

Ingeniería de Requerimientos

Diseño de Equipos Electrónicos
ITBA

Nicolás Nemirovsky

Sistema, subsistema o módulo

- Puede verse como una caja negra o una caja blanca.
- La caja negra es tal que no podemos saber lo que hay adentro; sólo podemos interactuar con ella y ver cuál es su “transferencia”.
- La caja blanca es tal que sabemos exactamente todo lo que hay dentro y cómo es que la “transferencia” es la que es.

Nota: aquí se usa “transferencia” como la relación entre todas las salidas y todas las entradas, eléctricas, mecánicas o de cualquier otra índole, intencionales o no intencionales.

Requerimientos

- El conjunto completo de requerimientos de un producto es aquello que define unívocamente el comportamiento de dicho producto como caja negra ya sea en forma completamente específica, o con cotas.
- Un requerimiento NO define lo que hay dentro de la caja negra, sólo lo que se ve desde afuera.
 - Es decir, un requerimiento dice QUÉ, nunca debe decir CÓMO.
- Los requerimientos refieren a todos los aspectos del producto: tamaño, costo, interfaces eléctricas, mecánicas, tolerancias, rangos de operación, mecanismos de mantenimiento, servicio y manufactura, susceptibilidad electromagnética, etc (un gran ETC).

Cientes

- Se llama cliente de un producto a aquella persona o entidad que *impone uno o más requerimientos*.
- Nótese la diferencia con el **usuario**, que es quién usa el producto, y con el **comprador**.
- Ejemplo típico de cliente: el estado.
- Otros ejemplos para pensar:
 - Equipo de electroestimulación
 - Aire Acondicionado
 - Juguete



Tipos de requerimientos

Según procedencia:

- De un cliente externo
 - Ejemplo: necesito una fuente de 5V +/-0,5V como producto final.
- De un cliente interno
 - Vinculado usualmente con interfaces que forman parte de un producto mayor (ejemplo: un colega que arma el HW de un controlador de un motor dice: el PWM del μ P debe ser programado en el pin 14, que es el que está conectado a un motor)
- Del mismo diseñador / empresa
 - Usualmente vinculados con roadmap, knowhow pre-existente, o planes comerciales pre-existentes. Ejemplos:
 - Un cliente pide una fuente de 5V +/- 0,5V, otro cliente pide una fuente de 5V +/-0,1V => es más económico diseñar una sola fuente con +/-0,1V de salida... pero este no era un requerimiento del primer cliente externo
 - Se desea diseñar un sistema de procesamiento con una interfaz gráfica genérica... pero la especialización del ingeniero o la empresa es el LabView => es más económico (y rápido) utilizar ese SW.
 - Ojo... define esto el producto como caja negra?
 - En realidad no son requerimientos! Cuáles serían los requerimientos reales en este caso?
 - Para evitar la trampa de poner condiciones al “cómo”, siempre conviene preguntarse: ¿qué gano haciéndolo así?

Tipos de requerimientos

Según su expresión:

- Concretos: perfectamente definidos (debe conectarse a 220VAC+/-10%, 50Hz +/-1%)
- Ambiguos: debe poder conectarse a la pared.
- Tácitos:... ¿cuánto debería consumir?

Todos los aspectos de un diseño tienen siempre requerimientos asociados, que entran en alguna de estas tres categorías.

Que el cliente no lo haya pensado bien / decidido, no significa que el requerimiento no exista. Por eso estos requerimientos necesitan un análisis de distinto grado de profundidad.

Tipos de requerimientos

Según dirección de aplicación:

- Hacia el diseño: este LED deberá consumir menos de 10W de potencia eléctrica y generar al menos 8W de potencia lumínica en forma de X lúmenes con Y ángulo/dispersión, etc.
 - Este es un requerimiento que el diseñador deberá considerar: debe diseñar un LED que cumpla estas condiciones.
- Hacia el usuario: este LED sólo cumplirá lo aquí citado SI y sólo SI se lo alimenta con corrientes entre 0 y 2.5A, y tensiones entre 0 y 4V.
 - Este es un requerimiento de la interfaz hacia el usuario: el usuario deberá asegurarse de conectar el LED como es indicado.
- Hacia ambos: *pin-out de un conector en la interfaz*
 - Este es un requerimiento creado de común acuerdo con el usuario; define la interfaz de forma tal de garantizar compatibilidad, pero implica que el usuario deberá también respetar esa interfaz. Esto es muy común entre dos diseñadores de módulos interconectados.

Análisis de Requerimientos: el arte de preguntar(se)

- “Deberá alimentarse con 220VAC+/-10%, 50Hz +/-1%”
 - ¿Especificación de ruido?
 - ¿Cuál es la corriente máxima/mínima?
- “Deberá poder conectarse a la pared”
 - ¿A qué pared? (largo del cable)
 - ¿Con qué tipo de enchufe?
 - ¿Qué diámetro/tolerancia en las patas?
 - ¿Qué resistencia mecánica debería tener el cable? –nota: esto a veces es hilar demasiado fino... pero a veces no.
- Tácticos:... ¿cuánto debería consumir?
 - Método del absurdo: ¿1MW? ¿No, mucho? ¿10kW entonces? ¿También mucho? ¿100W? => Consumo máximo: 100W.
 - Ojo: el arte del análisis de requerimientos es saber dónde poner la línea para que el producto le sirva al cliente... y que exista una solución de diseño lo más simple posible.
- Cuidado: NUNCA se debe sobre-especificar. Esto puede llevar a limitar el trabajo de diseño.
- Nota: Como los requerimientos son previos al diseño, siempre se expresan con verbos como “debe”, “debería”, “deberá”, y otros sinónimos.

Análisis de Requerimientos

- A veces los requerimientos pueden ser concretos, pero no directamente vinculados a variables de diseño inmediatas. Esto puede deberse a:
 - Referirse a estándares (*debe cumplir con norma XXX*)
 - Referirse a compatibilidades con otros productos (*debe poder alimentarse de 2 baterías AA*)
 - Referirse a variables no “electrónicas”, o no vinculadas directamente a una interfaz (*debe poder moverse a más de 2m/s*)
 - Referirse a la performance del sistema completo (*debe controlar temperatura con un error máximo de 0.1°C*)
- En todos los casos, es tarea del diseñador principal, el traducir estos requerimientos a definiciones concretas para los módulos del diseño.

Análisis de Requerimientos: del cliente al diseño

- Cada cliente tendrá una lista de requerimientos (**Requerimientos del Cliente**). Estos conforman un documento que puede (debe) ser firmado por ambas partes para establecer un contrato.
- Sin embargo, a la hora de realizar el producto, el diseñador contará con varios sets de requerimientos, a veces superpuestos (ejemplo: fuente de $5V \pm 0.5V$ para cliente A y $5V \pm 0.1V$ para cliente B).
- Por eso se elabora una lista más de requerimientos, de uso interno (**Requerimientos de Diseño**, a veces llamados **Especificaciones de Diseño**). Estos son los requerimientos “finales” que se utilizarán para comenzar el diseño.

Requerimientos: los “buenos” y los “malos”

Los requerimientos deben ser escritos de tal modo que para el cliente el resultado sea aceptable, pero limitando lo menos posible las opciones de diseño.

Ejemplos para un auto:

- El motor deberá tener al menos 4 cilindros.
- El auto debe funcionar con naftas de 95 octanos para arriba.
- La temperatura del motor no deberá superar nunca los 130°C.
- Todos los instrumentos eléctricos deberán tener el fusible correspondiente.
- La computadora de abordo deberá estar resguardada en caso de impacto.
- Las emisiones deberán estar por debajo de $x \text{ gCO}_2/\text{Km}$

Requerimientos: los “buenos” y los “malos”

Los requerimientos deben ser escritos de tal modo que para el cliente el requisito sea claro y no limitar el diseñador. El requisito debe ser una opción, no una imposición.

No: el usuario no tiene por qué enterarse cuántos cilindros tiene el motor... El problema del diseñador es realizar algo que se comporte de la manera que quiere el usuario. Cuáles son las diferencias de comportamiento entre 4 y 8 cilindros?

No; si bien esto es parte de una norma, sigue siendo problema del diseñador y no del usuario. Si el diseño no sigue la norma, no significa que no pase; significa que se debe verificar con tests (que pueden ser muy costosos), y tiene que ver (en este caso) con la seguridad contra un incendio.

Sí: es (parte de) una definición de una interfaz.

No: es problema del diseñador. Al usuario (y a la norma) sólo le importa que el auto no se rompa fácilmente. El “cómo” es problema del diseñador.

Ejemplos para un auto:

- El motor deberá tener al menos 4 cilindros.
- El auto debe funcionar con naftas de 95 octanos para arriba.
- La temperatura del motor no deberá superar nunca los 130°C.
- Todos los instrumentos eléctricos deberán tener el fusible correspondiente.
- La computadora de abordo deberá estar resguardada en caso de impacto.
- Las emisiones deberán estar por debajo de x gCO2/Km

No: esto es problema del diseñador, no del usuario

Sí: no sólo es una interfaz; también es parte de regulaciones

Requerimientos: aplicabilidad

- Ejemplos de requerimientos: ¿qué requerimientos puede tener...
 - ...un cable?
 - ... un conector?
 - ... una resistencia?
 - ... un soldador?
 - ... un teclado?
 - ... un aire acondicionado?
 - ... un protocolo de comunicación?

Por qué requerimientos

- Los requerimientos sirven como el contrato de desarrollo entre el cliente y el proveedor.
 - Hacia el cliente, se le promete así no sólo lo que Sí va a hacer el producto, sino lo que NO va a hacer el producto (muy a menudo más importante que lo primero).
 - Hacia el proveedor, indicando exactamente aquello que el diseñador espera conseguir del producto que se compra.
- Un buen set de requerimientos hace posible contratar múltiples proveedores, y tener la seguridad de que lo provisto *siempre* cumplirá las expectativas... a costa del proveedor.
- Si un requerimiento no se cumple luego de realizado el diseño, hay tres opciones:
 - Ese requerimiento no era realmente un requerimiento, y al cliente no le importa.
 - Ese requerimiento DEBÍA ser cumplido: el proceso de diseño falló.
 - Ese requerimiento debía ser cumplido, pero una excepción puede ser permitida (con o sin un costo asociado) para los primeros N productos, o para la primera línea (defectuosa).

Especificaciones de Producto

- Las especificaciones de un producto son, básicamente, la “hoja de datos” del producto. No confundir con especificaciones de diseño (o requerimientos de diseño).
- Las especificaciones no tienen por qué ser iguales que los requerimientos (ni de cliente, ni de diseño).
- Las especificaciones sólo pueden ser escritas LUEGO de haber terminado el diseño del producto Y su validación.
- Cada requerimiento de cliente o de diseño deberá tener siempre una especificación que lo acompañe.
 - Nota: un mismo producto puede tener dos o más sets de especificaciones diferentes para no proveer a los clientes de información potencialmente sensible.

Ejemplo

- Requerimientos de Cliente
 - Cliente A necesita una fuente de $5V \pm 0.5V$.
 - Cliente B necesita una fuente de $5V \pm 0.1V$.
- Requerimientos de Diseño
 - Se diseñará una fuente de $5V \pm 0.1V$
- Objetivo de Diseño
 - Se diseñará una fuente de $5V \pm 0.05V$ (¿por qué no $0.1V$...?)
- Especificaciones de Producto
 - (Interna) La fuente diseñada entrega $5V \pm 0.04V$.
 - (Al cliente A) La fuente diseñada entrega $5V \pm 0.5V$

Por qué especificaciones

- Las especificaciones sirven como el contrato de compra entre el cliente y el proveedor
 - A diferencia de los requerimientos, las especificaciones no tienen riesgo: dado que son medidas o son resultado directo de un diseño ya terminado, es imposible que no se cumplan en un producto en correcto funcionamiento.
 - Las especificaciones no son nunca discutibles.
 - Permiten al cliente decidir cuando un producto está defectuoso.
- Un set de especificaciones puede servir para múltiples clientes (múltiples requerimientos de clientes).
- Un set de requerimientos pueden traer múltiples proveedores (múltiples especificaciones de producto).

Propagación de Requerimientos

- Los requerimientos del cliente definen su visión de la caja negra.
- Los requerimientos de diseño definen la visión de la caja negra del diseñador.
- El momento del comienzo del diseño es el primer momento en que la caja negra comienza a volverse gris.
- La caja es blanca luego de terminado el diseño. Sin embargo, esto no se da en simultáneo en “toda” la caja.
- Si el diseño se realiza en forma modular, para cada módulo que hay, el proceso de requerimientos se repite.

Propagación de Requerimientos

- 1) Se divide el diseño en módulos
- 2) Se definen las interfaces entre módulos
- 3) Se definen los *requerimientos* de esas interfaces (ejemplo: ¿qué tensión requiere el μ P?)
- 4) Se buscan los requerimientos de diseño (ejemplo: si el micro tiene que disparar dos transistores, uno que requiere no menos de 4.5V, y el otro no menos de 3.5V, ¿cuál es el requerimiento de la salida del μ P?)
- 5) Se diseña el módulo
- 6) Se testea el módulo
- 7) Se verifican las especificaciones del módulo contra los requerimientos
- 8) ...and so on, and so forth...

Presupuestos y modularización

- Algunos requerimientos sólo serán aplicables a un módulo.
- Cuanto mejor sea la modularización del diseño, más “independientes” serán los requerimientos, y más simples las interfaces. Ejemplo: Si todas las protecciones de corto-circuito, sobre tensiones, etc, están en un mismo módulo, el resto del sistema no tiene que enterarse.
- Otros requerimientos, sin embargo, son imposibles de aislar. Ejemplos:
 - Costo
 - Consumo
 - Disipación
 - Error de sensado
 - Error de actuación
 - Confiabilidad
 - Etc.

Presupuestos y modularización

- Para todos estos casos, en la etapa de modularización, también debe realizarse un presupuesto. Este presupuesto deberá distribuir el total disponible según el requerimiento, a cada módulo.
 - Un buen diseñador sabe distribuir el presupuesto de tal modo que los módulos tengan la mayor simplicidad posible.
- Ejemplo: un monitor de temperatura de 0 a 100°C, con un error de 0.1°C.
 - Sensor: 0.01°C => elección del sensor
 - Acondicionamiento: 0.02°C => SNR, CMRR, offset/gain error, Zin/out, etc.
 - Adquisición: 0.02°C => #bits. ¿En este caso... ?
 - Procesamiento: 0.02°C (filtrado) => tipo de procesamiento
 - Margen: ... ? => ¿Y si nos olvidamos algo? ¿P.ej.: EMI?

Presupuestos y modularización

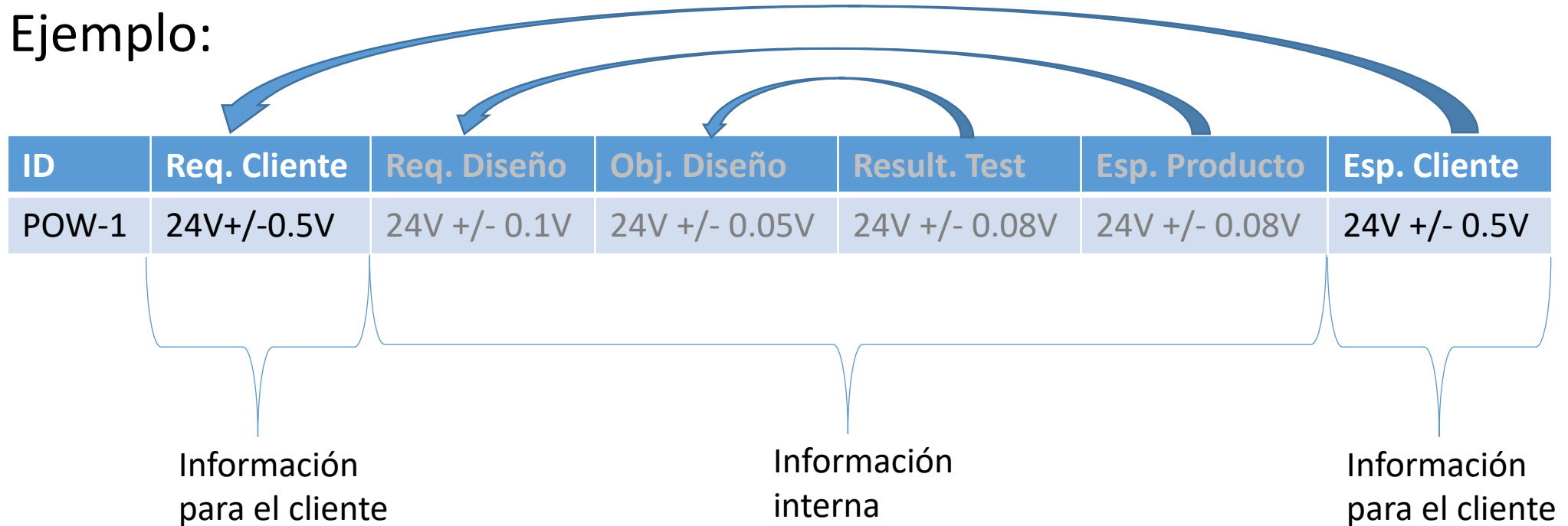
- Cada ítem del presupuesto se convierte en un requerimiento para el módulo.
- Estos requerimientos, en conjunto con los requerimientos de interfaz, definen el módulo como un “sub-producto” (una mini caja negra), cuyo comportamiento puede ser testeado y validado individualmente.
- De este modo, el módulo no sólo puede ser realizado por el mismo diseñador sino que también puede ser tercerizado.
- El proceso puede repetirse para cada módulo si se lo desea dividir en sub-módulos; esto es válido para un sistema de cualquier tamaño.

Trazabilidad de Requerimientos

- El cumplimiento de todos los requerimientos debe poder ser demostrado tanto para el diseñador (verificación de diseño) como para el cliente.
- Por esta razón, para cada requerimiento, puede haber cuatro opciones:
 - Se realiza un test.
 - Se simula/modela.
 - Se inspecciona.
 - Se da por verificado por diseño vía revisión de documentación (no recomendado).
- Para poder vincular requerimientos, especificaciones, y tests, a cada requerimiento se le da un nombre único. Esto permite ver qué sucede con cada requerimiento a lo largo de la vida de un proyecto.

Trazabilidad de Requerimientos

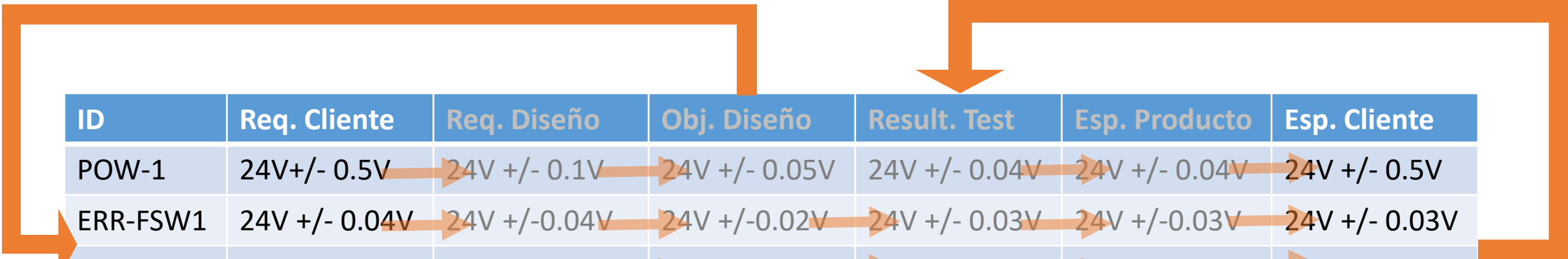
- Ejemplo:



Nota: esto es válido sólo para diseños “a caja negra”!!!

Trazabilidad de Requerimientos

- Luego de realizado un presupuesto para alguna característica determinada, llega el momento de trabajar en el (sub)módulo.
- Este (sub)módulo tendrá como requerimientos, aquellas decisiones del diseño del sistema o módulo superior.
- Así, todos los requerimientos, especificaciones y tests a nivel (sub)modular, sirven para analizar los resultados a nivel sistema.
- Ejemplo: fuente de tensión, fuente switching y gabinete para minimizar interferencia electromagnética



ID	Req. Cliente	Req. Diseño	Obj. Diseño	Result. Test	Esp. Producto	Esp. Cliente
POW-1	24V+/- 0.5V	24V +/- 0.1V	24V +/- 0.05V	24V +/- 0.04V	24V +/- 0.04V	24V +/- 0.5V
ERR-FSW1	24V +/- 0.04V	24V +/-0.04V	24V +/-0.02V	24V +/- 0.03V	24V +/-0.03V	24V +/- 0.03V
ERR-EMI1	<0.01V	<0.01V	<0.005V	<0.004V	<0.004V	<0.004V

Caso de ejemplo: Proyecto Carlitos

Un breve análisis

Especificaciones funcionales

TECHNICAL REGULATION **1133**

Voltage Converter 24/12 V

For car radio

Operating data

Supply voltage: 24V, negative ground

Output voltage: 12.0V to 14.5V

Load: $\leq 3.0\text{A}$ constant

Others: According to RT1011 Issue 1 "Electronic control units and sensors"

However, the following changes and additions apply:

EMC : Susceptibility/The lower requirement en 1011, Item 1.4 applies (not affecting road safety)

Location: Cab environment

Protection IEC529:IP21

Polarising protection: According to TR1011 item 1.6 or alternatively to have polarized connector which reduce risk of erroneous connection

Function test : According to 1011 and load according to above specification

Datos para el diseño del producto

TECHNICAL REGULATION 1011

Electronic control units (ECUs) and sensors

General

1 Operating data

1.1 Supply voltage

24V, negative earth
12V, negative earth

1.2 Operating voltage

22 V to 30 V (typical voltage 28 V)
10 V to 15V (typical voltage 14V)

Electrical noise: 5 Vp-p, 50Hz-50 kHz (With disconnected battery: 10 Vp-p)
35V resp. 17.5V during at least 1 h (bad alternator, quick charging or booster start)

Exception: Sensors supplied from an ECU, see the ECU specification

1.3 Transient voltages

The ECU/sensor shall resist transient voltages according to ISO/DIS 7637/2 or ISO/DIS 7637/1.
Following additions and changes are valid.
For sensors supplied from an ECU, some of the pulses are eventually not valid (see drawing).

ISO/DIS 7637/2

Test pulse 1 : Vs=-150V, Ri=10 ohm
Test pulse 2 : Not applicable
Test pulse 3a: Vs=-150 V
Test pulse 3b: Vs=+100V
Test pulse 4 : Vs=16V, Va=-12V, Ri=0.001 ohm
Test pulse 5: Vs=+125V, Ri=1.5 ohm, $t_r=0.48s$, $t_f=10ms$

ISO/DIS 7637/1:

Test pulse 2 Not applicable
Test pulse 5 Vs=+70V, Ri=1 ohm, T=0.27s, $t_r=10ms$
Test pulse 6 Not applicable

Pulse 1,4,5 and 7 occur on conductors that are in galvanic contact with the supply voltage. Pulse 3a and 3b are present on all conductors.

1.4 EMC

Susceptibility

The ECU/sensors shall withstand a electromagnetic field strength of:
50V_{RMS}/m from 10 kHz to 2 MHz
100V_{RMS}/m from 2 MHz to 1 GHz

Functions which have no influence on traffic safety:
25V_{RMS}/m from 10 kHz to 2 MHz
50V_{RMS}/m from 2 MHz to 1 GHz

The electromagnetic field shall be modulated by 1 kHz (AM, sinusoidal) 100%

Emission

Electromagnetic radiation from ECU/sensor and its wiring harness may not exceed:
-15 dBuV (0.2 uV) over 50 ohms) in a frequency range of 20 mHz to 1| GHz. 0 dBuV in a frequency range of 500 kHz to 20 MHz.

1.5 Degrees of protection IEC529

Engine	IP67
Gearbox	IP67
Chassis	IP67
Brake drum	IP67
Cab	IP54

The ECU/sensor shall withstand a free fall from 1 m to ground (concrete floor)

1.6 Reversed polarity protection

The ECU/sensor shall withstand reversed polarity at the supply voltage

1.7 Short circuit protection

All inputs and outputs shall withstand continuous short circuit to earth/supply voltage. When the short circuit is removed the ECU/sensor returns to normal function

1.8 Temperatures

Storage -40°C till +80°C (100°C 1 h)

Operation

Engine	-40°C till +125°C
Gearbox	-40°C till +125°C
Chassis	-40°C till +70°C
Brake drum	-40°C till +200°C
Cab	-40°C till +70°C

1.9 Vibrations

Vibration type : Random

	ASD level	Frequency range
Engine	0.4 g ² /Hz	50-1500 Hz (25 g _{RMS})
Gearbox	0.15 g ² /Hz	50-1500 Hz (15 g _{RMS})
Chassis	0.1 g ² /Hz	50-500 Hz (7 g _{RMS})
Brake drum	0.45 g ² /Hz	50-500 Hz (15 g _{RMS})
Cab	0.02 g ² /Hz	50-500 Hz (3.3 g _{RMS})

1.10 Function

See drawing/additional specification

1.10 Labelling

Unless otherwise specified.

The ECU/sensor shall have a type number and a serial number that enable traceability to the week of production

Datos para el diseño del producto

1.12 Documentation

Unless otherwise specified.

The documentation of the ECU/electronic sensor shall comprise:

- circuit diagram
- component list
- detailed component data
- circuit board layout including location of components and test points
- estimated MTBF- value according to MIL-HDBK 217 representative for ground mobile operation, ambient temperature 50°C
- production quality plan
- drawing showing the size of the ECU/sensor

1.13 Miscellaneous

Preceding the test and approval of the ECU/sensor the above described documents shall be delivered

Modifications of the documents, that means directly or indirectly the ECU/sensor, done after the approval shall be reported and must be approved

2. Testing

Operating voltage 28V and room temperature unless otherwise specified. The functional requirements according to 1.10 shall be fulfilled. Number of samples, at less 10 (5 in each test group). Each samples shall be marked with an individual number

Test group 1

The same samples are used in test 2.1,2.2,2.3,2.4,2.5 and 2.6. Exception: Electromechanic sensors are tested according to 2.3,2.4,2.5 and 2.12

Test group 2

The same samples are used in test 2.7,2.8,2.9,2.10 and 2.11. The tests are performed in mentioned order

2.1 Transient voltage protection

The ECU/sensor shall be tested according to the requirements below (ISO/DIS 7637/2 AND ISO/DIS 7637/1) and operating data 1.3:

Test pulse 1:	Number of pulses	5000
	Functional status	Class C
Test pulse 3a:	Test time	1 h
	Functional status	Class A
Test pulse 3b:	Test time	1 h
	Functional status	Class A
Test pulse 4:	Number of pulses	1
	Functional status	Class A,B or C
Test pulse 5:	Number of pulses	10
	Pulse cycle time	10s
	Functional status	Class C
Test pulse 7:	Number of pulses	1
	Functional status	Class C

The functional status describes the performance requirements of the ECU/sensor during and after the exposure to the interference. The functional status for test pulse 4 is normally class C. For ECU/sensors, operating in a system where all or parts of the functions must be performed correctly during the start of the diesel engine, class A or B is valid

2.2 EMC Test

Susceptibility

The test are performed on both a modular level including a dummy wiring harness (strip line test) and on a complete vehicle. Electromagnetic field according to 1.4. Functional interferences will be judged in respects of safety and type of malfunction.

Emission

Test methods according to MIL 461C/UM03, MIL-STD-462 RE02 and on a complete vehicle.

Measurement bandwidth: ≤10 kHz. Higher levels than those specified in 1.4 are allowed in frequency bands where no radio, CB or telephone communications exists (for instance TV band). Interferences in frequencies below 500 kHz will be judged as they occur.

2.3 Test of degree of protection

The ECU/sensor shall be tested according to IEC529 and Operating data 1.5. The ECU/sensor is in power off mode.

2.4 Free fall test

The ECU/sensor shall be tested according to Operating data 1.5. No functional deterioration is permitted.

2.5 Reversed polarity protection

The ECU/sensor shall be installed for normal operation but in the worst case for this test. No damage may occur when the polarity of the supply voltage is reversed

2.6 Short circuit protection

The ECU/sensor shall withstand a short circuit to earth/supply voltage of any connection pin. The supply voltage is in certain cases available via a fuse. The requirement in 1.8 are valid.

2.7 Cold test

According to IEC-68-2-1 Aa

Engine	-40°C 2 h
Gearbox	-40°C 2 h
Chassis	-40°C 2 h
Brake drum	-40°C 2 h
Cab	-40°C 2 h

The ECU/sensor shall remain in power off mode. At the specified low temperature the function is finally verified. Operating voltage according to 1.2. No functional deterioration is permitted.

2.8 Dry heat

According to IEC-68-2-1 Aa

Engine	-40°C 2 h
Gearbox	-40°C 2 h
Chassis	-40°C 2 h
Brake drum	-40°C 2 h
Cab	-40°C 2 h

During the test the ECU/sensors shall operate at normal voltage, 28 V or 14V. Intermediate, after 2h, and final measurements shall be performed at the specified high temperature and with an operating voltage according to 1.2. No damage or interference may occur.

Datos para el diseño del producto

2.9 Change of temperature

Engine, Gearbox, Chassis, Brake drum

According to IEC 68-2-14Nc

5 min 0°C 5 min 100°C

The ECU/sensor shall alternately be immersed in two bath, one filled with ice water, and one filled with boiling water

Transition time : ≤ 3 s

Number of cycles: 10

The ECU/sensor shall have its connector attached but remain in power off mode. No damage or functional interference may occur.

Cab

According to IEC 68-1-14 Nb

1 h -25 °C 1 h 100°C

Rate of temperature change : 3 °C/60s

Number of cycles: 100

The ECU/sensor shall have its connector attached but shall remain in power off mode. No damage or functional interference may occur.

2.10 Vibration test

According to IEC 68-2-35 Fda and Operating data 1.9

Test time ECU : 30 h/axle

Direction : X,Y,Z

Test time sensor: 70 h/axle

Direction: X,Y,Z

During the test the ECU/sensor shall be installed for normal operation with power on. No damage or functional interference may occur.

2.11 Corrosion test

Engine, Gearbox, Chassis, Brake drum

According to IEC 68-2-11 Ka

144 h salt mist test

Cab

According to IEC 68-2-30 Db

Damp heat : 21 cycles

Upper temperature: 55°C

During both tests the ECU/sensor shall have its connector attached but remain in power off mode.

After the test the ECU/sensor shall be stored 48 h in room temperature. Finally the function is verified. No functional deterioration is permitted.

2.12 Life test

This test shall be done only on sensors containing moving parts. The sensor shall be installed for normal operation.

For life length requirements and description of test cycle, see drawing.

Especificaciones del producto

TR1133

Transformador de tensión 24/12V para radio de vehículo

Datos

Tensión del sistema	: 24 V, tierra negativa
Tensión de operación	: 22 a 29 V (valor de operación típico 28 V)
Tensión de salida	: 12 A 14.5 V
Carga	: 1.5 A continuo, 3.0 A durante 1 s
Temperaturas	: reposo -40 °C a 80°C (90°C máx 1 h)
Forma de protección	: Según DIN 40050, hoja 9, IP20, similar a IEC 144

Protección contra inversión de tensión

El transformador de tensión tolerara continuamente polaridad inversa en todas las conexiones

Tolerancia a los cortocircuitos

El transformador de tensión estará asegurado contra los cortocircuitos.
Cuando el cortocircuito este solucionado el transformador volverá a funcionar

Interrupcion de tierra

Si se rompe la conexión a tierra del transformador de tensión la tensión de salida para la carga conectada no debe pasar la tensión de salida prescrita 14.5 V

Fiabilidad

El fabricante comunicara el valor del MTBF calculado para el aparato

Vibraciones

3.5 f (RMS)

Interferencias

$U=72 \cdot e^{-3/11} + 28V$, $R_j=1$ ohm (aparece en la interrupción entre batería y generador)
 $U=-150e^{-4/002}V$, $R_j=10$ ohm (aparece en la interrupción de la corriente a inductancias sin carga paralela acoplada)
En lo demás según ISO/TC22/SC3/WG3/N88E parte 2 y 4

Zumbido

Zumbido de motores eléctricos: $U \leq 3$ Vp-p
Rango de frecuencia: 50 Hz a 10 kHz

Pruebas de validación

TR1133

PRUEBAS

Cantidad de ejemplares de prueba mínimo 5

Se emplearan los mismos ejemplares en las pruebas de protección contra inversión de tensión, prueba de cortocircuito, pruebas de función, prueba de temperatura, prueba de vibración y prueba de corrosión. Las pruebas se ejecutan en el orden mencionado.

Prueba de protección contra inversión de tensión

Según los datos de operación (protección contra inversión de tensión). Se prueba a $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ y con $27.5\text{V}\pm 0.2\text{V}$. No debe aparecer ningún daño.

Prueba de función 1

La función se prueba a -30°C y 70°C con 27V y 29V. Se verificara la tensión de salida con la carga prescrita según los datos de operación

Prueba de función 2

El aparato se deja en reposo 4 horas a -30°C sin tensión de alimentación. Luego se prueba inmediatamente el aparato a $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ y a 40-60% de humedad relativa. No debe aparecer ninguna perturbación de función.

Prueba de temperatura

Ciclo de prueba:	2 h a -30°C , 0.5 h a 20°C 2 h a 80°C , 0.5 h a 20°C
Cantidad de ciclos de prueba:	12
No debe aparecer ningún daño	

Prueba de vibraciones

Tipo de vibración	Random
Valor RMS	3.3 g
Densidad espectral	10^{-2} g/Hz
Rango de frecuencias	20-1000Hz
Amortiguación	24 dB/octava
Dirección de la vibración	vertical
Tiempo de prueba	30 h

No debe aparecer ningún daño

Prueba de corrosión

240 h de prueba en agua condensada en clima cambiante según SFW DIN 50017, similar a IEC 144 (accelerated damp heat). No debe aparecer ninguna corrosión. La función no debe empeorarse.

Ingeniería Concurrente

Ingeniería Concurrente y Modelo V

Los pasos para un desarrollo son:

- Diseño

Diseño de
Alto Nivel

- Requerimientos del cliente
- Requerimientos del diseño (sistema)
- Presupuestos y diseño de sistema
- Requerimientos de (sub)módulos
- Presupuestos y diseño de (sub) módulos

Diseño
Detallado

- Fabricación de (sub)módulos

Implementación

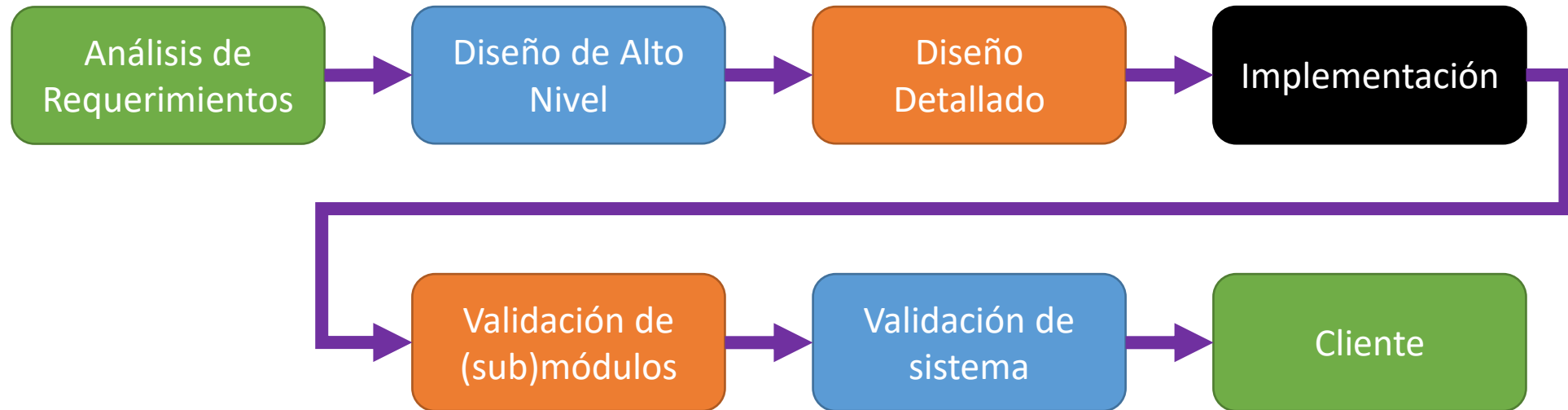
- Integración y test

- Test de (sub)módulos
- Especificaciones de (sub)módulos
- Integración y test de sistema
- Especificaciones de sistema
- Especificaciones al cliente

Validación de
(sub) Módulos

Validación
de Sistema

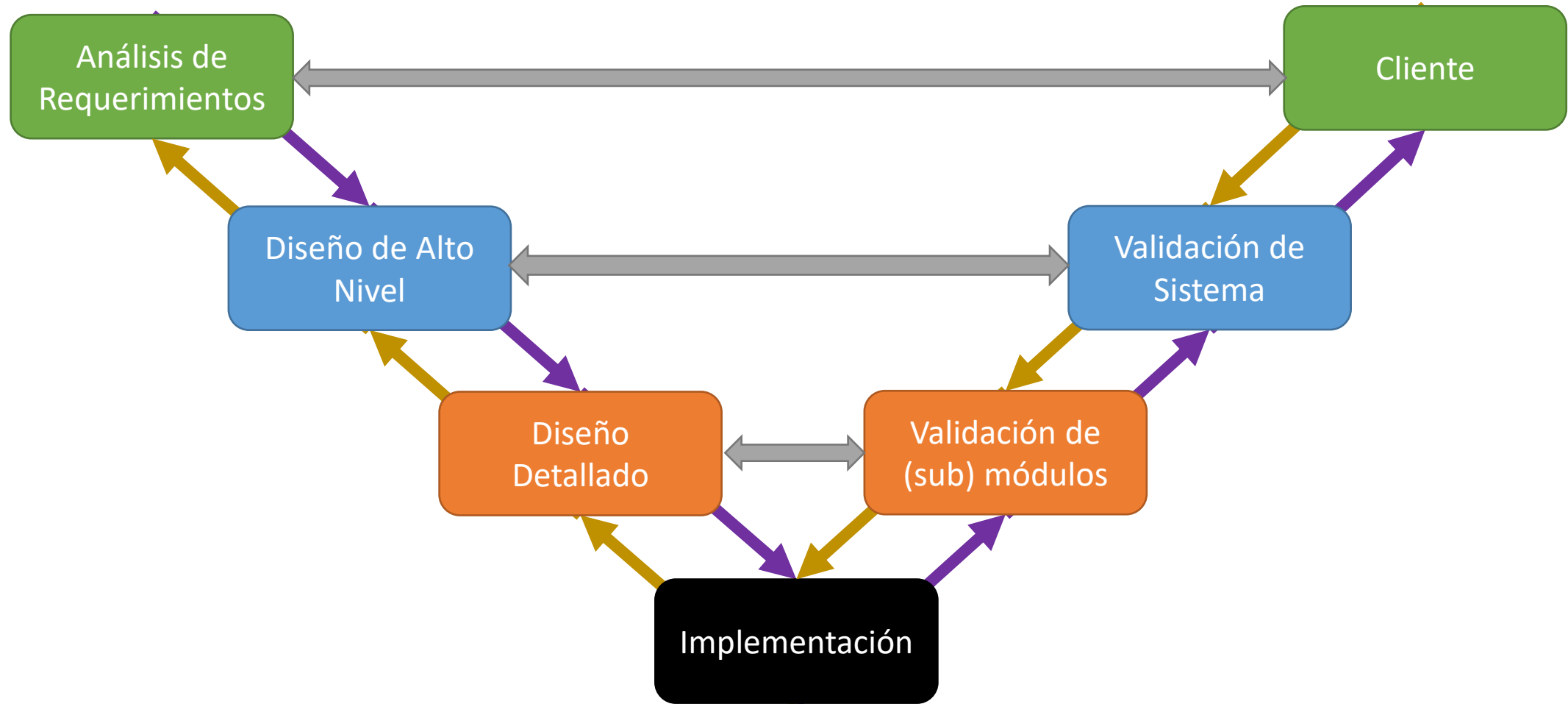
Modelo secuencial



Modelo V

- Sin embargo, por lo general, debido a limitantes de tiempo, no es posible realizar todas las tareas en forma secuencial, o en otras palabras, esperar a que una esté terminada para comenzar la otra.
- En estos casos, se realizan actividades en paralelo, comenzando tareas antes de que las otras terminen. Esto da lugar al llamado Modelo V.
- Es un modelo iterativo, basado en extensa comunicación entre partes, y, según el punto del diseño, requiere una visión de largo plazo.

Modelo V



Desarrollo Ágil y Deuda Técnica

Desarrollo Ágil

Scrum es el nombre con el que se denomina a los marcos de desarrollo ágiles caracterizados por:

- Adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto.
- Basar la calidad del resultado más en el conocimiento tácito de las personas en equipos auto organizados, que en la calidad de los procesos empleados.
- Solapamiento de las diferentes fases del desarrollo, en lugar de realizar una tras otra en un ciclo secuencial o en cascada.

Deuda Técnica

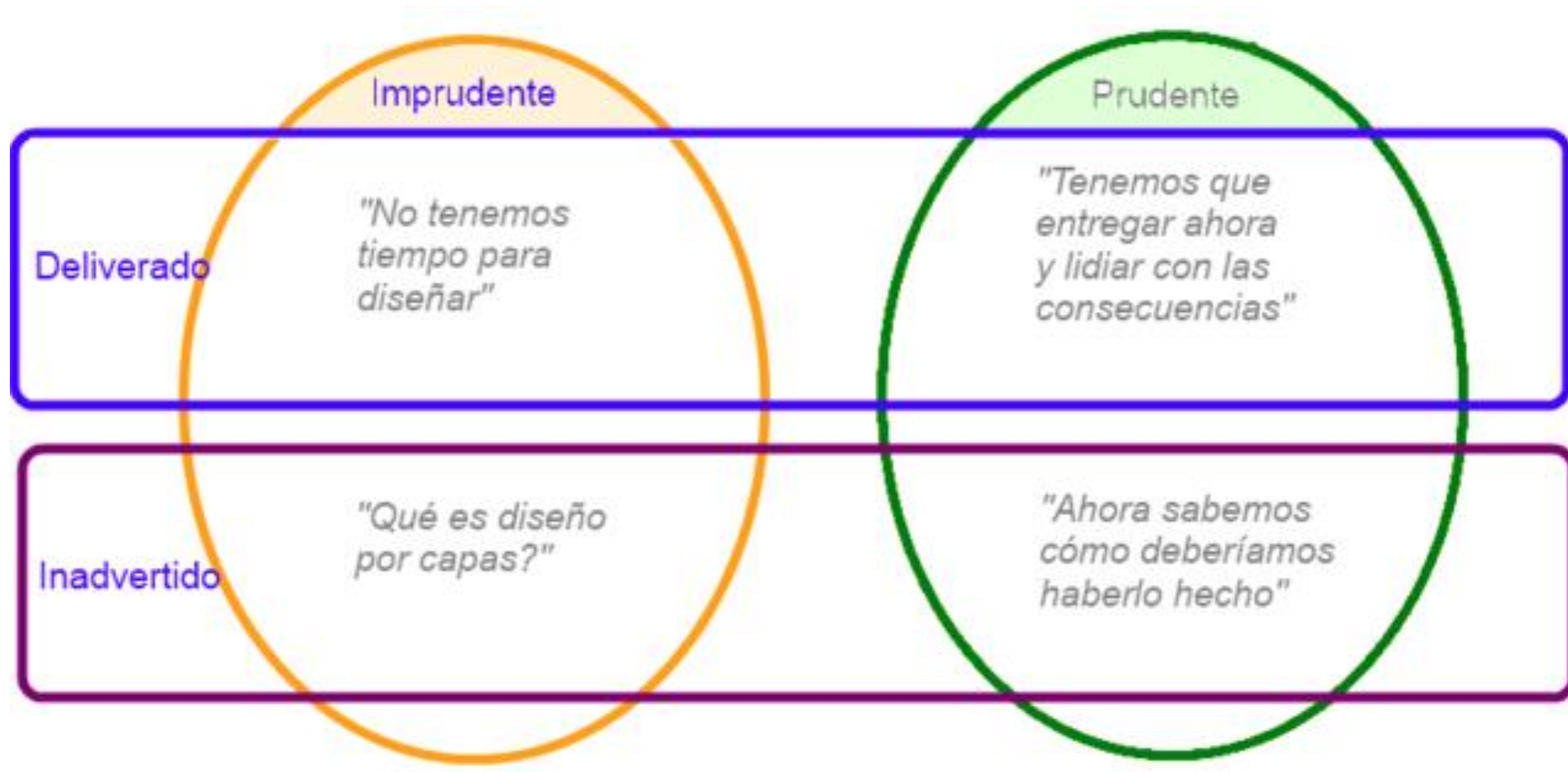
- La deuda técnica es un eufemismo tecnológico que hace referencia a las consecuencias de un desarrollo apresurado de software o un despliegue descuidado de hardware.
- El sector informático presenta la particularidad de que permite la implantación de productos no acabados o con errores conocidos. En ocasiones, la política de ahorro de costos en la implementación de hardware o el desarrollo de software se centra en recortar los procesos de pruebas, control de calidad o documentación, o incluso algunos parámetros básicos de optimización de procesos, lo que compromete la viabilidad a largo plazo del proyecto a cambio de poder entregarlo en el plazo previsto y con el presupuesto acordado.

Deuda Técnica

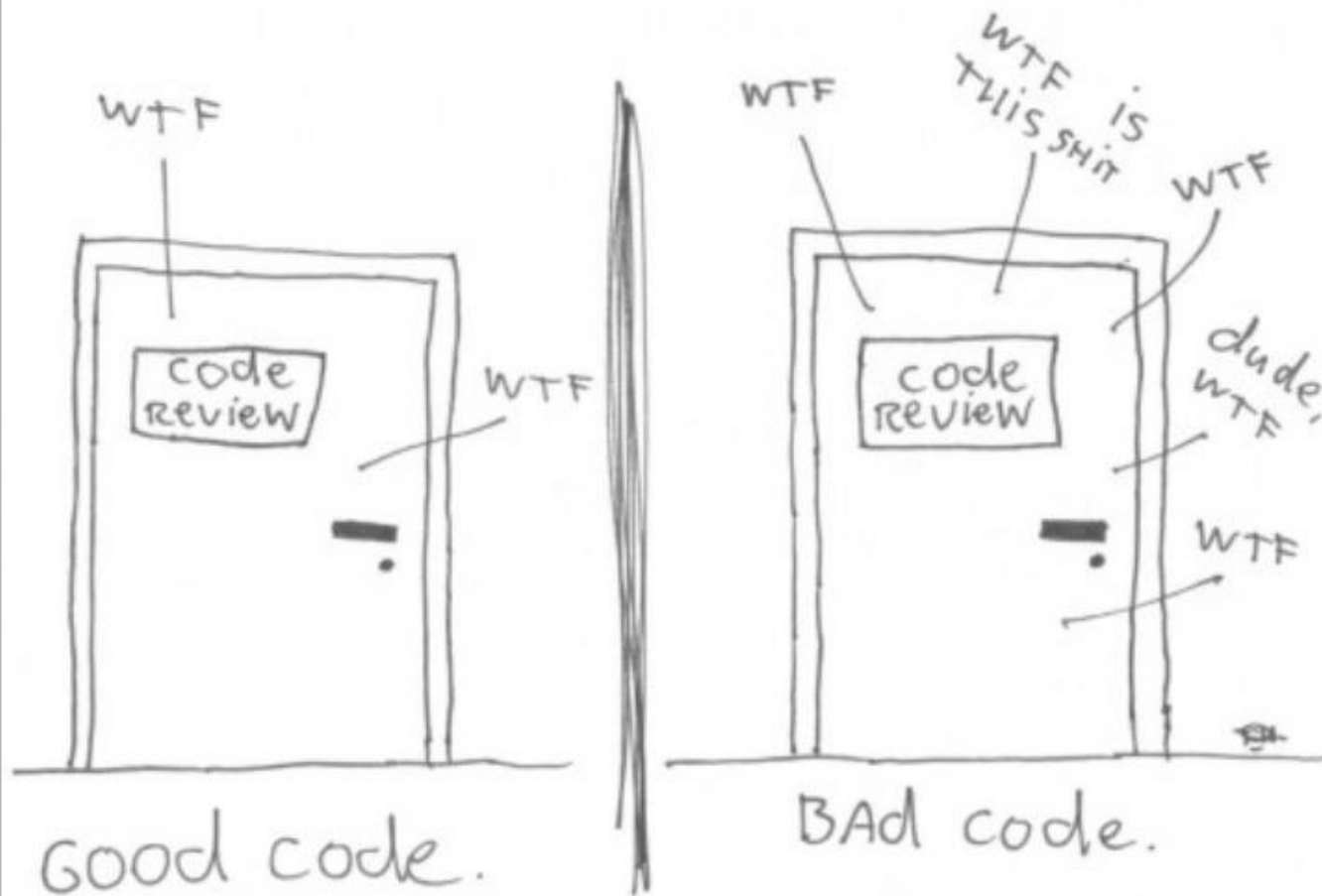
- El resultado de esta política implica que el desarrollo se prolonga en el tiempo más allá de la entrega del producto supuestamente concluido.
 - Es muy usual cuando hay entregas parciales, demos, etc.
- En concreto, la **deuda técnica** puede presentarse en alguna de las siguientes formas:
 - Documentación desactualizada, escasa, incompleta, inservible o inexistente.
 - Errores no subsanados o desconocidos.
 - Control de versiones ineficiente o inexistente.
 - Desarrollo no escalable.
 - Problemas al incorporar nuevas funcionalidades
 - Dificultades a la hora de actualizar la tecnología o migrar a una nueva plataforma.

Deuda Técnica

Como toda deuda, tarde o temprano, se debe pagar. Con intereses.



The ONLY valid measurement
of code quality: WTFs/minute



Arquitectura de Sistemas Complejos

Estructura de un Diseño

- Funciones
- Módulos
 - Interfaces internas
 - Interfaces externas
- Antes de un diagrama de HW o SW, es necesario un diagrama modular.
- Antes de un diagrama modular, es necesario una división funcional.
- Si el diseño es bueno, el diagrama modular coincidirá con la división funcional.

Arquitectura Centralizada

- Arquitectura Centralizada:
 - UN centro de control principal.
 - No puede haber otros centros.
 - Todas (o casi todas) las comunicaciones van a ese centro de control.
 - Maneja (casi) toda la información, toma (casi) todas las decisiones.
- Ventajas:
 - Es fácil hacer cambios incrementales pequeños: toda la información ya está presente en el centro principal.
 - La sincronización del sistema es sencilla.
 - Es ideal para sistemas pequeños y prototipos.
- Desventajas:
 - A partir de cierto punto el sistema ya no es escalable.
 - Dificulta el desarrollo en paralelo y la ingeniería concurrente.
 - Pone enormes demandas en el centro de control, lo que requiere usualmente tecnologías más caras y complejas.

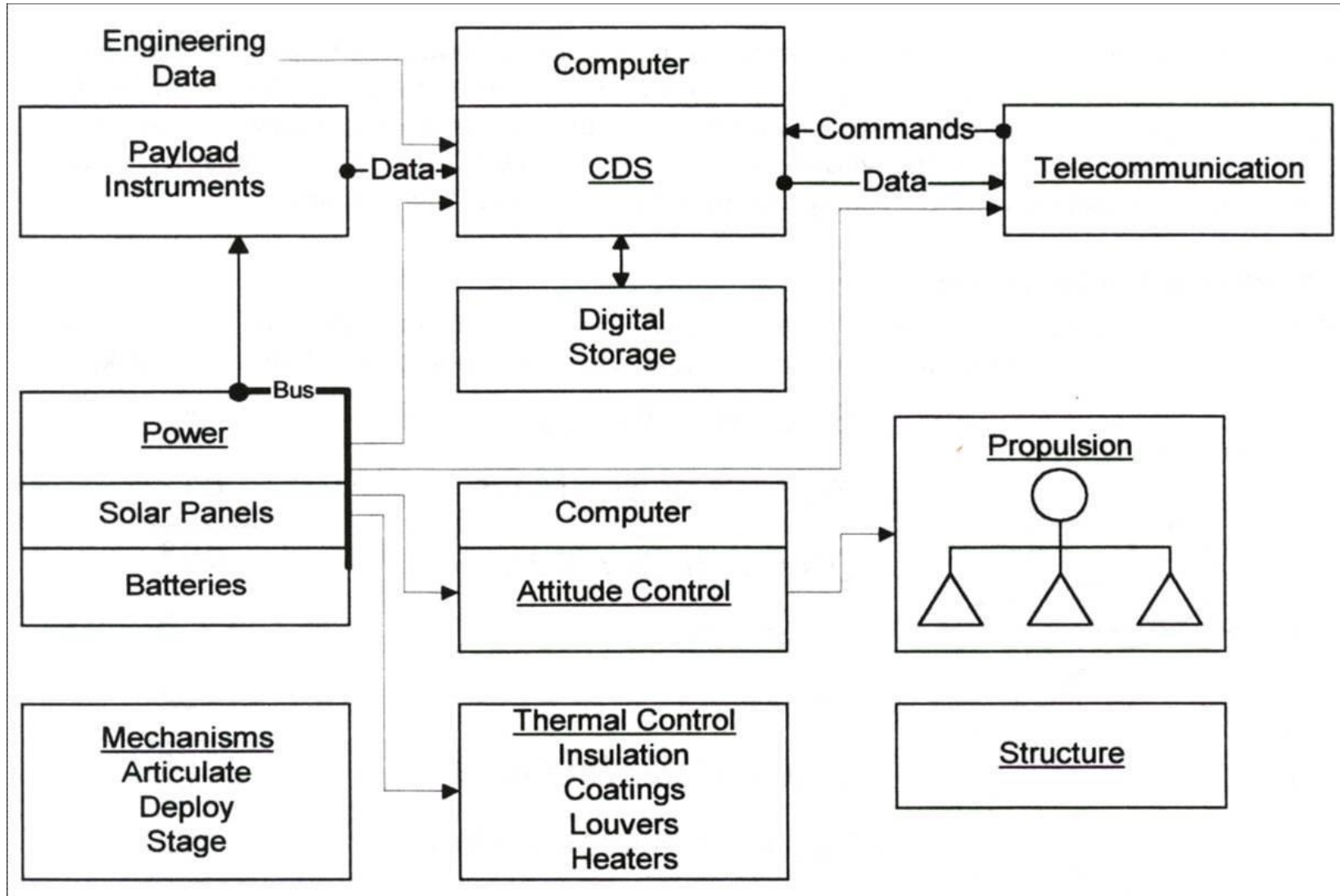
Arquitectura Distribuida

- Arquitectura Distribuida:
 - Sistema totalmente modular.
 - No hay un centro específico para todas las tareas.
 - Puede haber un centro para algunos ítems específicos, pero deben ser de complejidad mínima.
 - Los módulos se comunican entre sí, y nunca vía un tercero.
- Ventajas
 - El sistema es completamente escalable a cualquier tamaño.
 - Es fácil distribuir tareas y realizar desarrollos paralelos.
 - Es la única opción viable para sistemas suficientemente complejos.
- Desventajas
 - La sincronización del sistema puede volverse muy compleja
 - El flujo de información es complejo
 - Si el sistema no está bien planificado desde el principio, los desarrollos incrementales pueden volverse extremadamente difíciles y caros

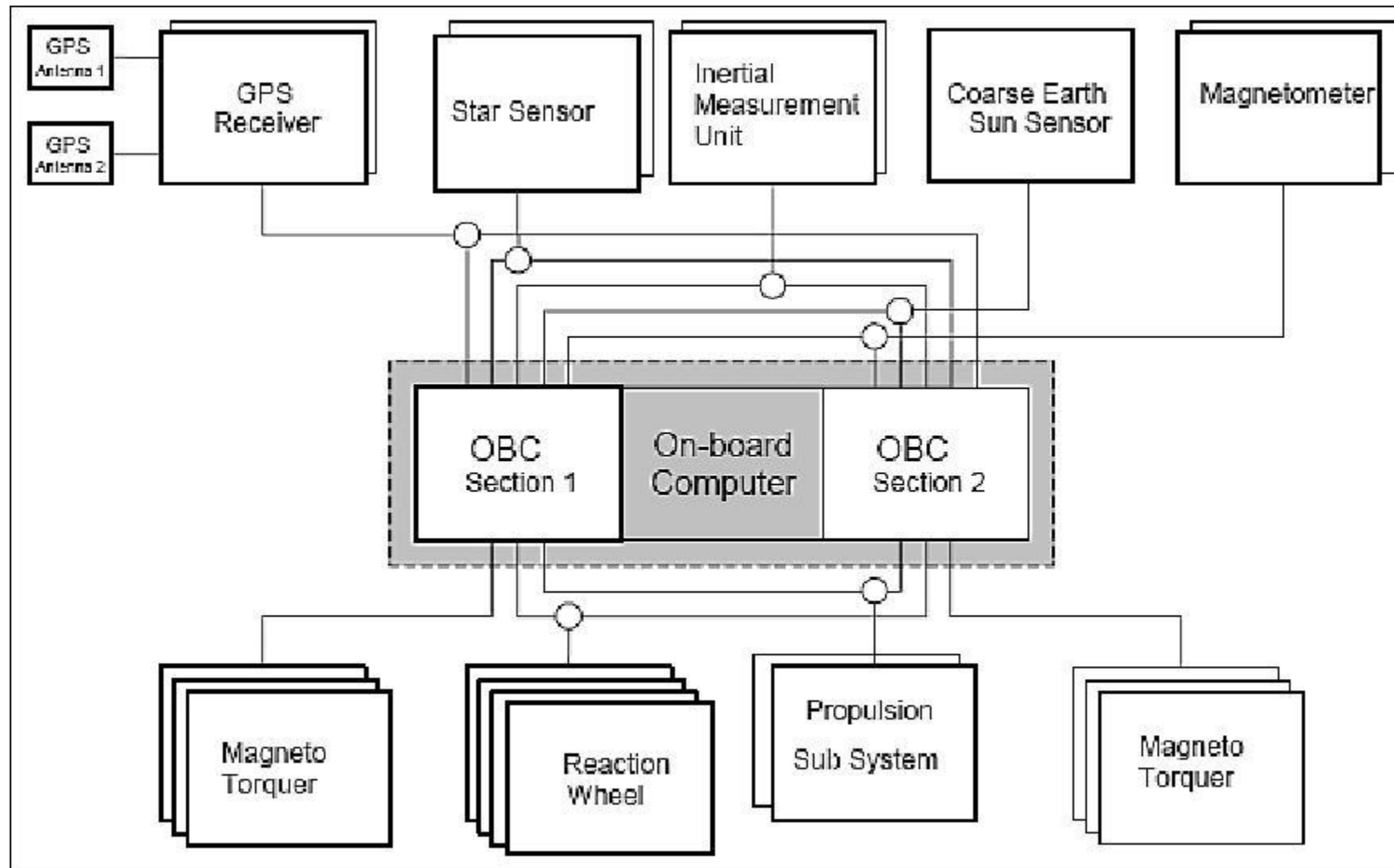
Ejemplo: funciones de un satélite

- Propulsión (despegue, órbita, terminación)
- Sistemas ambientales (para tripulados)
- Telecomunicaciones
- Sistema de alimentación
- Sistema de datos (GPS, telecom, etc)
- Diagnóstico y control general ambiental

Ejemplo: diagrama funcional de un satélite



Ejemplo: diagrama funcional de un satélite



Modularización en sistemas complejos

- Los sistemas complejos se dividen siempre en funciones: control de temperatura, control de movimiento, sistema de comunicación, etc.
- Esas funciones son implementadas mediante módulos.
- La mayoría de los módulos, sin embargo, requiere servicios de infraestructura.
 - Potencia
 - Enfriamiento
 - Sistemas de Seguridad
 - Sistemas de Diagnóstico
 - Interfaces comunes (p.ej. GUI).
 - Etc.
- Esto determina una estructura jerárquica, con módulos funcionales y módulos de infraestructura.
- Esta división garantiza que se utilicen las soluciones adecuadas para los problemas planteados, y no utilizar soluciones más caras y complejas por tener que cumplir requerimientos que aplican a funciones distintas. Ejemplo: redundancia (PLC) y velocidad de procesamiento (FPGA) => PLC muy caro o FPGA con un diseño extremadamente complejo.

Arquitectura de un sistema

Diferencia entre funcionalidad e infraestructura

