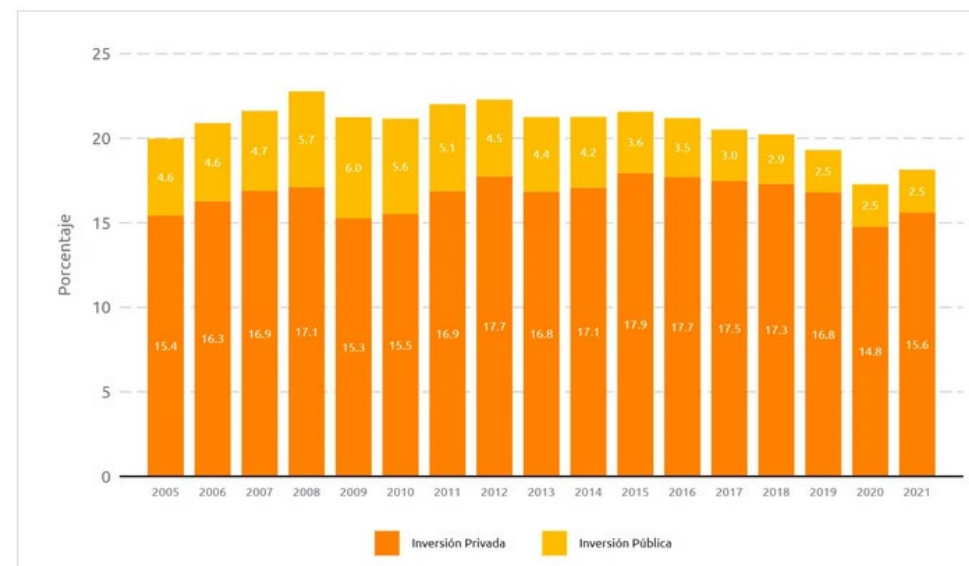
## 3 Inversión pública en México

En México, **de 2005 al primer trimestre de 2022**, la formación bruta de capital fijo (inversión) como proporción del PIB fue de 20.6 % en promedio. Durante el mismo período, **la inversión pública promedió 4.0 % del PIB y la inversión privada 16.1 %**. Dentro del período de análisis, la inversión total pasó de 22.8 % del PIB en 2008 a 17.3 % en 2020, año de la crisis económica y sanitaria generada por la pandemia de Covid-19. En tanto que para el primer trimestre de 2022 se ubicó en 18.6 % del PIB. En lo que se refiere particularmente a **la inversión pública**, esta **pasó de 6.0 % del PIB en 2009 a 2.5 % en 2019**; mientras que para 2021 se ubicó en 2.54 % del PIB (ver figura 1).

$$\Delta FBC_t = \Delta IP_t$$

$$\Delta FBC_t * 2 = \Delta IP_t * 2$$

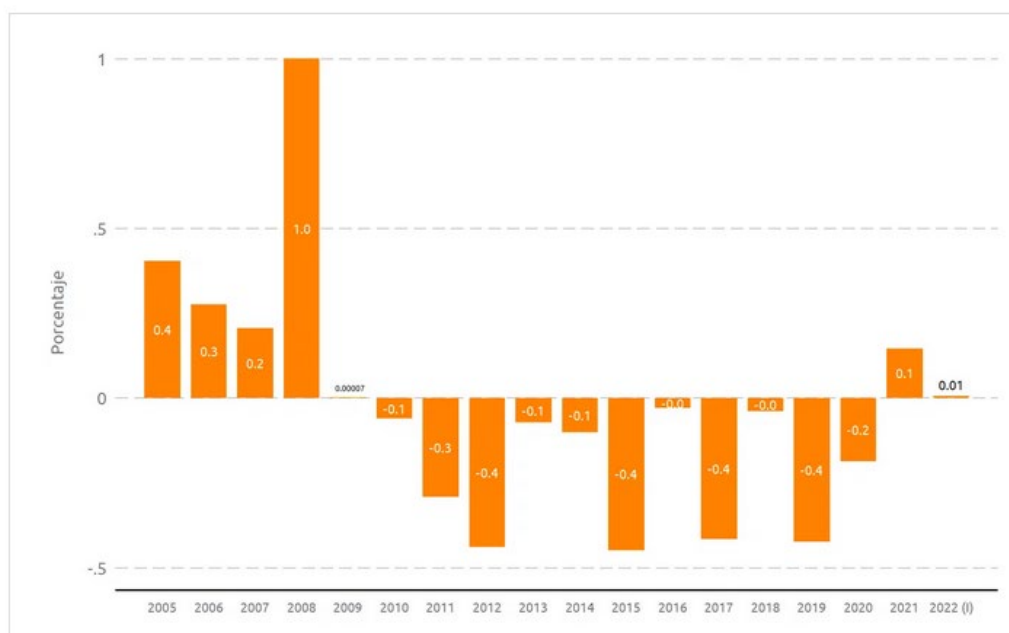
Figura 1: Formación Bruta de Capital Fijo en México, 2000-2021 (1)



# Reglas y experimento

Sin embargo, **para 2021, de los 4.8 puntos porcentuales que creció la economía, la inversión pública aportó 0.14 puntos porcentuales.** Lo anterior, si bien es un aporte marginal, rompe con una racha de más de una década de contribuciones negativas a la tasa de crecimiento. En tanto, para el primer trimestre de 2022, el aporte de la inversión pública a la tasa de crecimiento económico del mismo período fue de 0.01 %.

Figura 3: Aporte de la dinámica de la inversión pública a la tasa de crecimiento económico



Sería útil un modelo (teórico) que nos dijera qué esperar de la relación entre inversión pública y el crecimiento económico

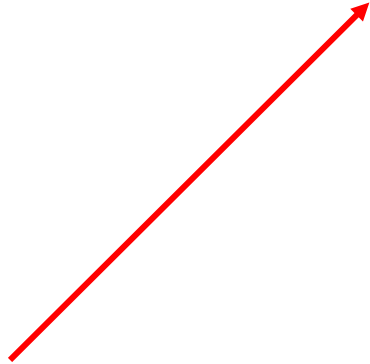
Con base en el modelo podemos ir hacia atrás:

Inversión, Inversión pública, formación bruta de capital, bruto, capital, etc.

# Necesitamos puentes ¿Pero por qué?

## The Complementarity of Psychometrics and the Representational Theory of Measurement

Elina Vessonen



En la terminología moderna:  
Variables latentes o ecuaciones  
estructurales





# Teoría representacional

Mundo empírico: Realidad



Estructura numérica



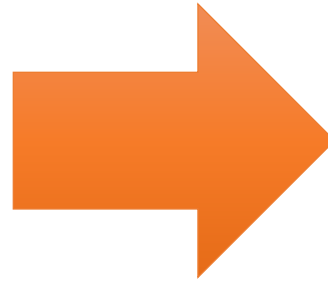
Homorfismos  
(escalas  $\varphi$ )

- Axiomas: Satisfacer axiomas no contradictorios que sustenten la contrucción de homorfismos ( $\varphi$ ).
- Theorema: Las posibles transformaciones de  $\varphi$  que lleven a la misma estructura
- Experimento: Distancia entre lo deseado y lo obtenido



# Teoría representacional y el error

Teoría representacional: ¿Lo que observo es la realidad?

A screenshot of the SAS Data Editor window. The main window displays a dataset with 22 observations and 3 variables: s, expr, and lnw. The variables are listed in the right-hand pane with their properties: Name, Label, Type, Format, and Value label. The dataset is named 'data' and is currently in 'Edit' mode.

	s	expr	lnw
1	10	.384	6.215
2	11	1	4.968
3	16	.798	6.315
4	16	0	6.109
5	12	1.191	5.964
6	12	.692	5.491
7	12	0	5.823
8	16	1.872	5.841
9	16	0	6.068
10	12	.916	5.416
11	11	2.962	5.704
12	12	0	5.493
13	16	.556	5.979
14	12	7.128	6.356
15	12	10.077	6.12
16	16	.478	6.176
17	12	0	6.082
18	15	1.374	5.849
19	12	4.333	5.491
20	16	4.363	6.136
21	14	1.378	5.652
22	12	0	5.142

A screenshot of the RStudio environment. The top pane shows the R console with the command 'read\_and\_write\_SAS\_files\_in\_R.Rmd'. The bottom pane shows a data frame with 5 rows and 6 columns: ID, Name, Day, Age, Response, and Gender. The data is as follows:

ID	Name	Day	Age	Response	Gender
1	John	First	23	0.1089764612	0
2	Billie	First	22	0.0381281520	0
3	Robert	First	20	0.0947061066	0
4	Don	First	27	0.0576329496	0
5	Joseph	First	21	-0.1753926989	0

¿Son los axiomas o es la realidad la que está mal?

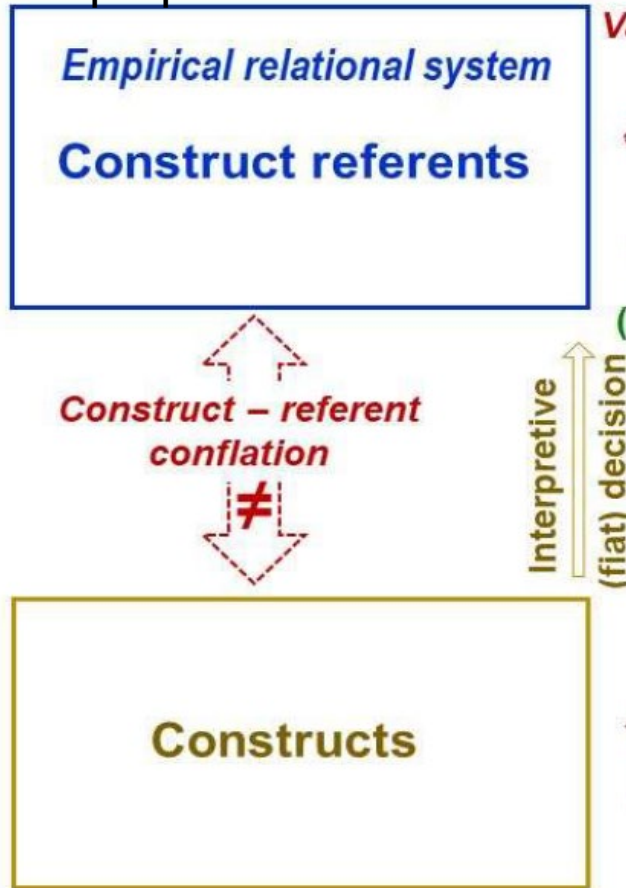
¿Es mi base de datos la  
realidad?



e.g.  
Inteligencia  
: El  
concepto,  
no hay  
duda, es un  
atributo que  
la persona  
posee!

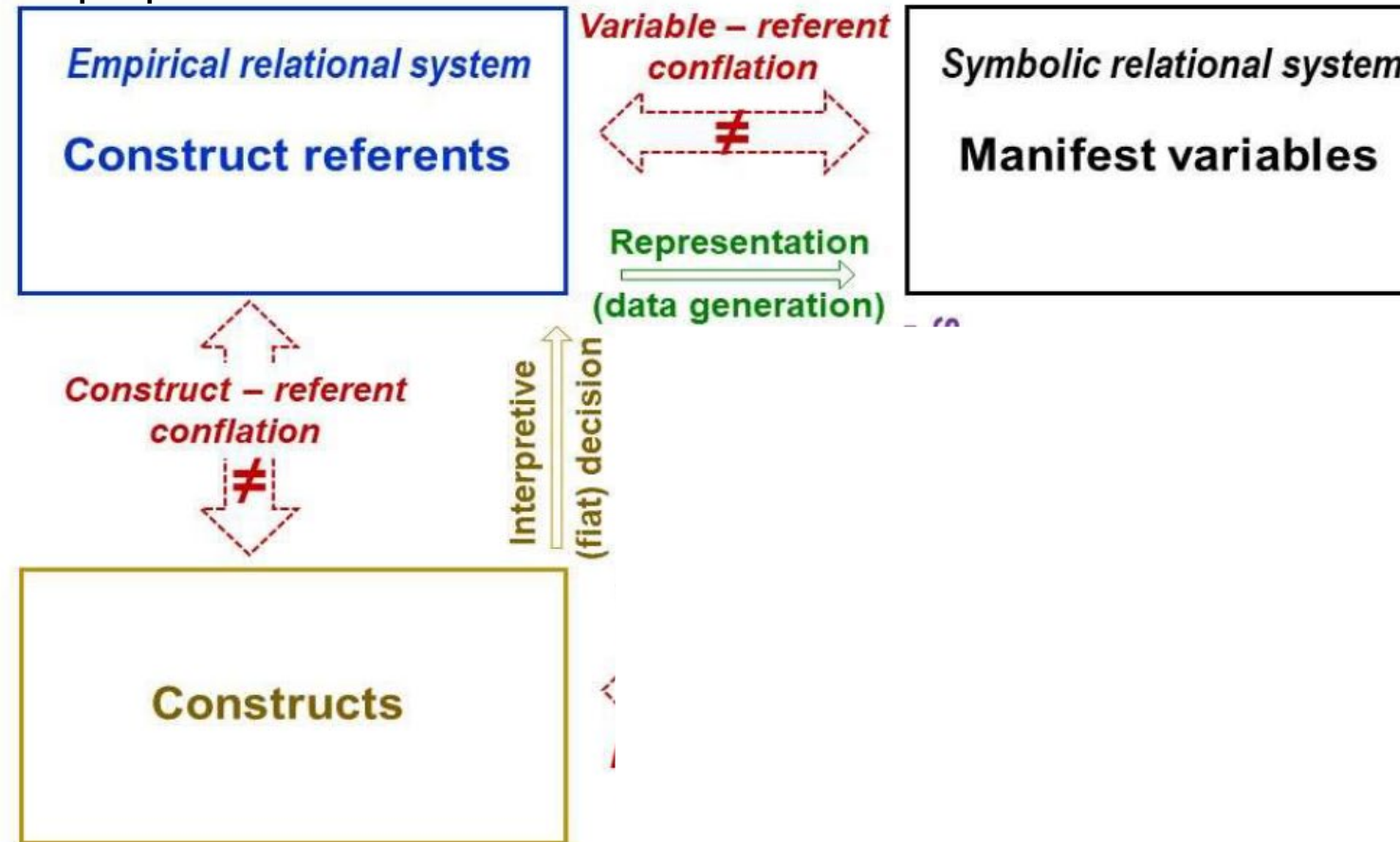
**Constructs**

Datos - Encuestas. Creemos que las variables son perfectas manifestaciones del constructo de interés. El resultado de medir pero no las propiedades a medir!



e.g.  
Inteligencia  
: El  
concepto,  
no hay  
duda, es un  
atributo que  
la persona  
posee!

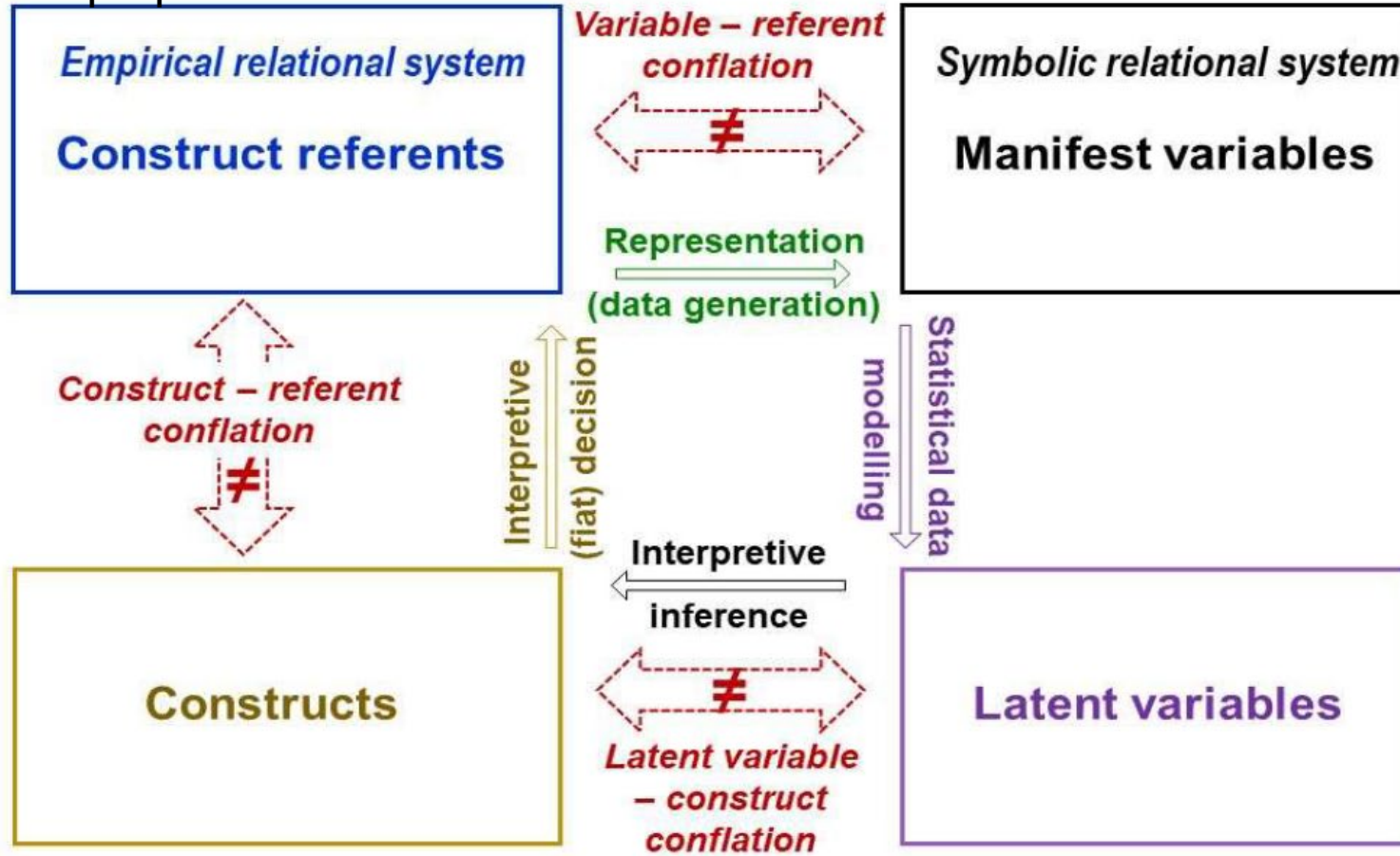
Datos - Encuestas. Creemos que las variables son perfectas manifestaciones del constructo de interés. El resultado de medir pero no las propiedades a medir!



e.g.  
Inteligencia  
: El  
concepto,  
no hay  
duda, es un  
atributo que  
la persona  
posee!

La variable latente no es el constructo de interés... es en el mejor de los casos nuestra mejor aproximación al fenómeno que nos

Datos - Encuestas. Creemos que las variables son perfectas manifestaciones del constructo de interés. El resultado de medir pero no las propiedades a medir!



e.g.  
Inteligencia  
: El  
concepto,  
no hay  
duda, es un  
atributo que  
la persona  
posee!

Todos los  
modelos  
tienen  
error!

Figure 2. Conceptual fallacies derived from misconceptions of language and concepts. The term variable here means semiotic encodings.

La variable latente no es el constructo de interés... es en el mejor de los casos nuestra mejor aproximación al fenómeno que nos

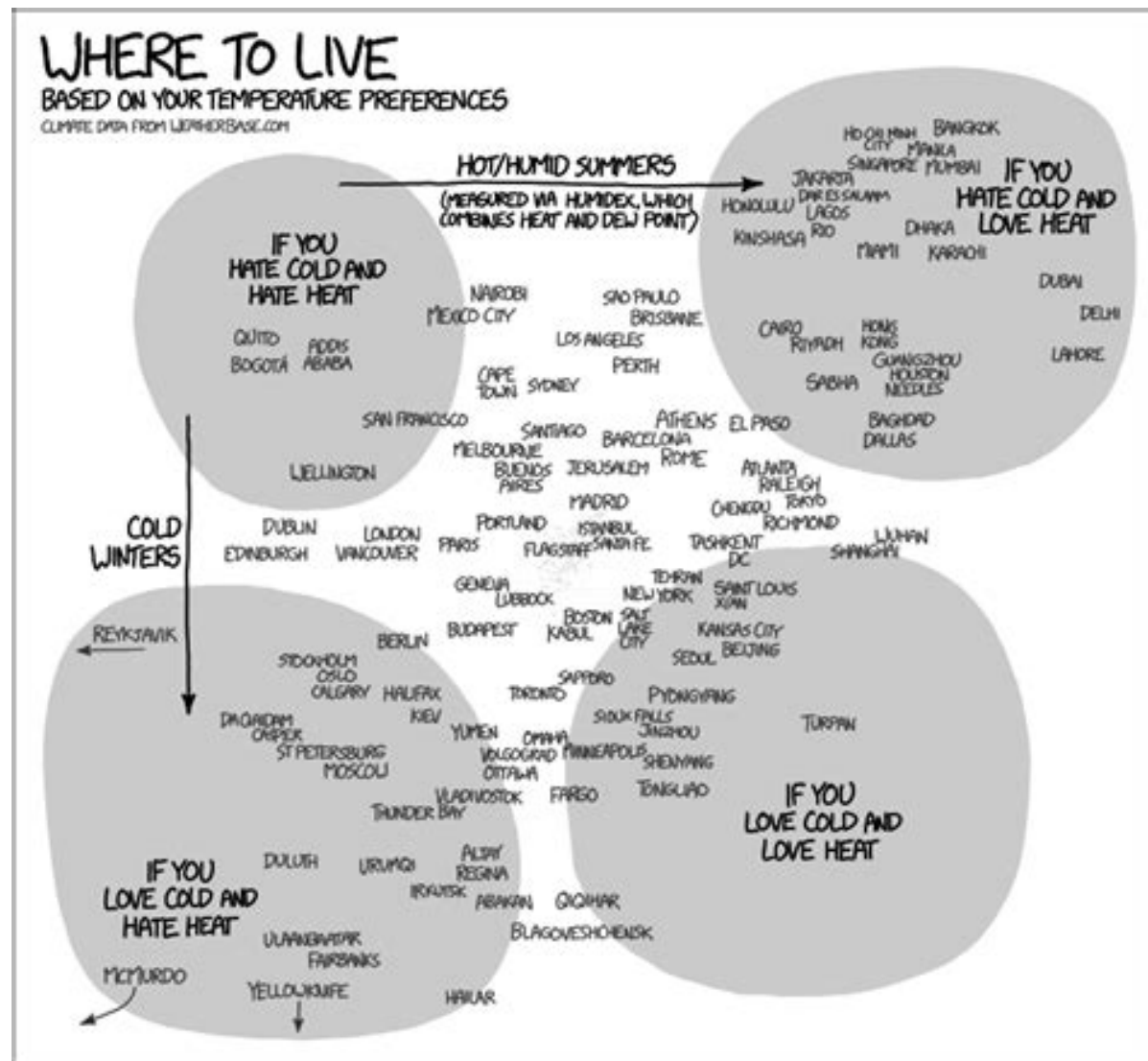
Otros retos en medición que no se abordan por las teorías matemáticas de la medición





# Kyburg: Observación, medición y juicios

- Saber que algo mide un metro es inútil si no sabemos algo sobre el sistema métrico.
- Saber que estamos a 30 grados centígrados es inútil si no sabemos algo sobre la relación entre la escala y el mundo real.
- Saber que la temperatura probablemente oscilará entre 30 y 35 grados, es útil e informativo!
- Saber que la informalidad oscila entre 40% y 45% es útil e informativo.





# Kyburg: Raramente observamos

Distingamos entre juicio y observación

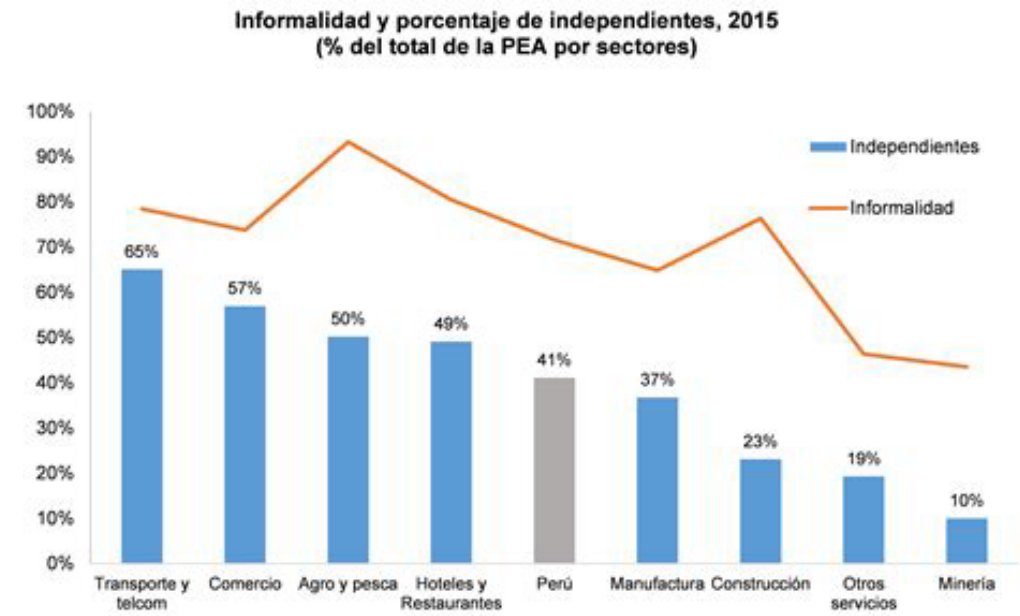
- When I **observe** that A is longer than B, I am observing a fact, I am standing in a certain relation to a true proposition.
- When I **judge** that A is longer than B, I may be standing in a similar relation to a fact, if my judgment happens to be **correct**, but there may also be no fact to which my judgment corresponds: it may be that in fact A is not longer than B.
- Raramente observamos directamente, recuerden que trabajamos con mediciones derivadas.



# Nos interesa evaluar nuestros juicios más que nuestras observaciones

Si logramos producir una teoría que cuantifique el error -con probabilidad-, entonces tendremos las bases para pasar de ida y Vuelta nuestros juicios y los “hechos” cuantitativos.

- we can use our judgments to infer (probabilistically) statements concerning the true magnitude of a quantity; and
- we can use our knowledge of magnitudes to infer (probabilistically) predictive statements concerning our judgments



Fuente: Enaho (2015)

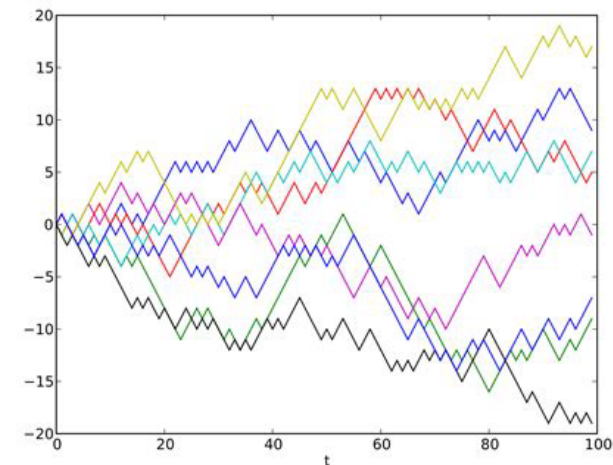
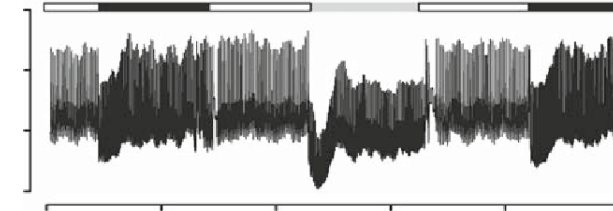
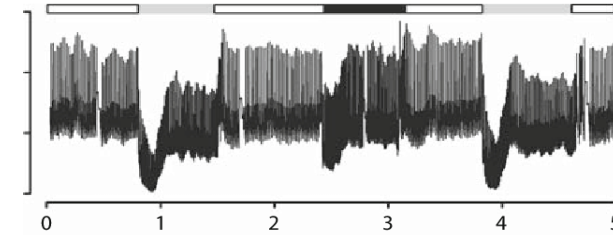
Nota: No se incluye Administración Pública ni Minería por sus bajos niveles de informalidad. Otros servicios incluye enseñanza, sevcios inmobiliarios y servicios financieros.



# ¿Hay objetividad en medición?

Cuando hablamos de juicios se abre la pregunta de objetividad.

- La medición se supone que debe ser objetiva
- ¿Qué es la objetividad? Kyburg: Other people should get the same result — and in another sense it is known to be nonobjective: the probability that someone else will get exactly the same result is 0.
- Kyburg: *Statistically speaking*, we might say that **judgments of length exhibit smaller variance than judgments of beauty**, even though it isn't clear what sense can be made of this since length and beauty belong to different dimensions.
- Subjetividad no es aleatoriedad. Es un tema de varianza deseada y varianza no deseada, y cómo se traduce en precisión



# Replicabilidad: Variabilidad y error

- What measurement of length objective is not that people always agree, but that, although they (almost) never agree, **they come very close to agreeing almost all the time**. But what enables us to say this is just what it is we **know about the distribution of errors of measurement of length**
- Most teachers in a school **agree** most of the time in their judgments of the relative intelligence of two students.
- **Agreement** falls off sharply when the situations get more complicated: when we are attempting to judge the relative length of a wolf seen last week, and a person seen the week before, or when we are attempting to judge the relative intelligence of a Greek third grader and an Argentinian high school student, when we speak neither Greek nor Spanish.



# Juicios y experimentación

- We would then subject these **judgments to a purifying process** and would emerge with a set of statements embodying a certain relational structure.
- Depends on what predictive observation statements we can believe; and **what we can believe about measurements depends on the distribution of errors of those measurements**
- The problem is that we cannot infer the distribution of errors corresponding to a technique of measurement from a sample of the differences between the true value and measured value of a quantity, since, because of the very errors we are trying to learn about, **the true value is not accessible to us.**



# ¿Cómo entra la medición en el trabajo científico?

Teorías matemáticas de la medición

Operacionalismo y convencionalismo

Realismo

Teoría de la información

**Medición basada en modelos**



# Medición basada en modelos

## Modelo teórico

Objeto científico  
Propiedades del sistema  
bajo medición  
Supuestos / Proposiciones



## Modelo estadístico

Experimento: parámetros de  
los supuestos y proposiciones  
(SEM)

Sin modelo, no hay medición



# Próxima clase

- Eran Tal. 7. Model-based accounts of measurement:

<https://plato.stanford.edu/entries/measurement-science/#ModBasAccMea>

