

# Ingeniería de Integración y Test

Diseño de Equipos Electrónicos  
ITBA

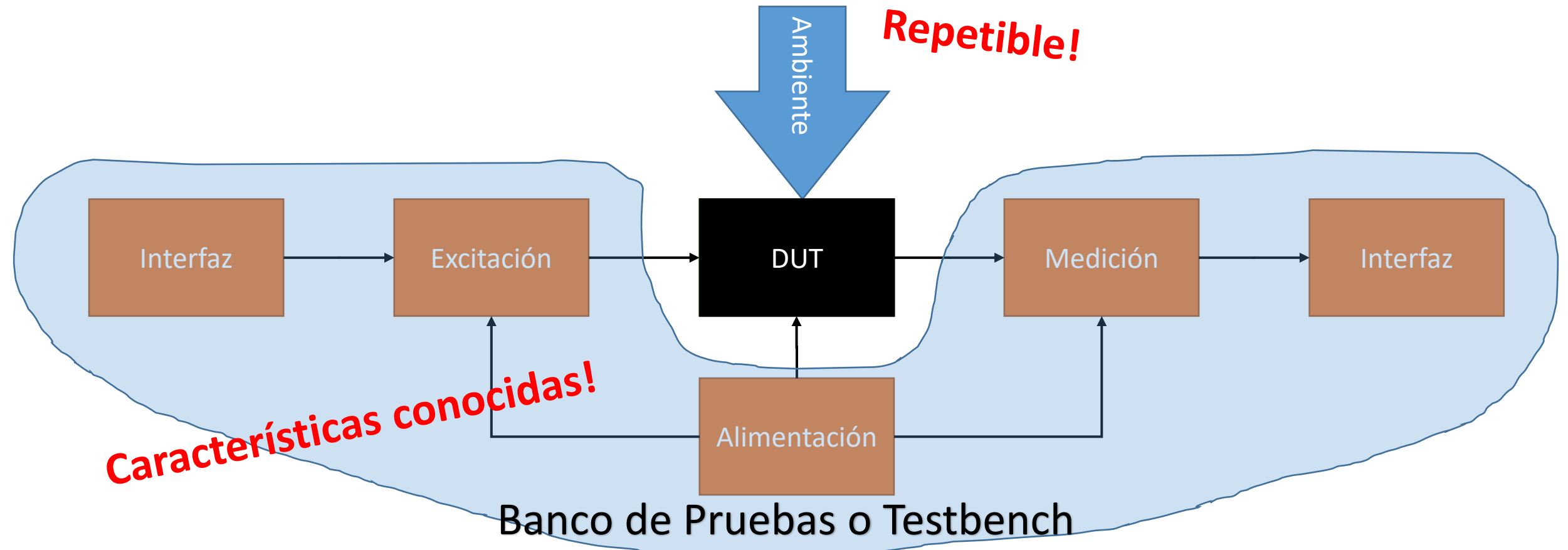
Nicolás Nemirovsky

# Prueba y Experimento

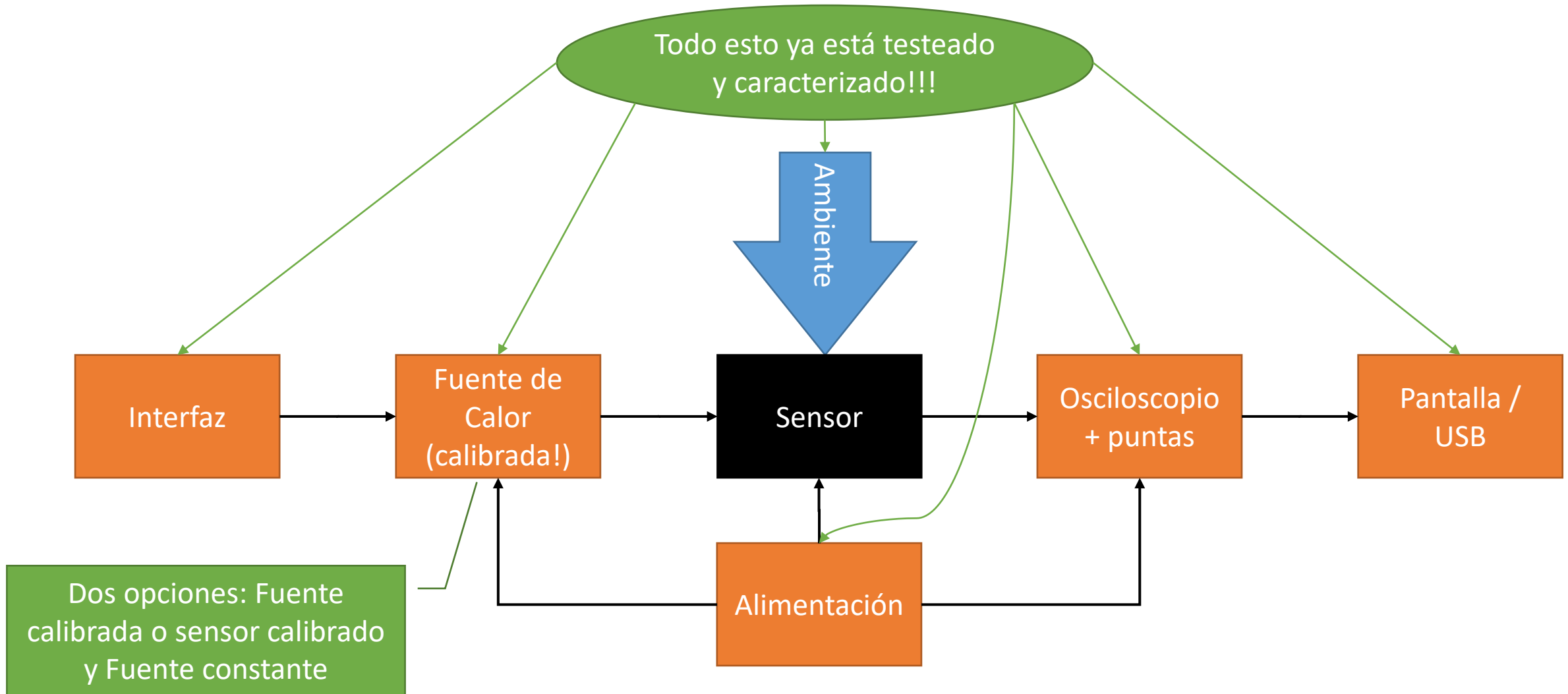
- Un experimento es un procedimiento mediante el cual se trata de soportar, confirmar o refutar una o varias hipótesis relacionadas con un determinado **fenómeno**, mediante la manipulación y el estudio de las correlaciones de las variables que son presumiblemente su causa.
- Una prueba es una operación técnica que consiste en la determinación de una o más características **de un determinado producto, proceso o servicio** de acuerdo con un **procedimiento especificado**.

# Definición de una Prueba

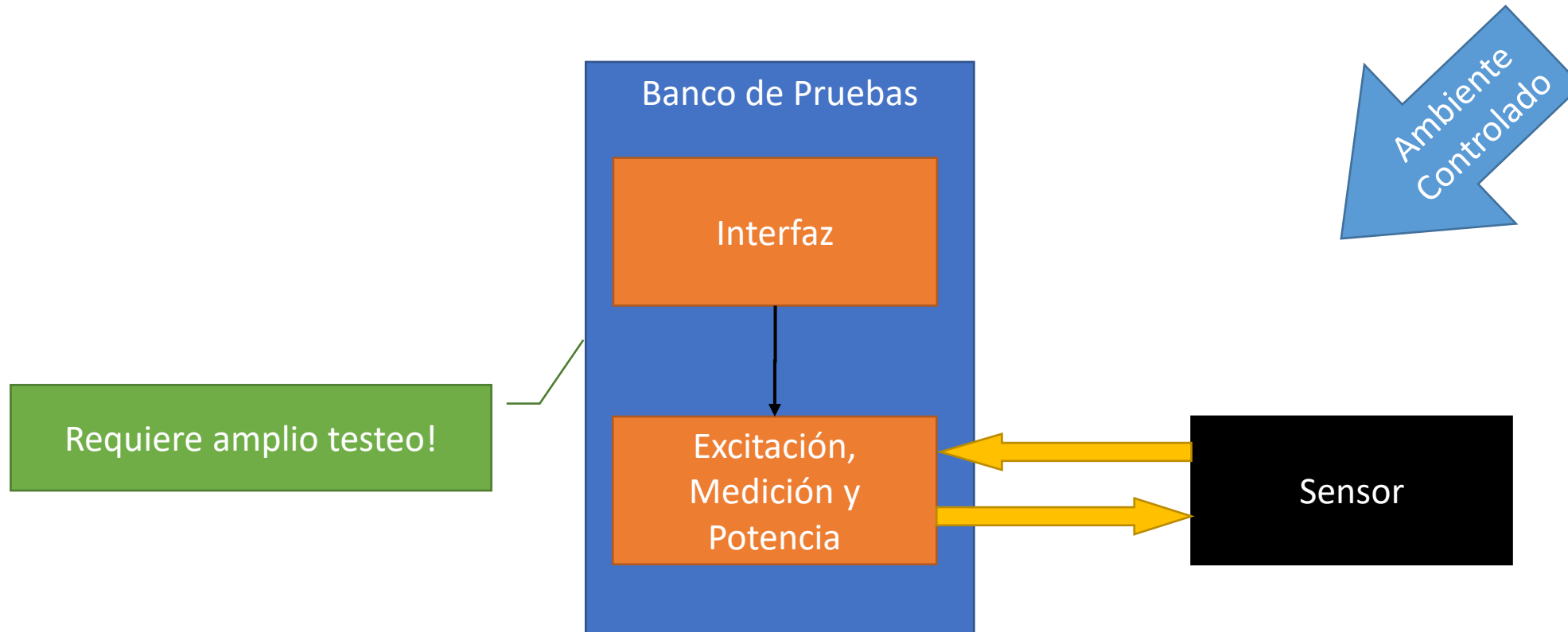
- Device / Unit / Equipment Under Test (DUT / UUT / EUT)



# Ejemplo: test para un sensor



# Modelo Genérico para tests automatizados

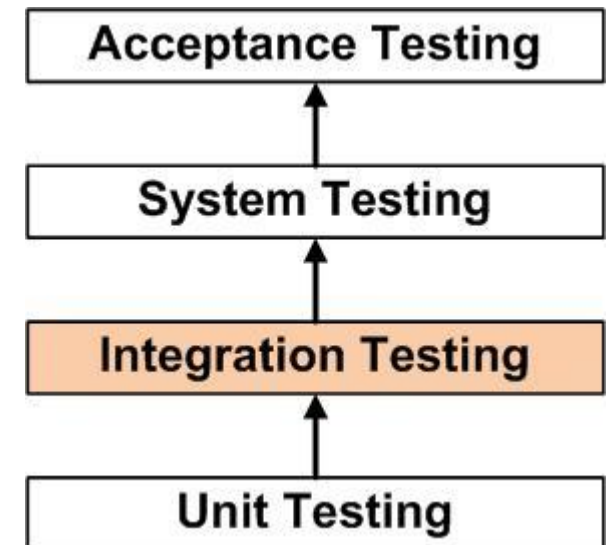
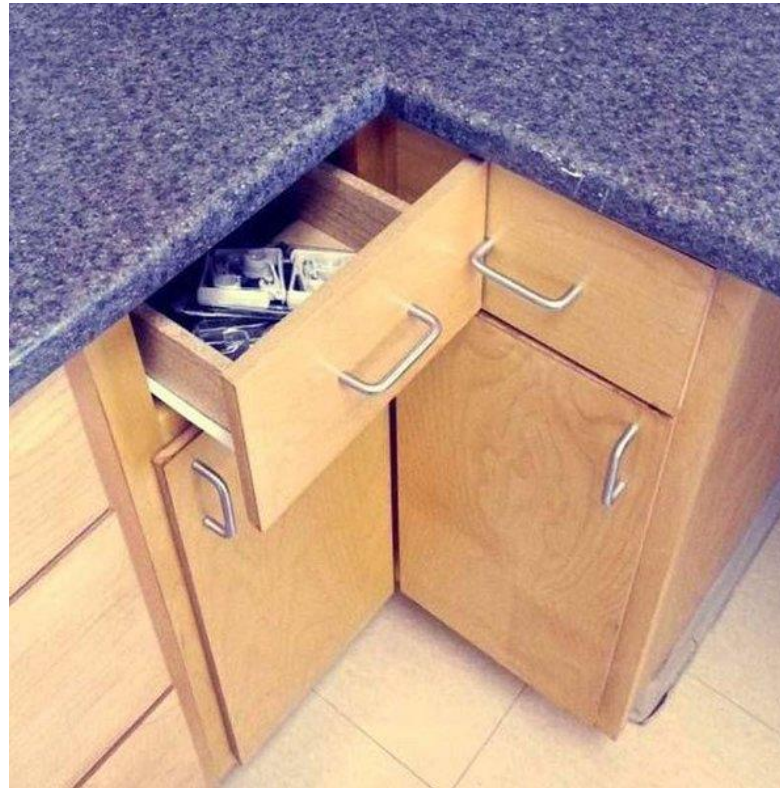


# Pruebas a Caja Negra o Caja Blanca

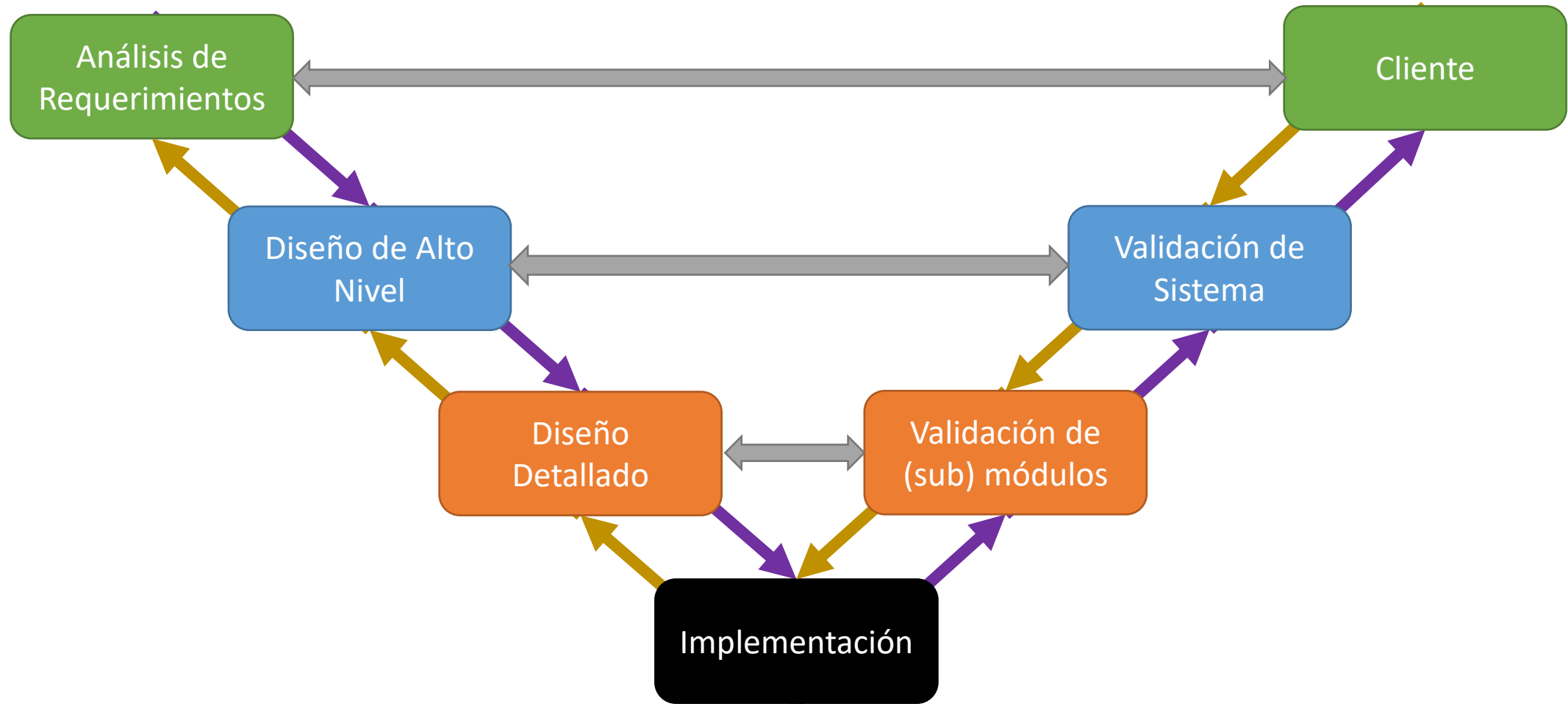
- Una prueba de caja negra se realiza sin mirar el funcionamiento interno del DUT.
  - No se miden nunca variables internas.
  - Durante el test no se realiza ningún análisis de causas.
  - No se requiere conocimiento de la ingeniería de detalle para realizar el test.
  - Se puede basar en el set completo de requerimientos *funcionales*.
- Una prueba de caja blanca (en HW conocido como *in-circuit-testing*) se realizar mirando detalladamente el funcionamiento interno del DUT.
  - Se requiere ver salidas intermedias y realizar un seguimiento paso a paso de las señales.
  - Requiere amplio conocimiento del HW/SW.
  - Este tipo de prueba no verifica que necesariamente se cumplan todos los requerimientos funcionales.

# Integración

- Proceso de juntar distintos módulos e ir verificándolos a medida que se unen
- Puede ser
  - Top-Down 😞
  - Bottom-Up 😊
- También llamados
  - Pre-integración
  - Integración de módulo
  - Integración de Sistema



# Modelo V





# Prueba de (Validación de) Concepto

- Una prueba de concepto es una implementación, a menudo resumida o incompleta, de un método o de una idea, realizada con el propósito de verificar que el concepto o teoría en cuestión puede ser explotada de una manera útil. La Prueba de Concepto se considera habitualmente un paso importante en el proceso de crear un prototipo realmente operativo.

# Pruebas de Validación

- Una prueba de validación es aquella que se utiliza para verificar que un módulo, subsistema o sistema cumple con todos los requerimientos / especificaciones de un contrato.
  - Las pruebas de validación sólo deben realizarse una vez para una configuración específica
- Cuando la prueba de validación se realiza sobre un sistema completo se la llama Prueba de Aceptación (Acceptance Test).

# Pruebas de Validación

- FAT (Factory Acceptance Test)
  - Es una prueba de validación realizada por el fabricante del producto.
  - Es una prueba completa del producto que mira tanto aspectos funcionales como no funcionales (estéticos, mecanismos de fallas, etc.)
  - Sólo cuando esta prueba está pasada, se puede iniciar la fabricación y enviar el producto al cliente.
- Pruebas de Instalación
  - Si el producto requiere ser instalado en algún lado, estas pruebas verifican para cada paso de instalación que lo permita, que esta se haga en forma correcta.
  - Estas pruebas las realiza el fabricante en donde se instala el producto, y no necesariamente cubren la funcionalidad completa, pero al menos cubren los puntos relevantes donde la instalación puede afectar el desempeño.
  - Ejemplo: sujeción, alineación, EMC, sistemas de seguridad, sensores especiales, etc.

# Pruebas de Cliente y Producción

- SAT (Site Acceptance Test)
  - Es una prueba de validación realizada por el cliente.
  - La prueba mira sólo aspectos funcionales y verifica que se cumplan los requerimientos.
  - Incluye cosas que se re-prueban en parte para satisfacer al cliente y en parte porque luego del FAT hubo un traslado y a veces instalación del producto, lo cuál puede afectar la funcionalidad total.
- Pruebas de Manufactura
  - Luego de haberse pasado las FAT y SAT, el producto está validado y listo para entrar en cadena de producción.
  - El proceso de manufactura puede introducir errores o defectos que alteren el sistema. Para evitar enviar productos con fallas se realiza un set de pruebas **limitado** sobre la población que se fabrica, como lo visto en Calidad.
  - Las pruebas de manufactura son formas de asegurar la calidad, no de demostrar la validez de un diseño.
  - Sólo para elementos específicos de seguridad se realizan pruebas en todas las unidades

# Pruebas de Seguridad

- Realizadas en todas las unidades cuando hay potencial riesgo eléctrico
  - **Hi-Pot**
    - Verifica la tensión a la cuál el dieléctrico se rompe (por ejemplo entre HV y GND)
  - **Ground bonding**
    - Verifica que el circuito de tierra pueda absorber suficiente corriente.
    - Ejemplo: utilizar 12 V y verificar que circulan 120A o más durante 1 minuto.
  - **Insulation/Leakage**
    - Observa la corriente de pérdidas que hay entre dos conductores que deben estar aislados
    - Parecida a Hi-Pot, sólo que Hi-Pot es destructiva y aquí se verifica un comportamiento visible durante el funcionamiento normal.

# Pruebas de Regresión

- Son pruebas que se realizan cuando se cambia un módulo o sub-módulo de un sistema ya validado.
- En un caso ideal, si la nueva versión del módulo (SW o HW) tiene especificaciones iguales o mejores que la anterior *en todo sentido*, pueden evitarse, pero normalmente no es el caso y en desarrollos profesionales se realizan siempre
- No son *necesariamente* un conjunto completo de pruebas de validación, pero sí deben apuntar a re-validar aquellos parámetros que puedan haber cambiado.
- En SW esto se suele implementar en forma de pruebas automáticas
- A veces se utilizan no sólo para verificar funcionalidad, sino para registrar cambios en la calidad de los procesos.

# Plan de Integración y Test: Planificación

- A menudo se utiliza un PERT para ilustrar claramente las dependencias de las pruebas.
  - Por ejemplo, la prueba de la fuente de alimentación debería ir siempre antes que las pruebas de performance de aquello que alimenta la fuente.
  - Si no se respeta un orden inteligente, las pruebas deberán ser mucho más exigentes. Ejemplo: si se prueba primero un sensor y luego la fuente, se deberá demostrar que la fuente del equipo es *idéntica* en todos los factores relevantes a la fuente utilizada para probar el sensor

# Plan de Integración y Test

- Un plan de pruebas siempre incluye una descripción completa de:
  - Banco de Pruebas
    - Puede ser sólo instrumentación, en cuyo caso deberá tener información respecto del error, resolución, precisión, etc. necesario, así como también las interfaces necesarias para ser utilizado con el DUT.
    - En caso que se requiera algún desarrollo especial para realizar un test, este deberá también estar descripto aquí.
    - Si se requiere que el DUT esté funcionando en algún modo especial de prueba, esto también se menciona aquí.
  - Setup
    - Además del HW y SW necesario para realizar un determinado set de pruebas, se debe describir los accesorios, facilidades y entorno que debe haber para realizar dichas pruebas. Esto incluye pero no está limitado a:
    - Temperatura y humedad ambiente
    - Conexiones a red de línea
    - Cables (con largos y conectores definidos)
    - Etc.

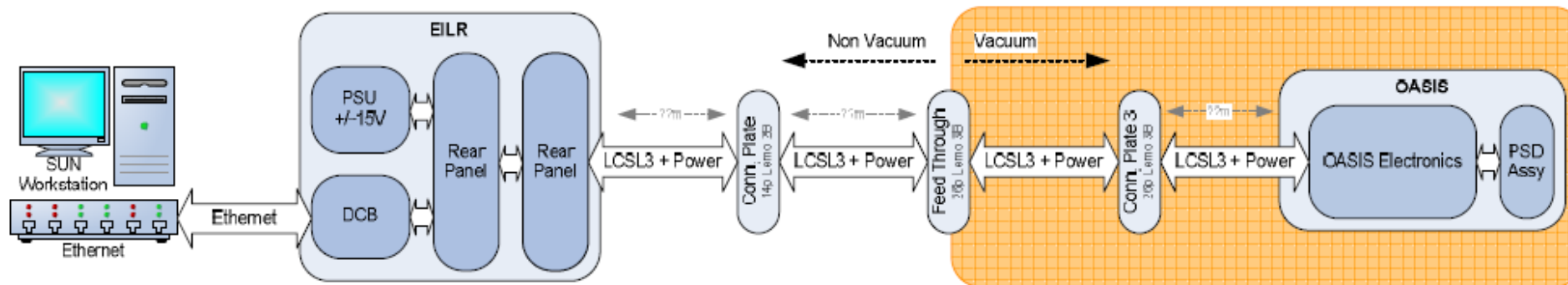


# Ejemplo de Descripción de Banco de Pruebas

- Nota: esto es sólo esquemático. La descripción completa incluye muchos más detalles!

## 3.2.3 TESTRIG

To be able to test the “complete” OASIS system, including SW, before installing into the illuminator a TestRig is used. This TestRig consists of all the electrical parts of the complete OASIS system as it will be implemented in the NXE 3300, including the interconnections (feedthrough and connection plate). This setup will be used for the Pre- and Module Integration phase.



# Plan de Integración y Test

- Al conjunto de condiciones necesarias para realizar una prueba se las llama “pre-condiciones”. Estas pueden incluir:
  - Partes que deben estar ya validadas.
  - Estado del equipo para realizar el test (enchufado, prendido, cargado, en funcionamiento, en temperatura, etc.)
  - Estado del banco de pruebas.
  - Etc.
- Las condiciones en las que todo el equipo debe quedar luego de terminada la prueba se las llama “post-condiciones”. Estas pueden incluir:
  - Conclusiones del resultado de la prueba (módulo validado o descripción del problema).
  - Estado en el que el equipo debe quedar al realizar el test (esto involucra acciones descriptas en otra parte del test).
  - Estado del banco de pruebas.
  - Etc.

# Plan de Integración y Test

- Cada prueba que se realice debe tener indicados:
  - **ID:** Esto permite realizar luego informes concisos de los resultados de las pruebas así como proveer de trazabilidad hacia la formulación de los requerimientos. Si se habla de validación, cada requerimiento deberá tener una verificación que puede ser por inspección visual, documentación de diseño, simulación o prueba.
  - Requerimientos que se están probando (si es el caso) u objetivos (puede estar separado en una matriz de trazabilidad).
  - **Entorno de pruebas / Banco de pruebas** (alcanza con una referencia a un banco de pruebas ya definido, por ejemplo, *“Banco 1 [ver sección 4.2]”*)
  - **Procedimiento** (instrucciones)
    - Esto deberá tener indicaciones claras para que cualquier persona pueda realizarlo. No se da **nunca** por sobrentendido que un instrumento debe tener una configuración específica. La configuración deberá estar ya indicada aquí. El procedimiento deberá ser, en ese sentido, inequívoco. Incluye, de ser necesario, verificaciones intermedias (p.ej., *“verificar que se prende el LED de encendido”*)
  - **Criterios de aceptación**
    - Se deberá definir antes de la prueba cuáles son los resultados esperados y qué se considera una prueba aprobada o rechazada. Estos criterios **siempre** se definen antes de realizar la prueba.
  - **Precondiciones y postcondiciones**

# Ejemplo de descripción de Prueba

Test ID	Sensor – 01
Objective	Make sure that the test-bench can read the temperature sensors with sufficient accuracy
Test Environment	Testbench 1
Preconditions	See 3.1
Procedure	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Connect, power-up and initialize the system. Connect all the sensors according to Fig 4.5.</li><li>2. Wait for 20 minutes so that the temperature around the temperature sensors reaches steady-state.</li><li>3. Read the value of the sensors with the test-bench and record them in attached file.</li></ol>
Pass Criteria	The test is passed if the value of the temperature read by the test-bench differs from the golden standard by no more than 0.5°C
Postconditions	See 3.7
Comments	None

# Ejemplo de descripción de Prueba

BFSR Internal 24V DC Power supply Output				
Test ID.	Description	Procedure	Criterion	OK / NOK
3.27	When Switched on, The Power led on the power supply should light up.	Look if the Power led of the PSU is lit	Led is on	OK/NOK
3.28	Verify if the output voltage is: 26VDC 26,5VDC	Check with a multimeter on X21; A1: 24V_Us, A2: 24V_Up, A3: GND, A4: GND	Voltage is between 26V and 26.5V	.....Volt
3.29	Measure with scope 24VDC during: power up, power on and power off behavior	Measure with scope on 24VDC rail.	Rising slope, no dips	OK/NOK
3.30		Connect BTS MK2 E-assies + input simtool		
3.31	Verify if the output voltage is: 26VDC 26,5VDC	Measure Us and Up on X11 with multimeter and scope.	Voltage is between 26V and 26.5V	Us = .....V Up = .....V
3.32	X11 Us and Up is fused with 1.9A, currents to BTS MK2 hardware must be < 1.9A	Measure currents Is and Ip with multimeter and scope.	Is < 1.9A Ip < 1.9A	Is = .....A Ip = .....A
3.33		Connect APERTURES simtool		
3.34	Verify if the output voltage is: 26VDC – 5% 26,5VDC + 5%	Measure Us and Up on X... with multimeter and scope.	Voltage is between 24.7V and 27,82V	
3.35	X11 Us and Up is fused with 1.9A, currents to BTS MK2 hardware must be < 1.9A	Measure currents Is and Ip with multimeter and scope.	Ip < 1.9A Is < 1.9A	
3.36		Connect FFA-OP simtool		
3.37	Verify if the output voltage is: 26VDC – 5% 26,5VDC + 5%	Measure Us and Up on X... with multimeter and scope.	Voltage is between 24.7V and 27,82V	
3.38	X11 Us and Up is fused with 1.9A, currents to BTS MK2 hardware must be < 1.9A	Measure currents Is and Ip with multimeter and scope.	Ip < 1.9A Is < 1.9A	
3.39		Connect FFA-FU simtool		
3.40	Verify if the output voltage is: 26VDC – 5% 26,5VDC + 5%	Measure Us and Up on X... with multimeter and scope.	Voltage is between 24.7V and 27,82V	
3.41	X11 Us and Up is fused with 1.9A, currents to BTS MK2 hardware must be < 1.9A	Measure currents Is and Ip with multimeter and scope.	Ip < 1.9A Is < 1.9A	

# Diseño para “testabilidad” (DFT)

- Implica dejar herramientas embebidas en el propio diseño sólo para poder realizar tests.
- En HW, puede referirse a dejar LEDs o pines que reaccionen con ciertas señales de prueba
- En SW implica que puede haber un modo de prueba que permite utilizar el dispositivo de una forma distinta a la requerida por el usuario y que permite acceder a parámetros de configuración interna u otras herramientas que permitan evaluar o diagnosticar el dispositivo.

# Build-In Self Test (BIST)

- Es un procedimiento que se realiza internamente en muchos dispositivos electrónicos durante el cuál se chequea el estado del sistema, previo a habilitar la funcionalidad al usuario.
- Permite registrar problemas antes de que el usuario utilice el dispositivo (el usuario a menudo no genera reportes 100% confiables para el diagnóstico de fallas), y de encontrarse una falla peligrosa, previene la introducción de peligros en el sistema (ejemplo: detección de altas temperaturas).

# Matriz de Trazabilidad

- En manufactura, se utiliza para tener un seguimiento de cada unidad.
- En diseño, se utiliza desde la formulación de los requerimientos, hasta el fin de la validación.
  - Cada fila comienza en la primera columna con un requerimiento.
  - La segunda columna, las especificaciones de diseño (según ID) que cumplen ese requerimiento
  - Luego, los objetivos de diseño.
  - Finalmente, van las pruebas de validación y la especificación de producto.
  - La matriz de trazabilidad en diseño permite verificar que todos los requerimientos se cumplan, y sirve para mantener unida toda la documentación del diseño.



# Matriz de Trazabilidad

Requerimiento	Especificación Diseño	Objetivo Diseño	Test ID	Resultado Test	Especificación Producto
Req. POW01	ED POW01	ED POW01	Test POW01	OK	EP POW01
“Debe alimentarse de la pared”	Alimentación: 220 VAC + 10% -20%; 49.9-50.1 Hz [ver doc reqs]	Alimentación 220 VAC +15% - 25% 49-51 Hz” [ver doc diseño]	Alimentar con 250VAC; 170 VAC; 49.5 – 50.5 Hz [ver doc test]	OK OK OK [ver doc test]	Soporta 220 +10% -20% 49.9-50.1 Hz [ver datasheet]
Req. SEN01	ED SEN01,02,03,etc	ED SEN01,02,03,etc	Test SEN01,02,03,etc	OK	EP SEN01
“Debe medir temperatura con 1°C de precisión”	Sensor: 0.02°C Amp: 0.02°C A/D: 0.005°C Ruido:0.5°C Total: 0.95°C [ver doc reqs]	Sensor: 0.01°C Amp: 0.01°C A/D: 0.002°C Ruido:0.4°C Total:0.422°C [ver doc diseño]	S: 0.012°C +/- 10% A: 0.002°C +/- 10% A/D: 0.002°C R: 0.3°C +/-10% Total:0.2846-0.3474 [ver doc test]	0.0132°C 0.0022°C 0.002°C 0.33°C Total: 0.3474°C [ver doc test]	0.5°C     [ver datasheet]

# Matriz de Trazabilidad

Requerimiento	Especificación Diseño	Objetivo Diseño	Test ID	Resultado Test	Especificación Producto
Req. POW01	ED POW01	ED POW01	Test POW01	OK	EP POW01
Req. SEN01	ED SEN01	ED SEN01	Test SEN01	OK	EP SEN01
	ED SEN02	ED SEN02	Test SEN02	OK	
	ED SEN03	ED SEN03	Test SEN03	OK	
Etc...					