



## Experimentos

# INGENIERÍA DE SOFTWARE EMPÍRICA



---

Ing. Priscila Cedillo O., Ph. D.  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de Cuenca

[priscila.cedillo@ucuenca.edu.ec](mailto:priscila.cedillo@ucuenca.edu.ec)

# Temas a abordar



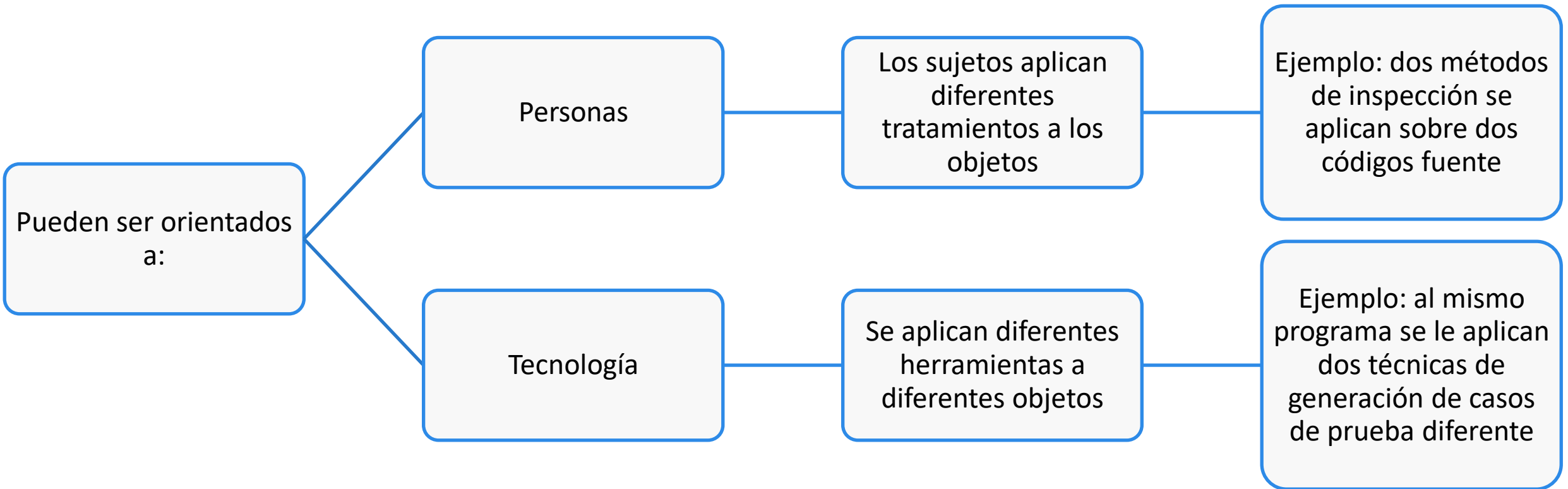
1. *Características de los experimentos*
2. *Proceso experimental*
  1. *Definición del alcance*
  2. *Planificación*
    1. *Selección del contexto*
    2. *Formulación de hipótesis*
    3. *Selección de variables*
    4. *Selección de sujetos*
    5. *Elección del diseño*
    6. *Instrumentación*
    7. *Evaluación de la validez*
  3. *Operación*
    1. *Preparación*
    2. *Ejecución*
    3. *Validación de los datos*
  4. *Análisis e interpretación*
  5. *Presentación y difusión*

# 1. Características de los experimentos

- n Un experimento es una **investigación empírica** que manipula una variable (independiente o factor) del entorno o fenómeno estudiado midiendo el efecto que tiene sobre otra variable denominada **variable dependiente**.



# 1. Características de los experimentos



# 1. Características de los experimentos

Los experimentos se utilizan para confirmar el conocimiento convencional, explorar relaciones entre sucesos, evaluar la precisión de modelos, validar métricas, etc.

En todas estas aplicaciones de los experimentos lo que se persigue es probar hipótesis, ya que si los resultados de un experimento contradicen una hipótesis, dichas hipótesis pueden rechazarse.

A través de los experimentos se puede investigar en qué situaciones son ciertas las afirmaciones y pueden servir para recomendar en qué contextos son útiles ciertos estándares, métodos y herramientas.



# 1. Proceso experimental

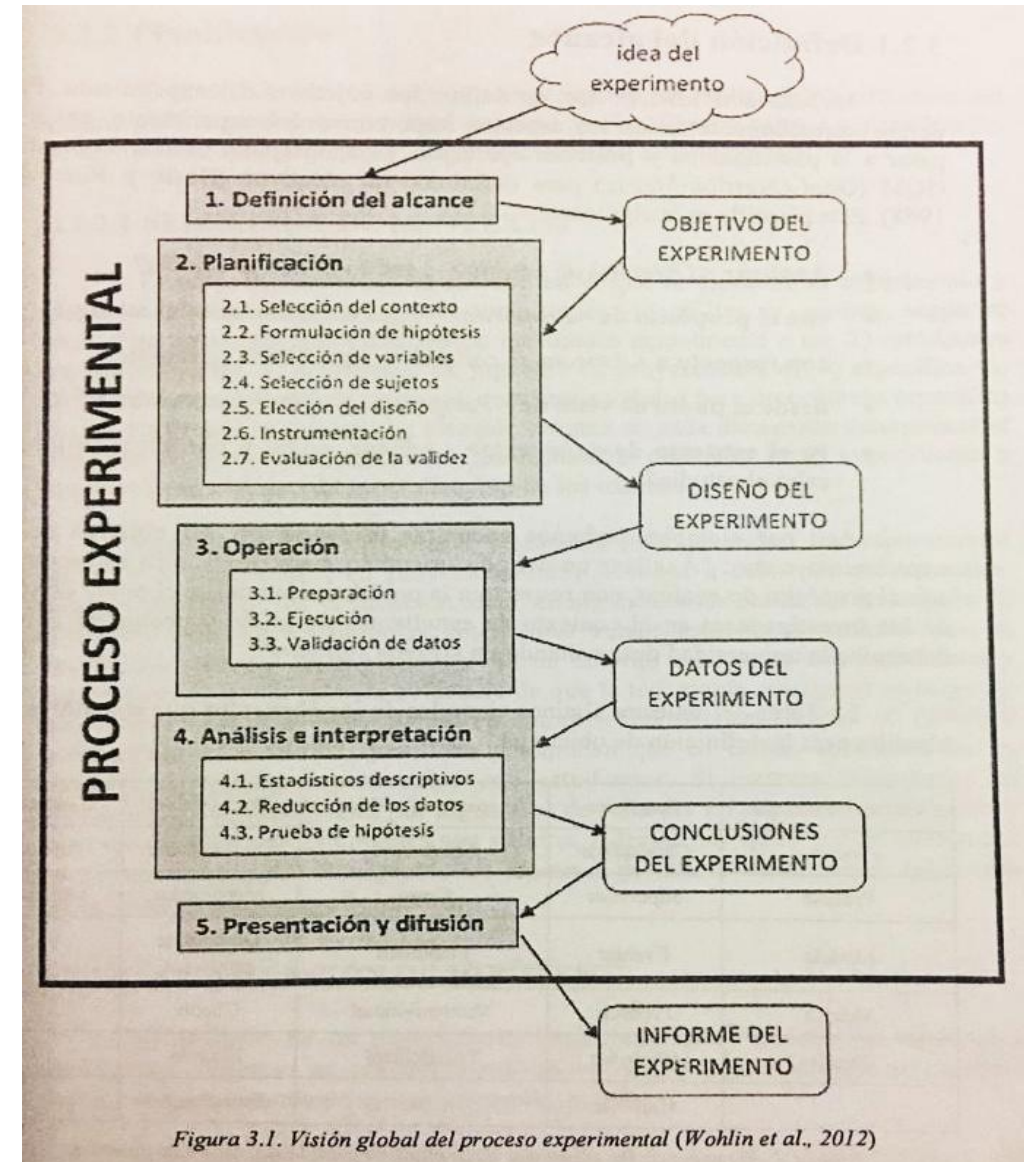
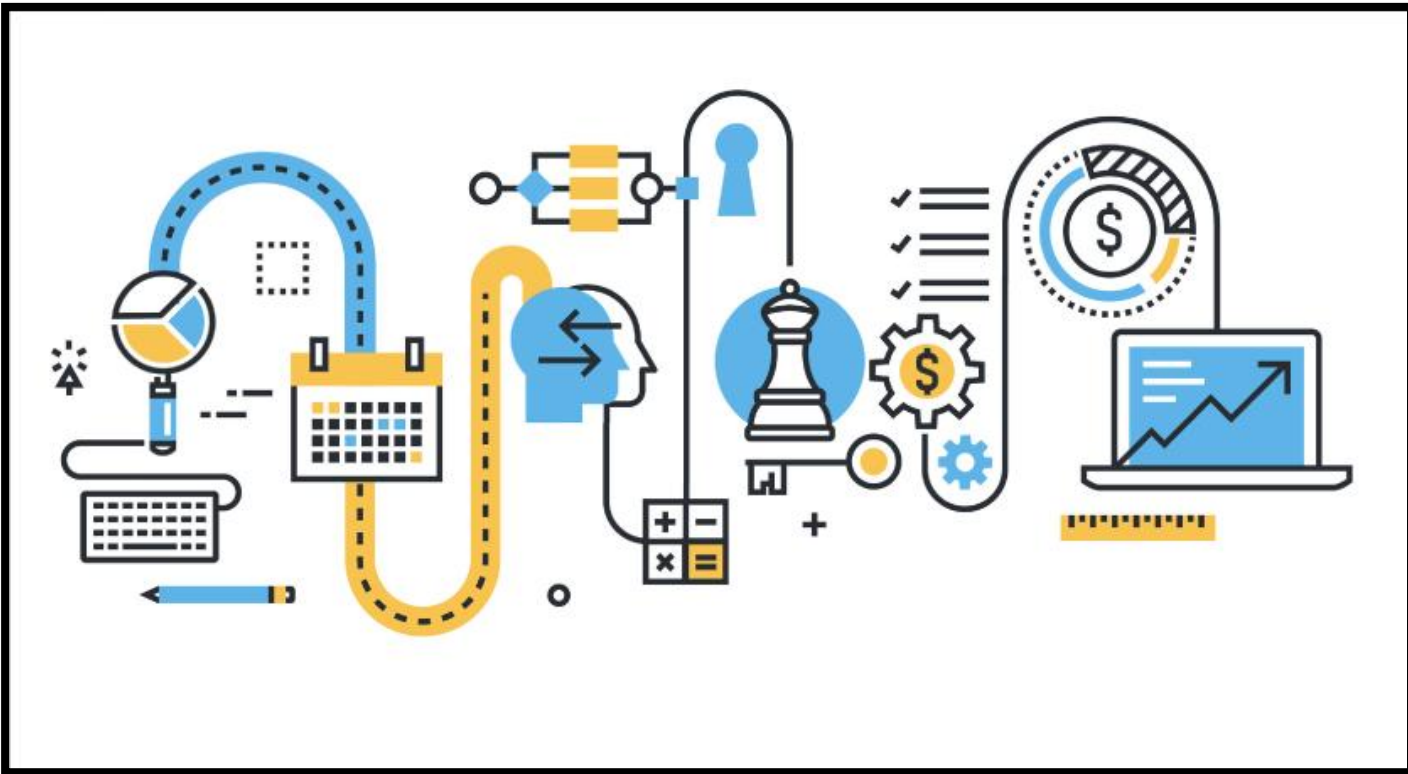


Figura 3.1. Visión global del proceso experimental (Wohlin et al., 2012)



# 1. Definición del alcance

- n Se definen los objetivos del experimento. Para ello se aconseja utilizar la plantilla GQM (Goal-Question-Metric) para definición de objetivos
  - **Analizar** *<Objeto(s) de estudio>* - ¿qué es lo que se estudia?
  - **con el propósito de** *<Propósito>* - ¿qué intención tiene el estudio?
  - **con respecto a** *<Aspecto de calidad>* - ¿qué efecto se estudia?
  - **desde el punto de vista de** *<Perspectiva>* - ¿quién se ve afectado?
  - **en el contexto de** *<Contexto>* - ¿dónde, cómo y por quién se lleva a cabo el estudio?



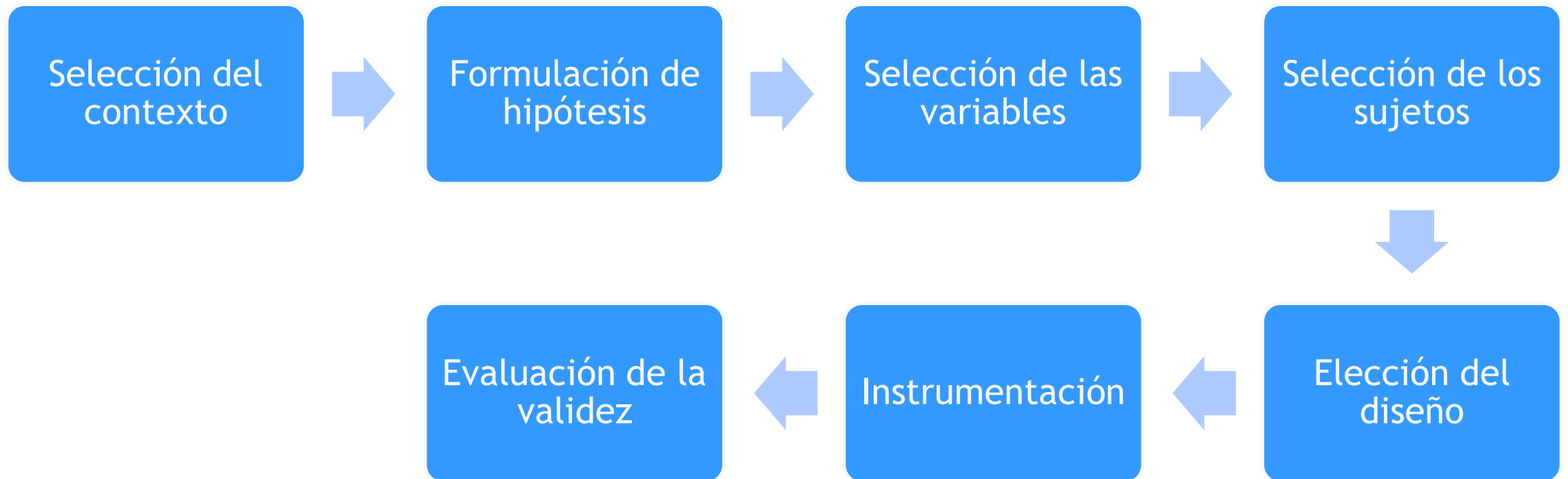
# 1. Definición del alcance

- n Ejemplo de un objetivo de experimento:
- n **“Analizar un método orientado a objetos y otro estructurado con el propósito de evaluar, con respecto a la productividad desde el punto de vista de los investigadores en el contexto de estudiantes de grado y postgrado de una determinada universidad desarrollando un sistema *software*”**





## 2. Planificación



## 2. Planificación: Selección del contexto

- n Se determina el entorno en el que se ejecutará el experimento y puede caracterizarse según cuatro dimensiones:

Off-line vs.  
On-line

Estudiantes vs.  
profesionales

Problemas de  
“juguete” vs,  
proyectos reales

Específico vs.  
general

- n Los experimentos deberían ser ejecutados en proyectos reales llevados a cabo por profesionales, sin embargo, es posible hacer experimentos con estudiantes



## 2. Planificación: Formulación de hipótesis

- n El objetivo de un experimento puede expresarse como una hipótesis a probar. Una hipótesis es una teoría provisional o una suposición que se cree que explica el comportamiento que se pretende explorar.
- n Las hipótesis que se quieren rechazar a través del experimento se especifican como hipótesis nulas ( $H_0$ ).
- n Las hipótesis alternativas ( $H_1$ ) se plantean en el caso de que se rechacen las hipótesis nulas.



## 2. Planificación: Formulación de hipótesis

- n Para probar las hipótesis existen test estadísticos (se presentará posteriormente).
- n La prueba de hipótesis implica diferentes tipos de errores, el tamaño del error depende de varios factores, que deben considerarse al planificar el experimento:

### Error tipo I

- El test estadístico puede rechazar una hipótesis cierta siendo falsa

### Error tipo II

- No rechazar una hipótesis siendo falsa



## 2. Planificación: Selección de variables

Tipo de variable		Definición
Variables independientes	<i>Factor, state, predictor</i>	<b>Variables cuyos valores se cambian</b> para estudiar qué efecto producen esos cambios. Se denomina <b>tratamiento</b> a cada uno de los posibles valores (también denominados niveles) de la variable independiente
Variables dependientes	<i>Response</i>	Variables que se estudian para comprobar el <b>efecto de los cambios</b> en las variables independientes
Variables controladas	<i>Controlled</i>	Variables <b>independientes</b> controladas a un nivel fijo
Variables enmascaradas	<i>Confounded</i>	Variables <b>no controladas</b> que varían simultáneamente con las variables independientes
Variables aleatorias	<i>Randomized</i>	Variables <b>no controladas</b> que han de tratarse como un error aleatorio



## 2. Planificación: Selección de variables

- Una vez definido el objetivo según la plantilla GQM, se eligen las variables:

Independientes: es decir que vamos a manipular

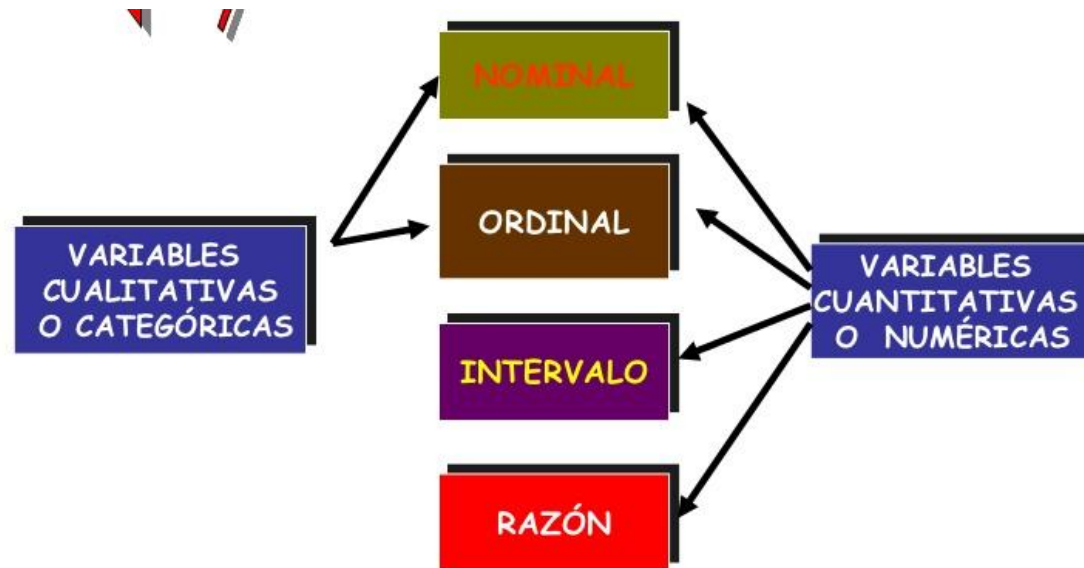
- Analizar *<Objeto(s) de estudio>* - ¿qué es lo que se estudia?
- con el propósito de *<Propósito>* - ¿qué intención tiene el estudio?
- con respecto a *<Aspecto de calidad>* - ¿qué efecto se estudia?
- desde el punto de vista de *<Perspectiva>* - ¿quién se ve afectado?
- en el contexto de *<Contexto>* - ¿dónde, cómo y por quién se lleva a cabo el estudio?

Dependientes es decir que vamos a medir en el experimento



## 2. Planificación: Selección de variables

- Se requiere también conocer su escala de medición y el rango de valores que pueden tomar. Además de seleccionar las variables independientes y dependientes, habrá que tratar de minimizar el efecto del resto de variables presentadas





## 2. Planificación: Selección de sujetos

- n Un sujeto es aquella persona que aplica los tratamientos del experimento. La selección de sujetos o muestreo, es importante en los resultados experimentales.
- n El muestreo se puede realizar usando técnicas probabilísticas o no probabilísticas
- n La representatividad y el tamaño de la muestra son importantes. El tamaño de la muestra también tiene influencia sobre la selección del test estadístico que se va a utilizar para analizar los datos



## 2. Planificación: Elección del diseño

- n En la relación causa-efecto, que la variable independiente ejerce sobre la variable dependiente pueden mediar otras fuentes extrañas de variación que se deben tener en cuenta. Algunas son:
- Ruidos molestos que los sujetos de un aula pueden sufrir con respecto a los que participan en otra clase
  - Fallos técnicos en el funcionamiento de los ordenadores

Es necesario disminuir esta variabilidad controlando tantas variables como sea posible.



## 2. Planificación: Elección del diseño

### n Técnicas de control de variabilidad

Aleatorización	Asignación de manera aleatoria de los tratamientos a los sujetos, y también a la selección de los sujetos de manera aleatoria dentro de una muestra representativa
Bloqueo	Se utiliza para para eliminar el efecto no deseado del factor incidente en la variable dependiente. Por ejemplo, la experiencia, si hay sujetos que tienen mucha experiencia sobre el uso de un sistema, se deberían dividir en dos grupos, uno con experiencia y otro sin experiencia para minimizar el efecto de la experiencia. Otra alternativa es formar grupos equilibrados
Balanceo o equilibrio	Este principio se cumple cuando cada tratamiento se asigna al mismo número de sujetos. El balanceo es deseable, porque simplifica y favorece los análisis estadísticos



## 2. Planificación: Elección del diseño

- n Se escoge el diseño en función del propósito del experimento, el número de variables, el número de tratamientos, la cantidad de tratamientos que se asignen a cada sujeto, etc.

### Experimentos simples

Experimentos simples son aquellos en los que se estudia un solo factor (1) y sus respectivos niveles o tratamientos

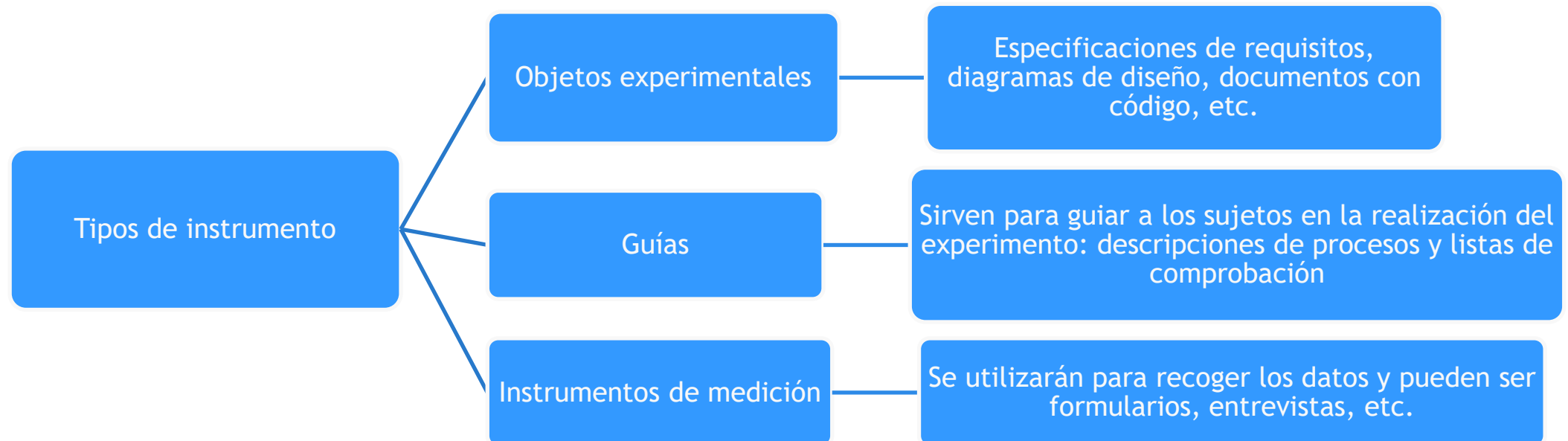
### Experimentos factoriales

Los experimentos factoriales son aquellos experimentos en que se estudian simultáneamente dos o más factores.



## 2. Planificación: Instrumentación

- n El objetivo es dotar de medios para realizar el experimento y para su seguimiento sin afectar el control del experimento. Los resultados de un experimento deberían ser los mismos independientemente de cómo se instrumente. Si los instrumentos afectan a los resultados del experimento, el experimento no será válido.



## 2. Planificación: Evaluación de la validez

### n Amenazas a la validez:

#### V. Interna

- Define el grado de confianza en una relación causa-efecto entre los factores de interés y los resultados observados, es decir, el grado con el que pueden extraerse conclusiones en la relación causa-efecto. Algunos factores son: cómo se seleccionan y se agrupan los sujetos, cómo se les trata durante el experimento, si ocurre algún evento inesperado durante la realización, cómo son los materiales utilizados, si los sujetos abandonan la ejecución del experimento o se cansan al realizarlo

#### V. Externa

- Representa el grado hasta el que los resultados alcanzados pueden generalizarse teniendo en cuenta la población utilizada y otros parámetros de la investigación. Cuanto mayor sea, más se pueden generalizar los resultados a la práctica real.
- Destacan tres riesgos principales: no contar con los sujetos adecuados como participantes, realizar el experimento en un entorno equivocado y realizarlo con una temporalización que afecte a los resultados

#### V. de Constructo

- Define hasta dónde las variables miden correctamente los constructos teóricos de las hipótesis.
- Una amenaza es la ausencia de pruebas teóricas que afirmen que las variables dependientes o las independientes realmente miden aquellos conceptos que pretenden medir.

#### V. de Conclusión

- Define hasta dónde las conclusiones son estadísticamente válidas, es decir cuan correcta es la conclusión entre la relación entre el tratamiento y la variable dependiente
- Algunas amenazas son: bajo poder estadístico, violar las suposiciones de los test estadísticos, perseguir determinado resultado, falta de fiabilidad de las medidas



### 3. Operación

- n Una vez se ha diseñado y planificado un experimento, debe llevarse a cabo para recoger los datos que se han de analizar posteriormente. Esto es lo que se denomina operación de un experimento.
- n Se llevan a cabo tres tareas:

3.1 Preparación

3.2 Ejecución

3.3 Validación de  
los datos





### 3. Operación: Preparación

- n Primero es necesario contar con personas motivadas y que deseen formar parte de él como sujetos.
- n Hay que considerar aspectos éticos como:
  - Contar con el consentimiento de los sujetos para participar en el experimento
  - El rendimiento de cada sujeto en la ejecución del experimento debe ser confidencial
  - Ofrecer algún incentivo a los sujetos por la participación en el experimento
  - Desvelar todos los detalles del experimento a los sujetos, siempre que estos no puedan sesgar los resultados



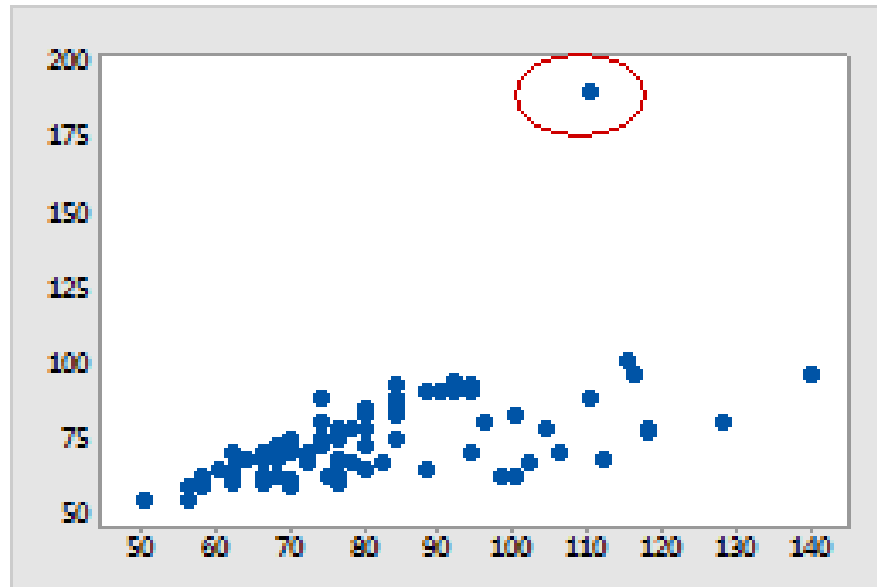
### 3. Operación: Ejecución

- n Lo ideal es reunir a todos los sujetos para que todos realicen el experimento en el mismo lugar.
- n Antes de ejecutar el experimento, se suelen agrupar los sujetos y se les explica detalladamente todas las tareas que deben realizar y en qué orden. Si no es posible, esta información deberá proporcionarse a los sujetos vía correo electrónico o a través de una página web.
- n Puede ser manual o automatizado



### 3. Operación: Validación de los datos

- n Una vez recogidos los datos, el experimentador ha de comprobar que son razonables y que se han recogido correctamente.
- n Durante la ejecución del experimento se pueden detectar sujetos que no se comportan adecuadamente y se debe tomar nota de esto, porque sus resultados pueden ser anómalos y a la hora de validar los datos recolectados, posiblemente habría que descartarlos



## 4. Análisis e interpretación

- n Después de recoger los datos obtenidos tras la realización del experimento, se deben analizar e interpretar correctamente.
- n Es fundamental conocer la escala de medición de los datos y la distribución de los mismos para encontrar el estadístico apropiado
- n Hay tres aspectos principales a la hora de elegir entre las distintas técnicas de análisis:

Naturaleza de los  
datos recogidos

El motivo de los  
experimentos

El tipo de diseño  
experimental



## 4. Análisis e interpretación

- n La interpretación cuantitativa se puede llevar a cabo realizando las siguientes tareas:
  - Estadísticos descriptivos
  - Reducción de datos (exclusión de valores atípicos)
  - Contraste de hipótesis
- n Para caracterizar los datos se utilizan los estadísticos descriptivos: media, desviación estándar, el máximo, el mínimo, etc.
- n Para el análisis de datos se pueden utilizar paquetes estadísticos o técnicas utilizadas en el ámbito de la minería de datos para realizar lo que se conoce como **descubrimiento de conocimiento**



## 4. Análisis e interpretación

- Estadísticos más adecuados para realizar el contraste de hipótesis, en función del tipo de diseño experimental seleccionado y la distribución de los datos. En caso de que la distribución sea normal se utilizarán test paramétricos y en caso contrario no paramétricos

Tipo de diseño	Test paramétricos	Test no paramétricos
Un factor, un tratamiento		Test binomial Chi 2
Un factor, dos tratamientos	Test t Test F Test t emparejado	Mann-Whitney Chi 2 Wilcoxon
Un factor, más de dos tratamientos	ANOVA	Kruskal-Wallis Chi 2
Más de un factor	ANOVA	

*Tabla 3.3. Test estadísticos a utilizar para los contrastes de hipótesis según el diseño experimental seleccionado*



## 5. Presentación y difusión

- n Mediante la exposición en un congreso o en una revista
- n Informe para la toma de decisiones
- n Paquete para la replicación del experimento
- n Material educativo

Una buena documentación del experimento permitirá que otros investigadores puedan replicarlo o basarse en el conocimiento empírico que se haya adquirido durante la realización del mismo





## 5. Presentación y difusión

### n Elementos:

- Título
- Autores
- Resumen estructurado
- Palabras claves
- Introducción
- Antecedentes
- Planificación del experimento
- Ejecución
- Análisis
- Discusión
- Conclusiones
- Trabajo futuro
- Agradecimientos
- Referencias
- Apéndices

La longitud de la publicación puede impedir incluir toda la información. Por ello es importante poner el material experimental y si es posible un reporte técnico, con todos los detalles, disponible en una página web



*¡Gracias!*

