

El motivo consiste en conocimiento inspirado, pictórico, que alude a conocimiento revelado sobre cómo ocurre la creación de Bart.

La creación científica es otra cosa: observacional y formalmente correcta.



Metodología de la investigación científica y del diseño tecnológico en las IST

juan manuel garcía chamizo

Catedrático de Arquitectura y Tecnología de Computadores



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Metodología científica y tecnológica

Contenido

- Naturaleza de las tecnologías de la sociedad de la información
 - Epistemología
 - El método experimental
 - Los factores metodológicos
 - El proceso de diseño
 - El proceso de realización
 - El proyecto de realización
 - Especificación funcional
 - Especificación estructural

Metodología científica y tecnológica

Epistemología



Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- Los sistemas informáticos son
 - De extensión considerable
 - Complejos en su composición
- Garantizar la satisfacción de los resultados requiere
 - Extremar el rigor en la concepción
 - Ser metódicos en el diseño de la solución
 - Alcanzar el adecuado equilibrio en la arquitectura
 - Escalabilidad, modularidad, estructuración, eficiencia, robustez y flexibilidad
- Surge la necesidad de abordar los asuntos que subyacen en la producción de conocimiento

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- El enfoque epistemológico es esencialmente filosófico
 - Las teorías proporcionan los fundamentos de la interpretación del conocimiento
 - La observación proporciona los métodos para crear conocimiento
- La creación de ingenios puede recurrir a otros métodos
 - Ciencia + técnica + arte

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- La posibilidad de alcanzar la conciencia total sobre un hecho es remota
 - Más aún, ¿cómo saber que lo sabemos todo?
- El objetivo es alcanzar la conciencia necesaria a los fines
 - Conocer sobre ese hecho la parte de verdad que esté relacionada con lo que el individuo quiere de ese hecho
 - Aunque no esté demás conocer sobre la estructura atómica de los metales, al tenista le basta saber que el aluminio de su raqueta pesa poco
 - Otros aspectos del aluminio, le son indiferentes
- La adquisición de conciencia sobre los hechos es el conocimiento

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- La creación de conocimiento tiene la siguiente estructura
 - Entrada
 - Las consecuencias de los hechos susceptibles de ser percibidas
 - $\text{Consec} = C(\text{Hechos})$
 - Procesos
 - Percepción
 - $\text{Observ} = O(C)$
 - Interpretación
 - Modulación que el intelecto efectúa sobre lo observado
 - $\text{Interpret} = I(O)$
 - Salida
 - El conocimiento sobre el hecho
 - $\text{Conocimiento} = I(O(C(H)))$
 - Es poco verosímil que el conocimiento sea fidedigno

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- El conocimiento es esencialmente subjetivo (particular de cada individuo) debido a que sufre dos filtros
 - Los órganos o instrumentos de observación
 - La interpretación
- El interés social requiere la patrimonialización colectiva del conocimiento
- Las técnicas para compartir el conocimiento son
 - Establecer una doctrina (sistema común de pautas para normalizar los procesos de percepción e interpretación)
 - El conocimiento que cree cada individuo entrará a formar parte del patrimonio colectivo
 - Ej.: una competición en una disciplina deportiva, como liga de fútbol o eurobasket
 - Transducción entre individuos o entre doctrinas
 - Ej: el cristianismo transduce el conocimiento científico como un subconjunto de su teología
 - Así, pueden seguir explicando la transmutación o la ascensión
 - Transmitir el conocimiento inmerso en su contexto inseparablemente
 - Ej.: abrir nuevas rutas en alpinismo

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- El establecimiento de una doctrina se hace habitualmente mediante una lógica proposicional
 - Los enunciados son los postulados de la doctrina (axiomas, principios o dogmas)
 - Las reglas de la lógica se utilizan para obtener las conclusiones (teoremas, tesis) a partir de las conjeturas (proposiciones, hipótesis)
- La calidad del conocimiento recae en la arbitrariedad (empirismo) subyacente al establecimiento de los postulados
 - Las doctrinas universales cuyos postulados sean consistentes con los hechos observables son las que llamamos ciencia
 - A las doctrinas universales que prescinden de la condición de coherencia de sus postulados con los hechos observables, propongo que los llamemos fantasía (ficción)

- Organización del conocimiento
 - Formal
 - Percepción sensorial + interpretación
 - Observación: captación por los sentidos o por los aparatos de las consecuencias de los hechos
 - Susceptible de expresión funcional explícita de la ciencia formal
 - Grados
 - Conocer: tiene valor declarativo
 - Saber (conocer cómo): tiene valor operativo
 - Realizar: (conocer cómo hacer): tiene valor factual
 - No formal
 - Percepción no sensible + interpretación
 - Modalidades
 - Intuición: percepción endógena + interpretación
 - Revelación: percepción exógena + interpretación

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- Organización del conocimiento
 - Conocimiento formal
 - Ciencia: prevalece lo declarativo y lo operativo sobre lo ejecutivo
 - El físico fabrica los instrumentos con fines de conocer los fenómenos
 - Las partículas subatómicas y la dualidad onda-partícula
 - Tecnología: prevalece lo factual
 - El ingeniero industrial quiere saber del electromagnetismo para controlar la temperatura de la habitación mediante un sensor termomagnético
 - El símbolo π y el número i
 - Conocimiento no formal
 - Arte: proviene de la intuición del individuo
 - Don Quijote y los vampiros son objetos artísticos
 - Religión: revelación procedente de una fuente externa
 - La transmutación del pan y del vino (práctica católica)

Metodología científica y tecnológica

Epistemología

- La base disciplinar del conocimiento formal
 - La observación requiere la reproducibilidad
 - La interpretación requiere la corrección formal
- La metodología del conocimiento formal
 - La base metodológica de la investigación científica y del diseño tecnológico es común y consiste en
 - Seguir el método operativo de concebir
 - Recorrer el camino en sentido inverso mediante el método factual para comprobar
 - La redundancia de la comprobación confiere robustez

Metodología científica y tecnológica

El método experimental

¿Y SI ANTES DE
EMPEZAR LO QUE
HAY QUE HACER EMPE-
ZAMOS LO QUE TENDRÍA-
MOS QUE HABER
HECHO ?



Metodología científica y tecnológica

El método experimental

- Crear conocimiento es una actividad: el método científico
 - El aprendizaje es costoso
- Lo habitual es enseñar los fundamentos conceptuales (teorías)
- Consecuencias
 - Se relega la acción científica en beneficio del concepto
 - Los especialistas desarrollan escasas habilidades de formalización
 - El experto informático se ve obligado a especificar los problemas de las demás disciplinas

Metodología científica y tecnológica

El método experimental

- Secuencia general de acciones que intervienen en la creación de conocimiento e hitos principales



Metodología científica y tecnológica

El método experimental

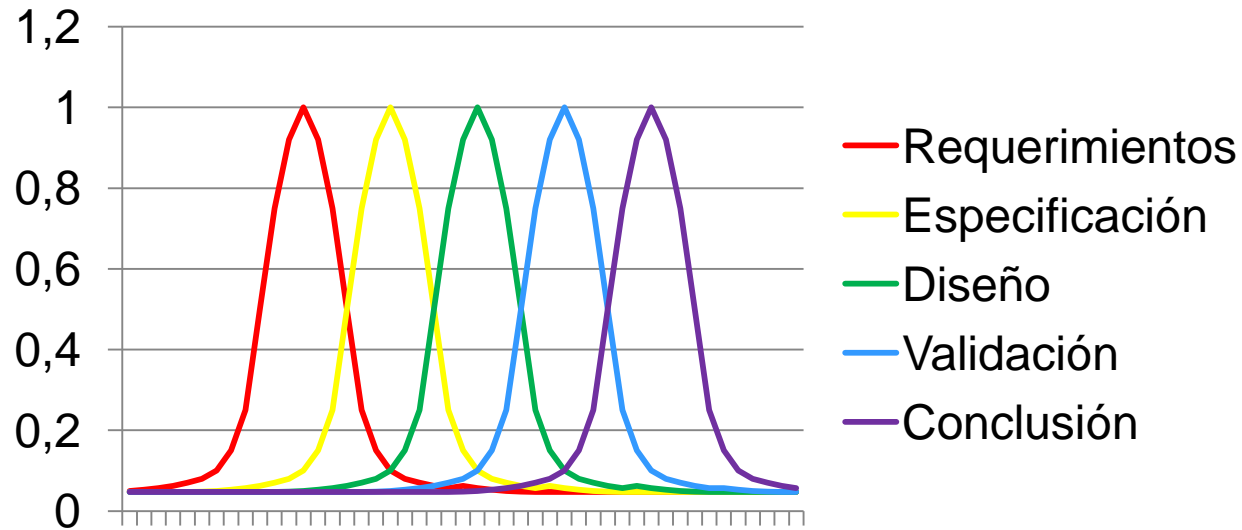
- El método científico
 - Proceso de transformación de la conjetura (hipótesis) en conclusión (tesis) mediante la verificación experimental cuantitativa
 - Los hitos del método son:

• Conjetura	Requerimientos
• Formulación	Especificación
• Demostración	Diseño
• Experimento	Validación
• Conclusiones	Resultado

Metodología científica y tecnológica

El método experimental

- El solapamiento de fases



Metodología científica y tecnológica

El método experimental

- La actitud del investigador
 - Como el rasgo de la investigación científica es la objetividad, es indispensable
 - Rigor estricto en todo momento y situación
 - Ceñirse al marco teórico
 - Evitar las asunciones previas
 - Ausencia de ambigüedad
 - Actitud crítica constructiva
 - Búsqueda de errores potenciales
 - Reconsideración de las premisas y de los procesos
 - con la finalidad de incorporar mejoras y refinamientos
 - Poner en juego las aptitudes necesarias
 - Conocimiento previo
 - Disposición a adquirir conocimiento complementario

Metodología científica y tecnológica

El método experimental

- La actitud del investigador
 - Las cualidades éticas fundamentales que necesita tener el investigador son
 - Tenacidad
 - Para perseverar en la búsqueda de soluciones en condiciones adversas
 - Las expectativas pueden llegar a ser extremadamente débiles y, en cambio, resultar plausible la inviabilidad
 - Humildad
 - Para reconocer con equidad el alcance de las aportaciones propias
 - Por el contrario, la actividad de crear y el éxito en los resultados se prestan a potenciar la vanidad del creador al hacerle consciente de lo supremo de sus actos
 - Tolerancia
 - Para reconocer otras propuestas y admitir las críticas a las propias
 - Otras proposiciones pueden ser más acertadas

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos



- Manolito se muestra como un consumado pragmático

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- Crear conocimiento corresponde a nuestro proceder cotidiano
 - Consiste en responder a las cuestiones subyacentes a saber hacer: “para hacer” un objeto
- Algunas de las cuestiones de “para hacer algo” son
 - “para qué” queremos las cosas
 - “con qué” queremos hacerlas
 - “cómo” las vamos a hacer,
 - “cuando” (producirá planes metodológicos de trabajo, temporales)
 - “quién” lo va a hacer (dará los criterios para definir los equipos humanos de trabajo)
 - “cuánto”
 - “dónde”
- La respuesta a “para hacer” consiste en una colección de factores
 - Acciones
 - Elementos
 - Condiciones
 - Eventos

cómo

con qué

cuándo

quién

cuánto

dónde

para qué

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- Clasificación
 - Los factores del **para hacer** se clasificación según su condición de **formar parte del objeto creado**
 - Esenciales. Los esenciales son los factores que entran a formar parte del ingenio que se crea
 - prestaciones, estructura, módulos, etc.
 - Circunstanciales. Los factores circunstanciales son los que conforman el contexto de la creación del ingenio
 - coste, autor, plan de tiempo, lugar, etc.

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- La sentencia **formar parte del objeto** define una relación de equivalencia

- El conjunto de los factores de la creación es

$$\Phi \equiv \{\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_i, \dots, \varphi_n\}$$

- La propiedad reflexiva

$$\forall a \in \Phi, aRa \Rightarrow ((a = V) \wedge (a = V)) \vee ((a = F) \wedge (a = F))$$

- La propiedad simétrica

$$\forall a, b \in \Phi, aRb \Rightarrow bRa$$

$$aRb \Rightarrow ((a = V) \wedge (b = V)) \vee ((a = F) \wedge (b = F)) =$$

$$= ((b = V) \wedge (a = V)) \vee ((b = F) \wedge (a = F)) \Rightarrow bRa$$

- La propiedad transitiva

$$\forall a, b, c \in \Phi, (aRb \wedge bRc) \Rightarrow aRc$$

$$(aRb \wedge bRc) \Rightarrow ((a = V) \wedge (b = V) \wedge (c = V)) \vee ((a = F) \wedge (b = F) \wedge (c = F)) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ((a = V) \wedge (c = V)) \vee ((a = F) \wedge (c = F)) \Rightarrow aRc$$

- La relación de vinculación con el objeto establece una partición en dos clases

- La clase de los factores esenciales
- La clase de los factores circunstanciales

$$\Phi = E \cup \Gamma$$

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- Los conjuntos de factores resultantes son
 - Factores = {prestaciones, requerimientos, funcionalidad, estructura, organización, escala, componentes, elementos, módulos, precio, fabricante, lugar de producción,...}
 - Factores esenciales = {prestaciones, requerimientos, funcionalidad, estructura, organización, escala, componentes, elementos, módulos,...}
 - Factores circunstanciales = {precio, fabricante, lugar de producción,...}

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- Los factores esenciales pueden tener naturaleza diversa respecto de ingenio
 - Factores intrínsecos son los ingredientes
 - Son factores constitutivos del ingenio que adquieren la denominación de componentes
 - Factores implícitos son los de la estructura
 - Se trata de factores organizativos que consisten en las pautas de interacción entre los componentes
 - Factores explícitos son las prestaciones
 - Los factores esenciales referidos a las propiedades del ingenio
- La sentencia “**grado de sustancialidad frente al objeto**” constituye una relación de equivalencia entre los factores esenciales
 - Conviene establecer, por definición, que un factor dado puede ser, ingrediente o pauta estructural o prestación pero no tener más de uno de los grados

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- La sentencia **grado de sustancialidad** define una relación de equivalencia entre los factores esenciales
 - El conjunto de los factores esenciales es

$$E \equiv \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n\}$$
 - La propiedad reflexiva

$$\forall a \in E, aRa \Rightarrow \text{grado}(a) = \text{grado}(a)$$
 - La propiedad simétrica

$$\forall a, b \in E, aRb \Rightarrow bRa$$

$$aRb \Rightarrow \text{grado}(a) = \text{grado}(b) \Rightarrow$$

$$= \text{grado}(b) = \text{grado}(a) \Rightarrow bRa$$
 - La propiedad transitiva

$$\forall a, b, c \in E, (aRb \wedge bRc) \Rightarrow aRc$$

$$(aRb \wedge bRc) \Rightarrow [(\text{grado}(a) = \text{grado}(b))] \wedge [(\text{grado}(b) = \text{grado}(c))] \Rightarrow$$

$$\text{grado}(a) = \text{grado}(c) \Rightarrow aRc$$
 - La relación de vinculación con el objeto establece una partición en tres clases
 - La arquitectura
 - La estructura
 - La tecnología
$$E = Arqu \cup Estr \cup Tecn$$

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- La tripleta arquitectural
 - Los factores esenciales explícitos corresponden a las prestaciones, a la funcionalidad del ingenio
 - Pueden identificarse mediante la pregunta **para qué** es el ingenio
 - Los factores esenciales implícitos corresponden a la estructura
 - Se obtienen mediante la pregunta **cómo** hacer el ingenio
 - Los factores esenciales intrínsecos son los componentes
 - Responden a la pregunta **con qué** hacer el ingenio
 - La **tripleta esencial** es
para hacer = ⟨para qué, con qué, cómo⟩

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- La ordenación de las clases de factores esenciales
 - La sentencia “**ser parte constituyente**” establece una relación de orden entre las clases de elementos esenciales
- Definición:
 - Un factor **a** es parte integrante de otro factor **b** si el segundo está definido sobre el primero, es decir, si **a** forma parte del conjunto de los ingredientes de **b**. Todo factor es ingrediente de sí mismo

$$\forall a, b \in E, a \times b \rightarrow a \text{ es ingrediente de } b$$
- El conjunto de los factores esenciales es

$$E \equiv \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n\}$$
 - La propiedad reflexiva

$$\forall a \in E, aRa \Rightarrow a \times a, \text{ por definición}$$
 - La propiedad antisimétrica

$$\forall a, b \in E / a \neq b, aRb \Rightarrow a \times b \Rightarrow b \bar{R}a \Rightarrow b \bar{\times} a$$
 - La propiedad transitiva

$$\forall a, b, c \in E, (aRb \wedge bRc) \Rightarrow (a \times b) \wedge (b \times c) \Rightarrow a \times c \Rightarrow aRc$$
- La relación de ser un factor esencial parte integrante de otro factor esencial establece una ordenación entre ellos

$$\text{Arqu} > \text{Estr} > \text{Tecn}$$

Metodología científica y tecnológica

Los factores metodológicos

- La naturaleza de la relación de orden entre los factores esenciales define, a su vez, la secuencia de acciones de la actividad de crear
 - Método científico
 - Diseño tecnológico
- La secuencia es:
 - Arquitectura: funcionalidad, formulación, especificación, prestaciones, para qué
 - Estructura: organización, cómo
 - Tecnología: componentes, con qué

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño



Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

- La creación de un ingenio consiste en dos actividades
 - Concepción: Diseño
 - Decidir la utilidad: colección de servicios a proporcionar
 - Decidir la composición: estructura y organización del sistema
 - Decidir la constitución: tecnología de soporte
 - Fabricación: Realización
 - Producir los constituyentes: componentes (sensores, dispositivos, módulos, ...)
 - Componer las partes: realizar la instalación y ensamblar las partes
 - Verificar las prestaciones: poner a punto

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

- Las permutaciones de la tripleta esencial son:
 - Diseño
 - Arqu → Estr → Tecn (Arqu > Estr > Tecn)
 - Diseño estructurado
 - Arqu → Tecn → Estr (Arqu > Tecn < Estr)
 - Realización
 - Estr → Arqu → Tecn (Estr < Arqu > Tecn)
 - Estr → Tecn → Arqu (Estr > Tecn < Arqu)
 - Tecn → Estr → Arqu (Tecn < Estr < Arqu)
 - Realización estructurada
 - Tecn → Arqu → Estr (Tecn < Arqu > Estr)

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

‘con qué (fabricar)’ determina la tecnología a utilizar: componentes, partes, sistemas, etc.

con qué



‘para qué (utilizar)’ establece los aspectos funcionales, los de las prestaciones del sistema

‘cómo (hacer)’ abarca los aspectos de estructura y organización: modularización, relación entre las partes, etc.

cómo

para qué

arquitectura

- Motivación
- Determinar requerimientos
- Especificación formal

Los factores explícitos son los parámetros de valoración de las prestaciones de los sistemas

- productividad
- QoS
- rendimiento
- coste
- rentabilidad
- etc.

‘para qué (utilizar)’
establece los aspectos
funcionales, los de las
prestaciones del sistema

para qué

estructura

Los factores implícitos son las magnitudes de la organización

- portabilidad
- escalabilidad
- autonomía
- modularidad
- configurabilidad
- reutilizabilidad
- etc.

‘cómo (hacer)’ abarca los aspectos de estructura y organización: modularización, relación entre las partes, etc.

cómo

- Especificación estructural
- Definición de módulos
- Organización
- Generación de interfaces

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

‘con qué (fabricar)’ determina la tecnología a utilizar: componentes, partes, sistemas, etc.

con qué

- Decidir la tecnología a utilizar

Los factores intrínsecos son las medidas del mundo de la tecnología

- componentes electrónicos
- circuitos
- programas informáticos
- sistemas
- etc.

tecnología

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

- Ordenación de la tripleta para diseñar

diseño

de **con qué**

arriba

hacia

abajo

cómo

arriba

hacia

abajo

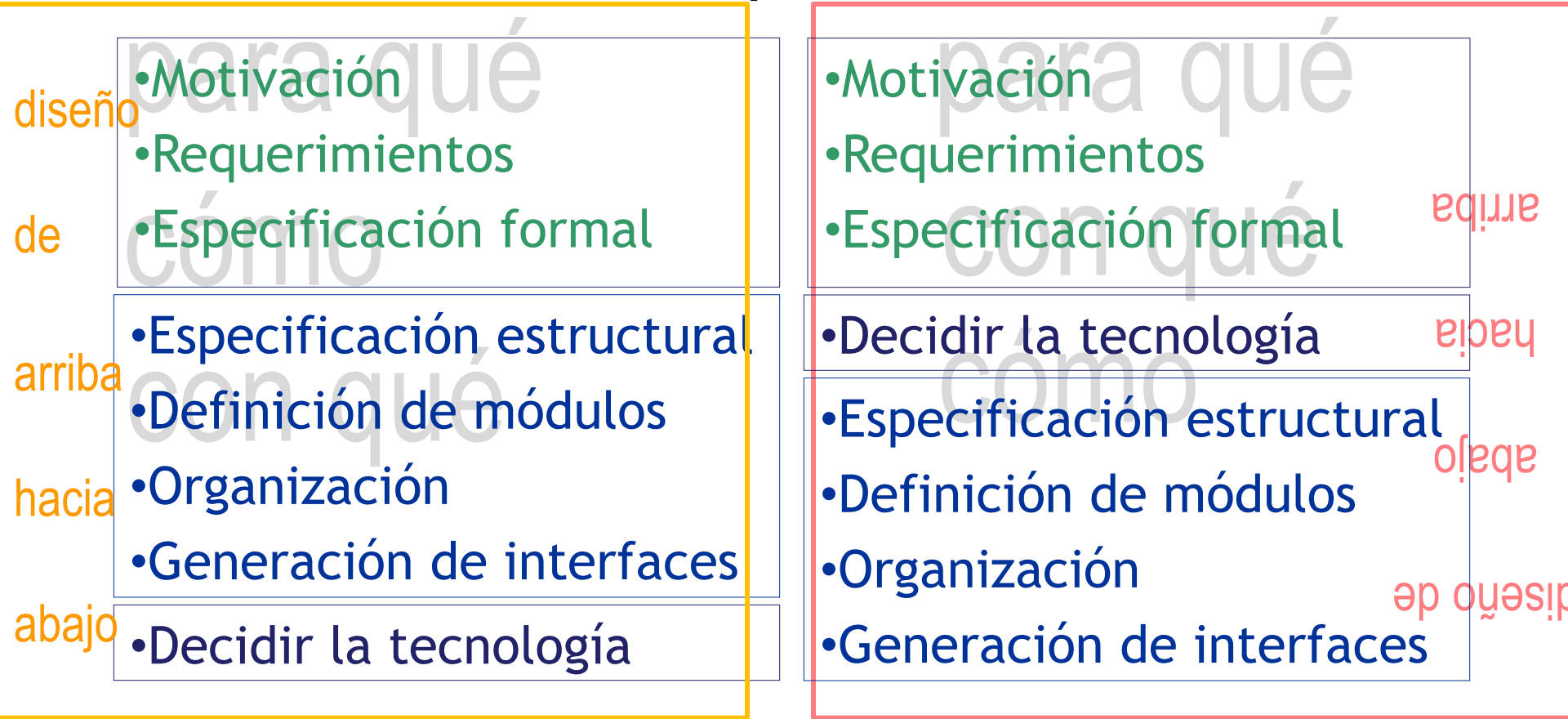
para qué

diseño de

Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

• Toma de decisiones por fases



Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

- La relación de equivalencia “**grado de sustancialidad frente al objeto**” de los factores esenciales proporciona abstracción
 - Resultan tres niveles canónicos
 - El nivel de la arquitectura (para qué)
 - El nivel de la estructura (cómo)
 - El nivel de la tecnología (con qué)
- La relación de orden “**ser parte constituyente**” entre las clases de los factores esenciales organiza los niveles canónicos de abstracción
 - Organización de los niveles canónicos de abstracción
 - Nivel alto. Arquitectura
 - Nivel medio. Estructura
 - Nivel bajo. Tecnología

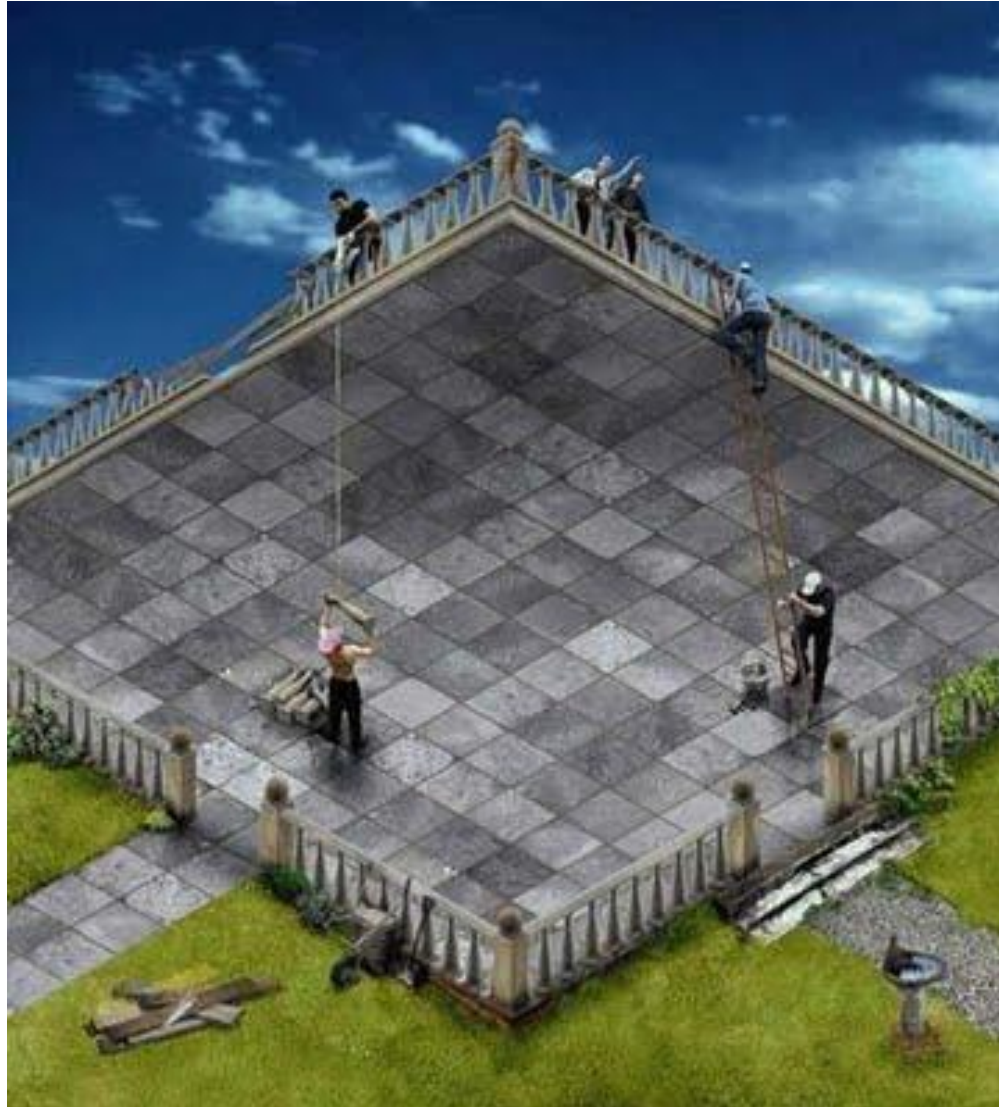
Metodología científica y tecnológica

El proceso de diseño

- Escalabilidad
 - Generalización por anidamiento secuencial
 - De abajo hacia arriba
 - La arquitectura del nivel actual es la tecnología para el nivel superior
 - $\text{Arqui} \leftrightarrow \text{Tec}_{i+1}$
 - Particularización por anidamiento secuencial
 - De arriba hacia abajo
 - La tecnología de un nivel es la arquitectura para el nivel inferior
 - $\text{Tec}_j \leftrightarrow \text{Arqu}_{j-1}$
- El modelo de capas
 - El anidamiento sucesivo según la estratificación canónica da lugar al modelo de estructura en capas de los sistemas
 - Objetos de la capa de arquitectura reinterpretados como nivel de tecnología sirven para elaborar recurrentemente las siguientes capas de estructura y de arquitectura
 - La modularidad y la escalabilidad son consustanciales

Metodología científica y tecnológica

El proyecto de realización



Metodología científica y tecnológica

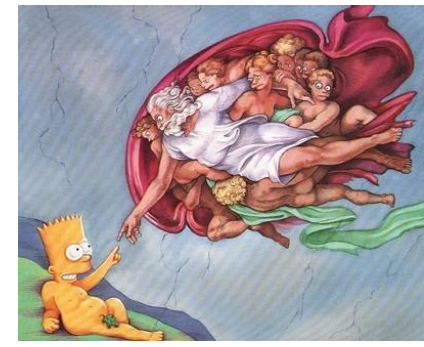
El proceso de realización

‘con qué (fabricar)’ contempla el acopio de componentes y de su integración en módulos

‘cómo (hacer)’ abarca los aspectos de ensamblaje de módulos y elaboración de interfaces

con qué

cómo



para qué

‘para qué (utilizar)’ se ocupa de diseñar el plan de experimentos para comprobar la validez del sistema

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

‘con qué (fabricar)’ contempla el acopio de componentes y de su integración en módulos

con qué

tecnología

- Integrar los componentes en módulos
- Ensamblar los módulos y los subsistemas

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Confeccionar los servicios
- Desarrollar los interfaces

‘cómo (hacer)’ abarca los aspectos de ensamblaje de módulos y elaboración de interfaces

cómo

estructura

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

arquitectura

- Realizar los experimentos
- Verificar la satisfacción de los requerimientos

‘para qué (utilizar)’ se ocupa de diseñar el plan de experimentos para comprobar la validez del sistema

para qué

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ordenación de la triplete esencial para la realización

con qué

- Confeccionar los servicios
- Desarrollar los interfaces

cómo

- Realizar los experimentos
- Verificar requerimientos

- Integrar los componentes
- Ensamblar los módulos

para qué

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ordenación de la tripeleta esencial para la realización

con qué

- Confeccionar los servicios
- Desarrollar los interfaces

cómo

- Integrar los componentes
- Ensamblar los módulos

- Realizar los experimentos
- Verificar requerimientos

para que

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ordenación de la triplete esencial para la realización

con qué

- Integrar los componentes
- Ensamblar los módulos

cómo

- Realizar los experimentos
- Verificar requerimientos

- Confeccionar los servicios
- Desarrollar los interfaces

para qué

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ordenación de la tripeleta esencial para la realización

con qué

- Integrar los componentes
- Ensamblar los módulos

cómo

- Confeccionar los servicios
- Desarrollar los interfaces

- Realizar los experimentos
- Verificar requerimientos

para qué

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ejemplo: El bricolaje
 - Puentear el termostato deteriorado de la plancha
 - La lógica de hacer lo que puede (estr) con lo que tiene (tecn), concluye en que conseguirá lo que salga (arqu)
 - Mucha improvisación
 - No puede garantizarse la consecución de lo que se pretende
 - La secuencia es:, estr, tecn, arqu
 - No es consistente con la ordenación de la tripleta esencial: $\text{estr} > \text{tecn} < \text{arqu}$
 - El realizador es:
 - El chapuza

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ejemplo: El bricolaje
 - Equipar la vivienda con el kit de seguridad contra intrusión que proporciona el fabricante
 - Se trata de realización mediante síntesis
 - La secuencia es: tecn, estr, arqu
 - Recorre, invertida, la secuencia del diseño de arriba hacia abajo
 - Consistente con la ordenación de la tripleta esencial: tecn < estr < arqu
 - El realizador es:
 - El hacendoso

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ejemplo: El bricolaje
 - Utilizar la línea telefónica para alimentar balizas luminosas de las zonas comunes de la vivienda
 - Aparecen tintes de ingenio más emparentados con la intuición que con el método
 - La secuencia es: arqu, tecn, estr
 - Sigue una metodología propia del diseño: el método de abajo hacia arriba
 - No es consistente con la ordenación de la tripleta esencial: arqu > tecn < estr
 - El realizador es:
 - El manitas

Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ejemplo: El bricolaje
 - El director de programas televisivos de bricolaje
 - Hacer profesión de la afición
 - Plantea los objetivos, la estructura y los componentes (diseño de arriba hacia abajo)
 - La realización sigue la secuencia
 - Preparar componentes (tecn)
 - ensamblar partes (estr)
 - comprobar prestaciones (arqu)
 - Corresponde al proceso completo de diseñar y realizar
 - La secuencia es: tecn, estr, arqu
 - Consistente con la ordenación de la tripleta esencial: tecn < estr < arqu
 - El realizador es:
 - **El maestro**
 - Puede llamarse Patxi o Iñaki

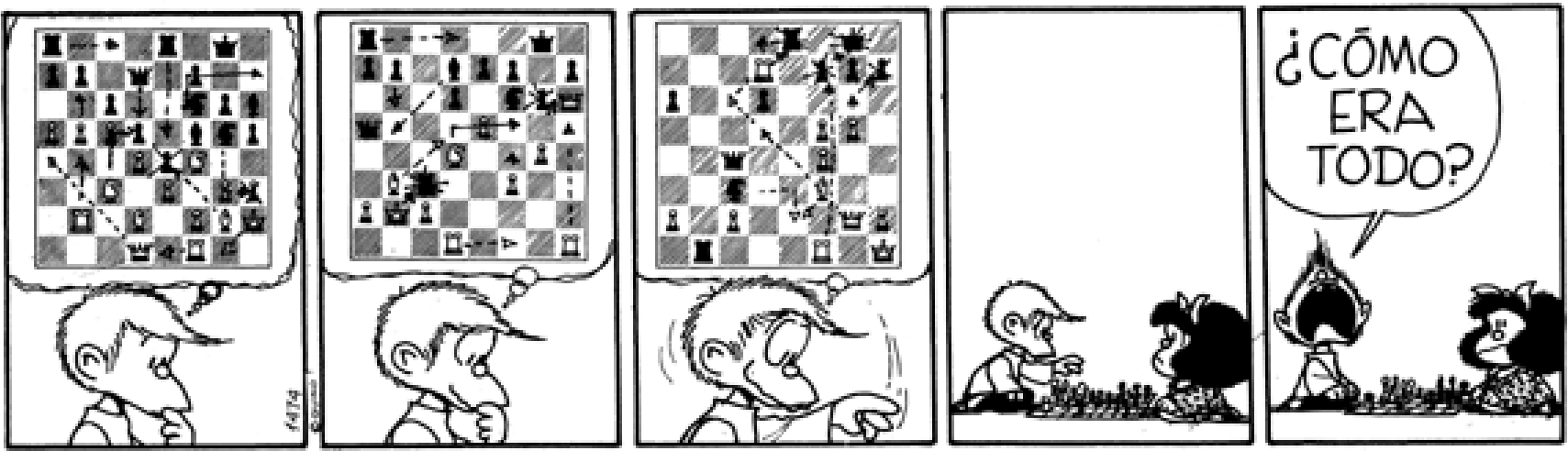
Metodología científica y tecnológica

El proceso de realización

- Ejercicios
 - Proponer un esquema basado en la tupla esencial para hacer definiciones correctas
 - Para una cadena de montaje
 - ¿Cuál es la secuencia de clases de factores esenciales?
 - ¿Cuál es la secuencia de reconfiguración de la cadena para fabricar otro producto?
 - El aforismo: ¿a qué modalidad de fabricación se refiere?
 - ¿Qué modalidad de fabricación simbolizan los siguientes aforismos y sentencias?
 - “Empezar la casa por el tejado”
 - “De aquellos polvos, ... estos lodos”
 - La reproducción sexual de los seres vivos
 - Sea un sistema compuesto por: mecanismo de sustentación en el aire, mecanismo de impulsión en el aire y mecanismo de apoyo en el suelo
 - ¿Qué objetos pueden obtenerse utilizando tecnología mecánica?
 - ¿Cuáles si la tecnología es biológica?
 - ¿Sobre qué factores esenciales habría que hacer cambios para obtener un submarino?

Metodología científica y tecnológica

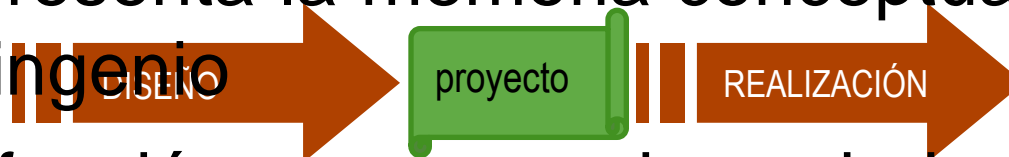
El proyecto de realización



Metodología científica y tecnológica

El proyecto de realización

- El proyecto
 - Es el nexo entre concebir y producir
 - Sirve de guía para la realización del ingenio
 - Representa la memoria conceptual de la creación del ingenio
 - Su función es proporcionar independencia entre el diseño y la realización



Metodología científica y tecnológica

El proyecto de realización

- La memoria del proyecto —el documento— recoge las decisiones de diseño
 - El modelo
 - El plan de trabajo
 - El tiempo que se requiere para llevar a cabo las tareas
 - Los costes
 - El plan de contingencias
 - La documentación
 - Otras consideraciones que convengan al buen resultado

Metodología científica y tecnológica

El proyecto de realización

- La documentación:
 - Constituye el compendio de información:
 - Escrita
 - Gráfica
 - Otros formatos, ...
 - Criterios de elaboración:
 - Claridad
 - Coherencia
 - Veracidad
 - Exactitud
 - Secuencialidad

Metodología científica y tecnológica

El proyecto de realización

• Estructura de la memoria

diseño
de
arriba
hacia
abajo

- Motivación
- Requerimientos
- Especificación formal

- Especificación estructural
- Definición de módulos
- Organización
- Generación de interfaces

- Decidir la tecnología

- Motivación
- Objetivos
- Estado del conocimiento
- Especificación formal
- Propuesta de solución

- Especificación estructural
- Árbol de módulos
- Grafo de relaciones
- Generación de interfaces

- Decidir la tecnología
- Desarrollar la simulación

- Validar la propuesta
- Conclusiones
- Referencias
- Anexos

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional



Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Las conjeturas surgen en lenguaje natural
 - Ejemplos
 - Parte meteorológico: alerta naranja para hoy en la cornisa cantábrica
 - Estado de las carreteras: tráfico negro en la autovía del mediterráneo a la altura de Benidorm
 - Información bursátil: Cotiza en rojo el IBEX 35
 - ¿Qué es la colorimetría?
 - Técnica de análisis químico
 - Disciplina de la ambigüedad evitable
- Es necesario expresar con corrección

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Ejercicio de especificación funcional: Control de acceso selectivo
 - El problema de acceso a las oficinas bancarias que tienen doble barrera
 - Establecer los requerimientos de estas instalaciones
 - Poner al menos cuatro ejemplos de aplicación realista de estos sistemas
 - A la luz de los ejemplos, describir en lenguaje natural un modelo que los englobe
 - Especificar el modelo
 - Describir formalmente el sistema de control
 - Diseñar la solución
 - Decidir la tecnología a utilizar, la metodología de diseño y la planificación de acciones
 - Realizar el diseño
 - Validar los resultados
 - Comprobar la corrección de la solución formalmente o, en su defecto, experimentalmente
 - Corregir y refinar la solución

El enunciado pide que se sigan
los pasos del diseño de arriba
hacia abajo

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- **Requerimientos**

- El objetivo es proporcionar una resolución orientada a modelo para poder reutilizar la solución
 - Proponer al menos cuatro ejemplos
 - Tomar los ejemplos de diversos ámbitos e incluso de diversas disciplinas
 - Puerta doble de seguridad de acceso a oficinas bancarias
 - Muelle de trasiego de reses y otras especies del sector ganadero
 - Esclusas de compensación de diferencias de nivel marino
 - Reserva de un canal de conexión punto a punto; por ejemplo, entre un computador personal y un servidor
 - El corazón de los mamíferos (caso particular de flujo en una sola dirección)

Lo primero que se aborda es el 'para qué'

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- **Requerimientos**

- Los contraejemplos ayudan a delimitar el modelo
 - El sistema de doble puerta para control climático de los edificios públicos (es posible entrar y salir al mismo tiempo)
- Describir en lenguaje natural un modelo que englobe a los ejemplos
 - Decisiones prematuras de diseño: mediante estructura y tecnología
 - ‘Recinto de dos puertas accionadas por pulsadores de manera que puede estar abierta una puerta o la otra pero no ambas simultáneamente’
 - Preferible describir en términos de funcionalidad (arquitectura), o sea, ‘para qué’:
 - Control de acceso concurrente en modo ‘entrar’ o en modo ‘salir’ y mutuamente excluyente entre ambos modos de operación

Lo primero que se aborda es el
‘para qué’

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

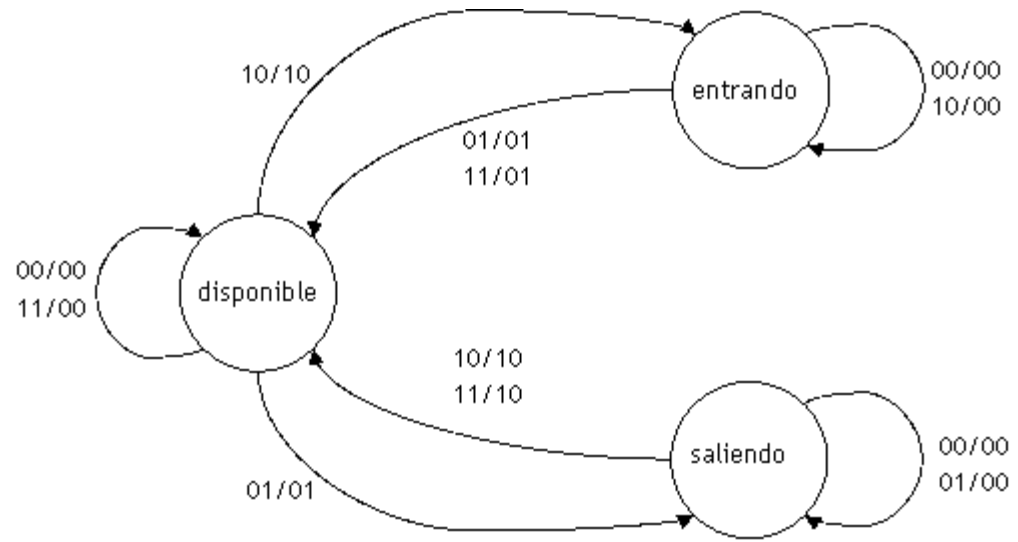
- Especificación
 - Describir formalmente el sistema de control
 - Conviene utilizar el máximo rigor siempre que ello sea de ayuda
 - Una expresión algebraica
 - Un cronograma
 - Pseudocódigo
 - Un grafo es una potente herramienta de especificación

La concreción rigurosa del 'para qué' se solapa con el 'cómo' que va implícito en el instrumento de formalización

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Especificación
 - El autómata
 - A modo de verificación muy preliminar, pueden apreciarse las siguientes simetrías
 - El grafo en su conjunto
 - Los valores de las variables tanto de entrada como de salida
 - Concordancia con la simetría de la funcionalidad del problema



Etiquetas: $x_e x_i / y_e y_i$

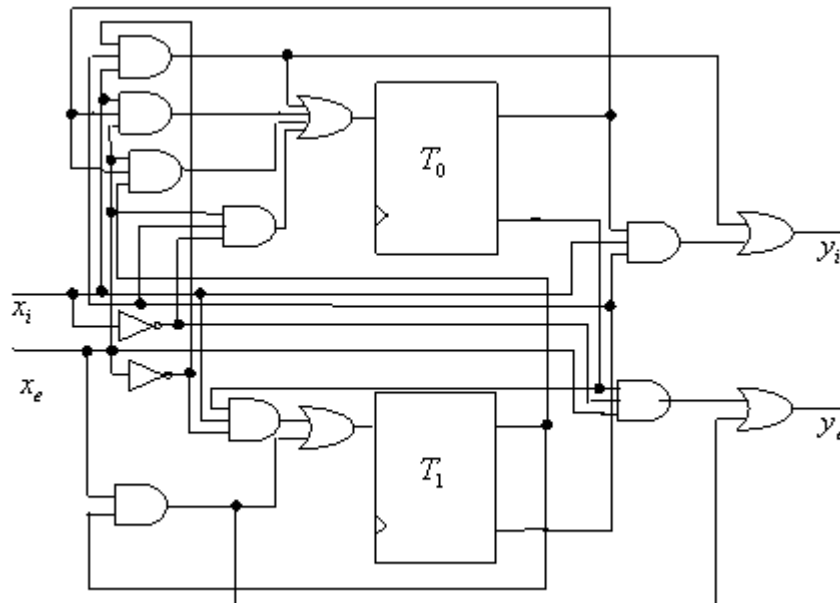
La concreción rigurosa del 'para qué' se solapa con el 'cómo' que va implícito en el instrumento de formalización

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Diseño

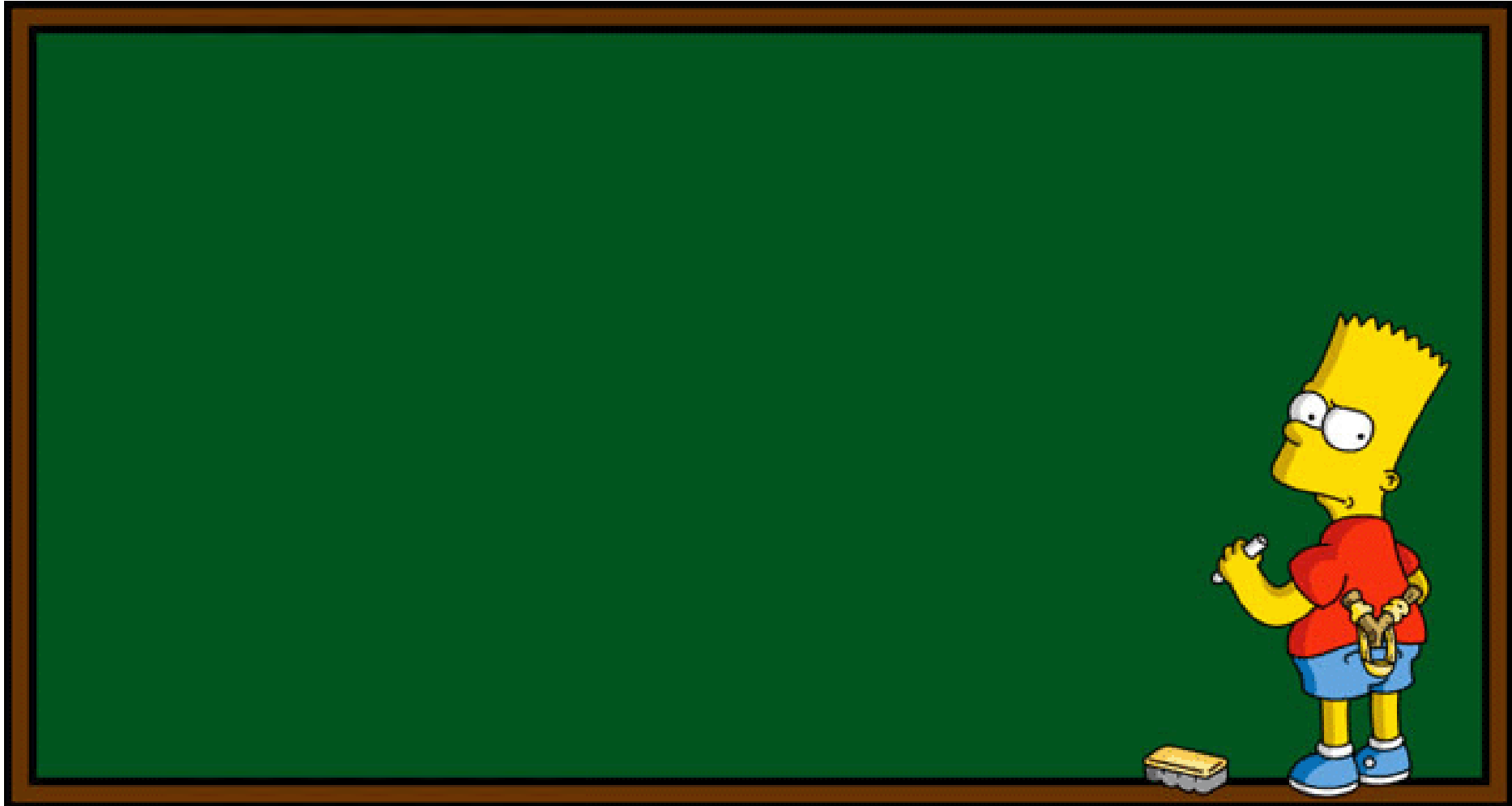
- Tomar decisiones sobre la tecnología a utilizar, la metodología de diseño y la planificación de las tareas
 - Tecnología: Podría optarse por tecnología software pero el interés, en este caso, es que la tecnología sea electrónica digital.
 - Como es un circuito secuencial, se ha optado por la técnica de Mealy.
 - La planificación de las tareas es inmediata: resolver en una sola sesión de trabajo.
- Circuito para control de acceso de doble puerta:



Finalmente, el 'con qué' proporciona la tercera pata arquitectural y abre la vía para poder realizar el diseño propiamente dicho

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional



Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Ejemplo: especificación de un sistema integral de vigilancia y seguridad
- Motivación
 - El sector de los servicios de vigilancia y seguridad se enfrenta a inconvenientes importantes
 - Imposibilidad de garantía absoluta
 - La ocurrencia estocástica de las agresiones dificulta la protección
 - La regulación legal es fuertemente limitante
 - Crecimiento no lineal de los costes
 - El perfil tecnológico de las instalaciones es bajo
 - La incorporación de valor añadido es despreciable
 - Consecuencia
 - El cliente comprende que la seguridad le puede beneficiar
 - pero percibe un fondo de incertidumbre en el sector

- **Objetivos**
 - **Áreas de actividad de la seguridad**
 - Intervienen recursos y procedimientos muy diferentes
 - Efectuar estudios de situación y realizar proyectos
 - Implantar, mantener y explotar instalaciones
 - Proveer los servicios
 - **Potenciar la agregación de los efectos de los subsistemas**
 - Producir seguridad emergente de la interacción entre los elementos, la cual es el tipo de seguridad:
 - más difícil de violentar por la dispersión del sistema
 - mejor cualificada para adaptarse a las nuevas formas de intrusismo con agilidad y efectividad
 - que mayores ventajas proporciona de cara a la competencia por los mercados

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- **Objetivos**
 - Proporcionar robustez, flexibilidad y escalabilidad
 - concebir y desarrollar el modelo estratégico tecnológico con la orientación de integración y armonización de todo el proceso de la vigilancia y la seguridad
 - diseño de proyectos, instalaciones, mantenimiento, diseño de servicios, seguimiento, detección de obsolescencia, etc.
 - Incorporar soluciones inspiradas en la tecnología digital

- **Concepción formal**
 - El dinamismo de la seguridad sugiere entenderla como un proceso que consiste en la competición entre la protección y el ataque
 - Los ataques se refinan para vencer a la protección
 - La protección está urgida de superarse permanentemente para que nunca sea exitoso un ataque
 - La seguridad depende funcionalmente de la protección y del ataque
 - El ataque es un conjunto de procesos y la protección es otro conjunto de procesos
 - Ambos tipos de procesos dependen funcionalmente de los recursos, las técnicas y el tiempo en el que operan

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- Concepción formal

- La seguridad es una función de las variables protección y ataque

$$S = S(P, A)$$

- La protección es una función de los procesos protectores

$$P = P(p_{\delta})$$

- Los ataques son una función de los procesos atacantes

$$A = A(a_{\alpha})$$

- Los procesos protectores y los atacantes son función de los recursos, las técnicas y el tiempo

$$p_{\delta} = p_{\delta}(\rho_i, \tau_j, t) \qquad a_{\alpha} = a_{\alpha}(\rho_i, \tau_j, t)$$

- Concepción formal

- La potencia de un sistema de seguridad es su capacidad para mantener la integridad de un bien

$$\wp = \wp(S)$$

- La integridad de un bien está garantizada si la potencia tiene valor positivo

$$\begin{cases} \wp > 0 & \rightarrow \xi = 1 \\ \wp \leq 0 & \rightarrow \xi = 0 \end{cases} , \quad \xi \equiv \{0,1\}$$

- La circunstancia de que la integridad deba preservarse a lo largo del tiempo sirve para caracterizar el rasgo esencial que diferencia a la protección del ataque

- La protección tiene que ser exitosa en todo momento

$$\xi(t) = 1 \rightarrow \wp(S(P, A)) > 0 \quad \forall t$$

- Al ataque le basta ser exitoso una vez

$$\exists t / \wp(S(P, A)) \leq 0 \rightarrow \xi(t) = 0$$

Metodología científica y tecnológica

Especificación funcional

- **Concepción formal**

- Se hacen evidentes varias máximas de la seguridad:
 - Proteger por anticipado con mayor potencia que la de los ataques que eventualmente puedan ocurrir

$$\xi = 1 \leftarrow \wp(P(p_\delta)) > \wp(A(a_\alpha)) \quad \forall \alpha, t$$

- Hacer que los recursos y sistemas de protección sean más avanzados que los de ataque
 - Incorporar la tecnología más novedosa a la protección constituye en sí misma una garantía por anticipado
- Lograr que las técnicas y estrategias de protección sean superiores a las de ataque
 - Los departamentos de diseño y de desarrollo de las empresas de seguridad deben ser mejores que los de las organizaciones delictivas

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural



Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- **Objetivo**
 - El punto de partida es la especificación funcional
 - La especificación funcional define el conjunto de factores esenciales explícitos del problema
 - Los factores explícitos están integrados por factores implícitos, según el orden establecido
 - El objetivo de la especificación estructural es
 - Establecer el conjunto de factores implícitos
 - Organizar los factores implícitos para implementar los factores explícitos
 - Se trata de definir un grafo de relaciones entre módulos estructurales
 - El caso ideal de estructuración es construir un árbol

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Método
 - El conjunto de los factores explícitos establecido en la especificación funcional representa el nodo raíz de la estructura
 - Para construir el siguiente nivel del árbol estructural
 - Seleccionar una de las posibles relaciones de equivalencia existentes en el conjunto de los factores explícitos del nodo anterior
 - El orden de aplicación de las relaciones de equivalencia determina la estructura de la solución
 - Repetir para cada uno de los nodos del siguiente nivel
 - En ausencia de relaciones de equivalencia, utilizar pseudorrelaciones de equivalencia
 - La estructura algebraica evolucionará a un grafo

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Ejemplo: sistema integral de servicios digitales para edificios de viviendas (SISDEV)
 - Sea la siguiente especificación del edificio
 - Alberga hasta 50 viviendas de unos 100 m²
 - Es posible que haya edificios adosados
 - Cada vivienda consiste en
 - Salón-comedor
 - Habitaciones (hasta en número de 4)
 - Aseos (hasta en número de 2)
 - Cocina
 - Galería

Metodología científica y tecnológica

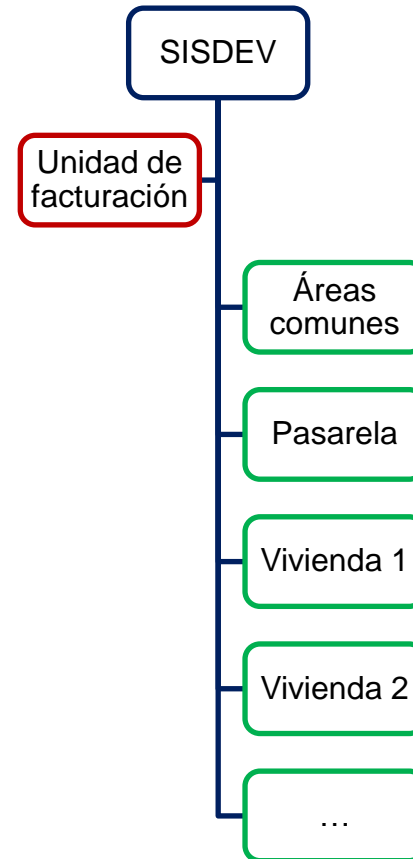
Especificación estructural

- Ejemplo: SISDEV
 - Generar el árbol de clasificación de los elementos
 - Los servicios digitales particulares se imputan a cada usuario debido a que puede haber gran dispersión del gasto de una vivienda a otra.
 - Centralizar los servicios obliga a un control muy complejo de los gastos
 - Una central de servicios digitales para cada unidad de gasto
 - Criterio primordial de clasificación: “**unidades de facturación**”
 - Áreas comunes (AC)
 - Pasarela (P)
 - Vivienda 1 (V1)
 - Vivienda 2 (V2)
 - ...

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Ejemplo: SISDEV
 - El árbol estructural



Metodología científica y tecnológica

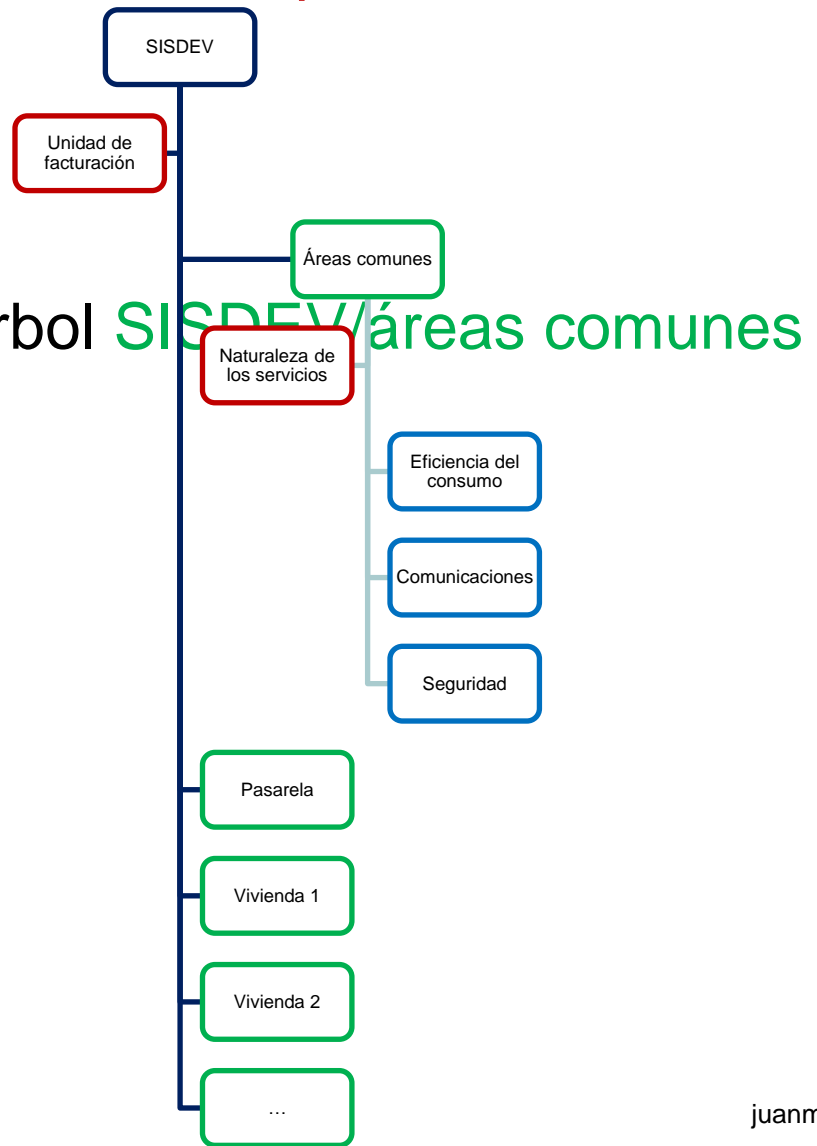
Especificación estructural

- Ejemplo: SISDEV
 - La orientación a proporcionar servicios sugiere cuál es el siguiente criterio
 - En este caso, el criterio es común para todos los subárboles que tienen raíz en el segundo nivel de SISDEV
 - Criterio segundo de clasificación: “**naturaleza de los servicios**”
 - El subárbol **SISDEV/áreas comunes**
 - Eficiencia del consumo (ECons)
 - Comunicaciones (Comu)
 - Seguridad (Segu)

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Ejemplo: SISDEV
 - El árbol estructural
 - Incorporación del subárbol

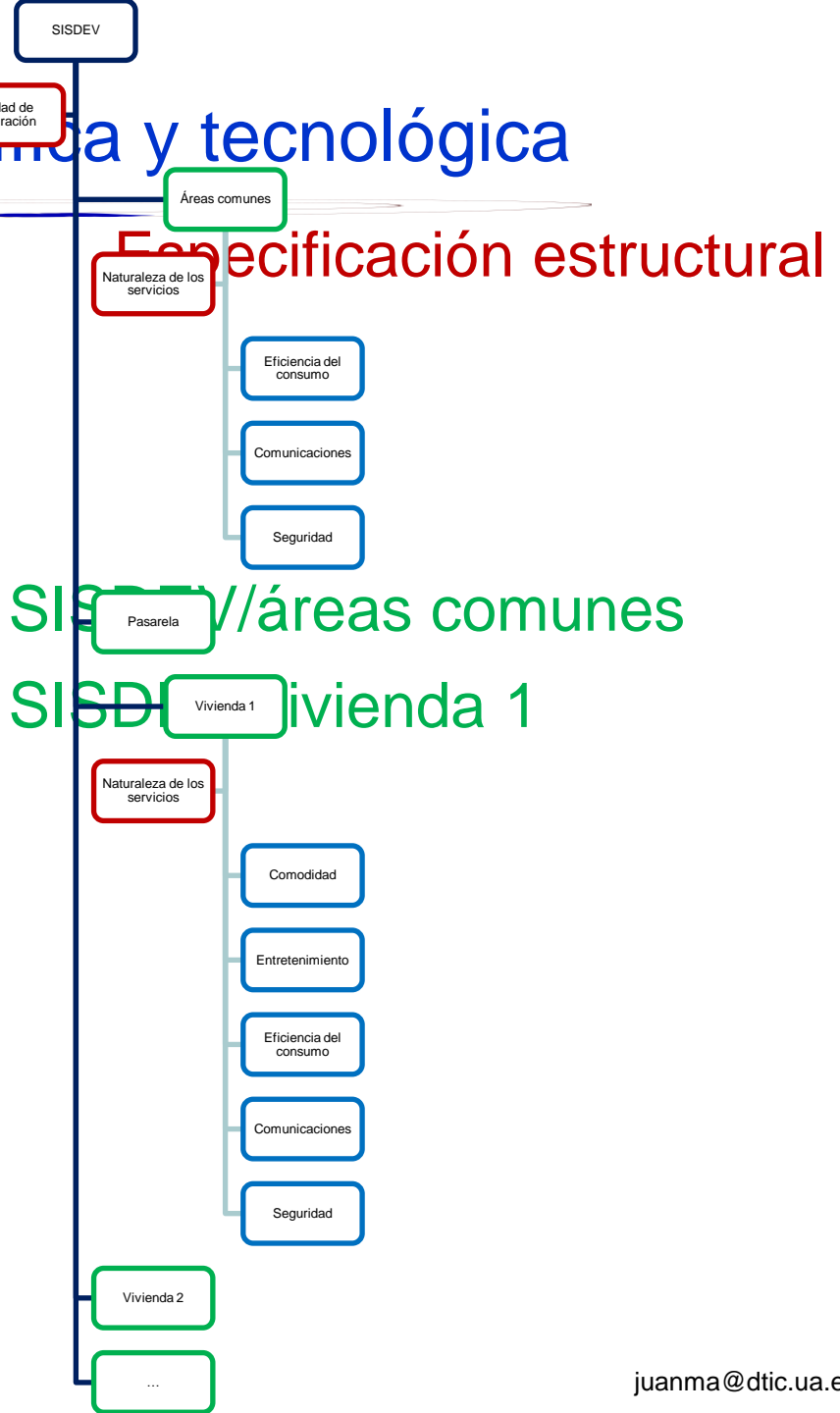


Metodología científica y tecnológica

- Ejemplo: SISDEV

- El árbol estructural

- Incorporación del subárbol SISDEV
- Incorporación del subárbol SISDEV



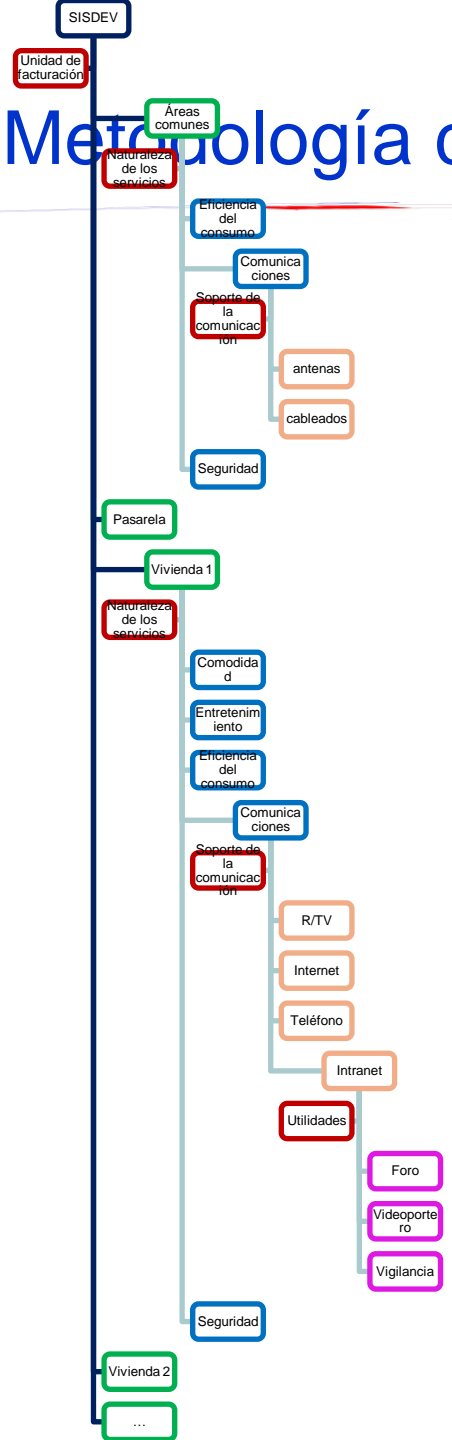
Especificación estructural

SISDEV/áreas comunes

SISDEV/Vivienda 1

Metatología científica y tecnológica

Especificación estructural



Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural



Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Estructura del sistema de vigilancia y seguridad
 - Recapitulación
 - La especificación funcional define a los sistemas a partir de sus variables
 - La especificación estructural define a los sistemas a partir de las relaciones entre sus constituyentes
 - Se basa en establecer relaciones de equivalencia entre las partes del sistema
 - Relaciones de equivalencia
 - “objetos a proteger”
 - “anulación de la integridad”
 - “rango de la integridad”

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Estructura del sistema de vigilancia y seguridad
 - Clasificación según los “**objetos a proteger**”
 - Seguridad de las personas
 - Seguridad de los equipos y las instalaciones
 - Seguridad de los servicios y los abastecimientos
 - Seguridad de la información
 - Clasificación según “**anulación de la integridad**”
 - Integridad puede ser nula: contrarrestar los ataques
 - Integridad no puede ser nula: anticipación a los ataques
 - Clasificación según “**rango de la integridad**”
 - Incluyendo el cero: técnicas de contrarrestar $[0, i]/i \ll$
 - Alrededor de cero: técnicas de evitar $(0, i]/i \ll$
 - Alrededor de uno: técnicas de prevenir $(j, 1]/j \gg$

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Clasificación por “**anulación de la integridad**”
 - La integridad puede ser nula momentáneamente
 - Contrarrestar los ataques $[0, i]/i \ll$
 - Ejecutan los procesos de protección estrictamente necesarios
 - Estrategias que operan en torno al valor cero de la potencia
 - Detectar los ataques, anularlos y recuperar el bien
 - La integridad es siempre positiva
 - Anticipación a los ataques $(0, i]/i \leq 1$
 - Clasificación por el “**rango de la integridad**”
 - Alrededor de cero: técnicas de evitación $(0, i]/i \ll$
 - Alrededor de uno: técnicas de prevención $(j, 1]/j \gg$

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Estrategias de anticipación
 - Técnicas de prevención de los ataques $(0,1]/j \gg$
 - La integridad se mantiene positiva en el entorno del uno
 - Impedir que concurren las condiciones necesarias para que los ataques puedan ejecutarse
 - Puede limitar la funcionalidad del sistema objeto de la seguridad
 - Ejemplos:
 - Para las personas, ausencia en lugares, momentos y situaciones de riesgo mediante el control de la agenda, calidad biológica del aire
 - Normalmente es demasiado restrictiva
 - Para los equipos y las instalaciones, cancelar la ocurrencia de eventos y situaciones de riesgo mediante la evaluación de la potencia de los ataques previsibles
 - Si puede soportarse, la redundancia es una opción a considerar
 - Para la información, impedir acceso sospechosos a los depósitos y a los canales de transmisión de la información

Metodología científica y tecnológica

Especificación estructural

- Estrategias de anticipación
 - Técnicas de evitación de los ataques $(0, t]/t \ll$
 - La integridad se mantiene positiva en el entorno del cero
 - Imposibilitar la concurrencia simultánea de todas las condiciones necesarias para que los ataques sean exitosos
 - Equilibrio entre la perturbación que provocan y la efectividad con que mantienen la potencia de la seguridad en valores positivos
 - Se basa en la búsqueda de indicadores de la posibilidad de ataque
 - Para impedir condiciones necesarias específicas de ese ataque
 - La evitación es la forma más frecuente de protección
 - protección para las personas: guardaespaldas, salubridad de los recursos hídricos, gestión de los productos perecederos, regulación de las acciones periódicas (riegos, abonados, higienizaciones), vacunaciones

Metodología científica y tecnológica

Conclusiones

- Hay un método común para la investigación científica y el diseño tecnológico
- Hay factores esenciales y otros circunstanciales en la creación de conocimiento
- Los factores esenciales admiten ser clasificados y ordenados
- La ordenación de los factores esenciales da lugar a diversos métodos de creación de conocimiento
- La clasificación reiterada de los factores esenciales permite especificar estructuralmente las soluciones

El motivo consiste en conocimiento inspirado, pictórico, que alude a conocimiento revelado sobre cómo ocurre la creación de Bart.

La creación científica es otra cosa: observacional y formalmente correcta.



Metodología de la investigación científica y del diseño tecnológico en las IST

juan manuel garcía chamizo

Catedrático de Arquitectura y Tecnología de Computadores



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante