Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE CERTIFICACIÓN PARA EXTRANJEROS

TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

Tecnología e Ingeniería · Prueba de Certificación para Extranjeros

Incluye dos simulacros de examen propios, con la misma estructura, puntuación y duración que el modelo de examen oficial de la asignatura, resueltos paso a paso.

Primera edición: 2026

© 2026 Juan Marcos Sanmartín. Todos los derechos reservados.

Edita: Juan Marcos Sanmartín (Centro de Estudios Illice) · Pont dels Ortissos, 6, entresuelo · 03203 Elche (Alicante)
contacto@centrodeestudiosillice.com · www.centrodeestudiosillice.com

Este libro es para uso personal de quien lo ha comprado. Queda prohibida su reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, total o parcial, por cualquier medio (incluidos WhatsApp, redes sociales y plataformas de apuntes), sin autorización escrita del titular, conforme a la Ley de Propiedad Intelectual.

Si has recibido este libro sin haberlo comprado, puedes conseguir tu propia copia en
www.centrodeestudiosillice.com/libros

ÍNDICE

BLOQUE I. EL PROYECTO DE INGENIERÍA Y LA TECNOLOGÍA SOSTENIBLE

Tema 1 El proyecto de ingeniería: fases, metodologías y herramientas 5

Tema 2 Sostenibilidad, impacto ambiental y energías renovables 41

BLOQUE II. MATERIALES Y FABRICACIÓN

Tema 3 Propiedades mecánicas y ensayo de tracción 73

Tema 4 Dureza, resiliencia, fatiga y ensayos no destructivos 101

Tema 5 Tratamientos y selección de materiales 135

Tema 6 Procesos de fabricación 183

BLOQUE III. SISTEMAS MECÁNICOS

Tema 7 Estática: equilibrio, reacciones y estructuras articuladas 211

Tema 8 Esfuerzos, tensiones y dimensionado de piezas 251

Tema 9 Máquinas térmicas: motores de combustión interna 289

Tema 10 Máquinas frigoríficas y bombas de calor 329

Tema 11 Neumática e hidráulica 361

BLOQUE IV. SISTEMAS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y DE CONTROL

Tema 12 Corriente alterna: circuitos RLC 401

Tema 13 Potencia en alterna y máquinas eléctricas 439

Tema 14 Electrónica digital: circuitos combinacionales y secuenciales 471

Tema 15 Sistemas automáticos de control 517

Tema 16 Sensores, actuadores y sistemas informáticos 559

Anexo A Formulario, símbolos normalizados y glosario 587

Anexo B Ejercicios resueltos 607

Anexo C La prueba y los exámenes resueltos 723

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE CERTIFICACIÓN PARA EXTRANJEROS

TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

EL PROYECTO DE INGENIERÍA: FASES, METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS

1

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

1. Cómo se escribe una respuesta en este tema

Este es el primer tema del libro y casi todo lo que contiene se contesta redactando: **no hay ni un solo número que calcular**. Un apartado que pide «indicar», «enumerar», «describir» o «justificar» parece fácil y por eso se contesta deprisa y mal. La diferencia entre sacarlo entero y sacar la mitad no está en saber más cosas: está en cómo se escriben las cinco líneas.

La estructura que funciona tiene tres partes, y es la lección de este tema:

> **RECUERDA · LA FORMA DE UNA BUENA RESPUESTA**
>
> **Qué es · para qué sirve · en este caso concreto.**
>
> 1. **Qué es.** El nombre exacto y una definición de una frase. Sin el nombre la respuesta queda vaga.
> 2. **Para qué sirve.** Qué resuelve, cómo se usa, qué información da. Es la parte técnica.
> 3. **En este caso concreto.** Aplicado al enunciado: a la pasarela sobre el río, a la nave de envasado, al centro de datos. **Es la parte que casi nadie escribe y la que distingue una respuesta completa de una a medias.**
>
> Cuatro o cinco líneas útiles bastan. Lo que no vale es un párrafo de adorno que podría estar contestando a cualquier otra pregunta.

1.1. Precisión y razonamiento escrito

En un tema sin cuentas, lo que cuenta es **el razonamiento escrito, y aquí el razonamiento escrito es toda la respuesta**. No hay un número detrás del que esconderse. Precisión significa nombrar bien las cosas —no «un papel con las cuentas» sino «los anexos de cálculo de la memoria»— y no rellenar.

2. Qué es un proyecto de ingeniería

Hacer algo y proyectarlo no son lo mismo. Se puede atravesar un río con un tablón sin haber proyectado nada. Un **proyecto de ingeniería** es otra cosa: el conjunto de documentos y decisiones con el que se define una solución técnica a una necesidad, de modo que **cualquier otro equipo pueda construirla, verificarla y mantenerla sin preguntar nada a quien la pensó**. Esa última condición es la que lo define, y es la razón de que un proyecto sea sobre todo papel.

Todo proyecto, grande o pequeño, se articula sobre seis conceptos que conviene saber distinguir, porque se mezclan con facilidad.

Necesidad
El problema que hay que resolver, dicho **sin nombrar la solución**. «Conectar a pie dos barrios separados por un río» es una necesidad; «construir una pasarela de acero» ya es una solución, y escribirla como necesidad cierra el proyecto antes de empezarlo.

Requisitos
Lo que la solución tiene que cumplir, enunciado de forma **comprobable**: que soporte una sobrecarga de uso determinada, que sea accesible sin escalones, que resista a la intemperie durante una vida útil dada. Un requisito que no se puede comprobar —«que quede bonita»— no es un requisito, es un deseo. Se distinguen los **funcionales** (qué tiene que hacer) de los **no funcionales** (con qué calidad: seguridad, durabilidad, consumo, ruido, mantenimiento).

Restricciones
Lo que no se puede cambiar y limita el campo de soluciones: la normativa aplicable, el terreno disponible, la anchura del cauce, el período de cría de la fauna de la ribera, la maquinaria de que dispone la empresa. Las restricciones **no se negocian**; los requisitos, a veces sí.

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

Alcance
Qué entra en el proyecto y, sobre todo, **qué no entra**. Si la pasarela incluye la iluminación, la urbanización de los accesos y el mantenimiento del primer año, hay que decirlo; si no, también. El alcance mal definido es la causa número uno de que un proyecto se desborde, porque todo lo que no se excluyó por escrito acaba apareciendo como «eso se daba por supuesto».

Plazo
Cuándo tiene que estar, con los hitos intermedios que lo hacen comprobable antes del final.

Coste
Cuánto puede costar, contando el de ejecución y el de explotación: un proyecto no termina el día de la entrega, y una solución barata de construir puede ser carísima de mantener.

2.1. El triángulo de hierro

Alcance, plazo y coste están ligados: **no se puede mover uno sin tocar alguno de los otros dos**, manteniendo la calidad. Es lo que se llama el **triángulo de hierro** de la gestión de proyectos, y funciona como una ley de conservación.

Si a mitad de obra se amplía el alcance —«ya que estamos, pongamos también la iluminación»—, o se alarga el plazo o se sube el coste. Si se recorta el plazo, hay que pagar más turnos o quitar alcance. Y si se congelan los tres a la vez y aun así se añade trabajo, lo que cede es la **calidad**, que es la variable que nadie declara y la primera que se gasta.

Esto tiene una consecuencia directa. Cuando se pide justificar una decisión de proyecto —qué material, qué metodología, qué medida—, la buena respuesta **nombra qué se gana y qué se paga a cambio**. Una ventaja sin contrapartida suena a folleto; una ventaja con su coste suena a ingeniería.

ERRORES FRECUENTES AL LEER UN ENUNCIADO DE PROYECTO

- ✕ **Confundir la necesidad con la solución.** El enunciado suele dar ya la solución —«proyecta una pasarela», «diseña una nave»—, pero los apartados preguntan por el proceso. Quien responda describiendo la pasarela en vez del proyecto de la pasarela se sale de la pregunta.
- ✕ **Confundir requisito con restricción.** El requisito lo fija quien encarga y se verifica al final; la restricción viene de fuera y limita desde el principio. «Debe soportar el paso de bicicletas» es requisito; «no se puede ocupar el cauce entre marzo y junio» es restricción.
- ✕ **Dar el alcance por evidente.** Lo que no está escrito, no está en el proyecto. Esto se traduce en contestar solo la mitad de lo que pide el apartado: si dice «ventajas e inconvenientes», son cuatro cosas, no dos.
- ✕ **Prometer las tres puntas del triángulo.** Responder que una metodología es «más rápida, más barata y de más calidad» es la respuesta que delata que no se ha entendido nada. Siempre hay una contrapartida, y decirla suma en vez de restar.

3. Las fases del proyecto

Un proyecto se recorre por fases, y cada una termina con una **decisión** y con unos documentos que la sostienen. Lo que distingue una fase de un trozo de trabajo cualquiera es que al final de ella alguien dice «seguimos así», «seguimos de otra manera» o «no seguimos». Por eso las fases se enumeran siempre en el mismo orden: porque cada una necesita que la anterior haya decidido algo.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

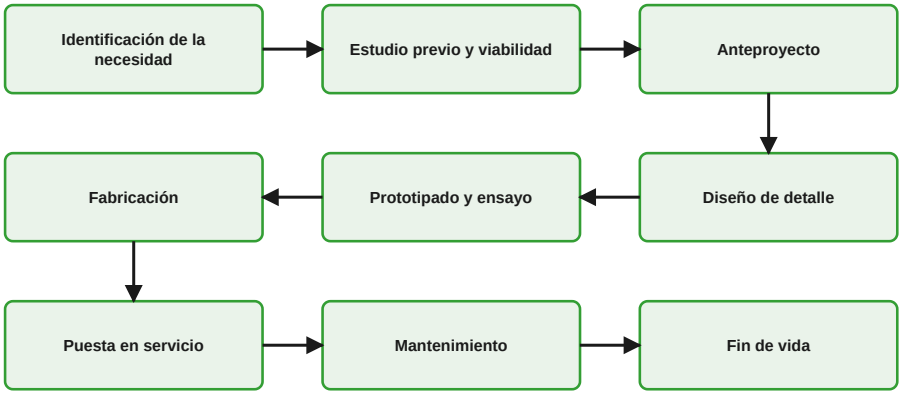


Figura 1.1. Las fases de un proyecto de ingeniería. Se recorren en el orden de las flechas: la fila de arriba de izquierda a derecha, la de en medio de derecha a izquierda y la de abajo otra vez de izquierda a derecha. Cada fase termina con una decisión documentada.

1. Identificación de la necesidad

Se detecta y se escribe el problema, se identifica a quién afecta y se redactan los **requisitos** y las **restricciones**. Termina con un documento de requisitos aceptado por quien encarga. Es la fase más barata y la que más condiciona todo lo demás.

2. Estudio previo y viabilidad

Se buscan **varias alternativas** de solución y se comparan: viabilidad técnica (¿se puede hacer?), económica (¿sale a cuenta?), legal (¿lo permite la normativa?) y ambiental (¿qué impacto tiene?). Termina eligiendo una alternativa **y justificando por qué se descartan las otras**, que es la parte que da valor a la decisión.

3. Anteproyecto

La alternativa elegida se desarrolla lo justo para poder decidir con fundamento: predimensionado, esquema de funcionamiento, estimación de coste y de plazo. Todavía no sirve para construir, pero ya sirve para comprometerse.

4. Diseño de detalle

Se define todo: materiales, dimensiones, tolerancias, uniones, instalaciones. Aquí se hacen los **cálculos justificativos** y se levantan los planos de fabricación. Al terminar esta fase el proyecto está completo sobre el papel y **empieza a ser caro cambiarlo**.

5. Prototipado y ensayo

Se construye algo que se pueda probar —una maqueta, un prototipo funcional, una serie corta, un modelo de simulación— y se comprueba si cumple los requisitos. Es la última oportunidad barata de descubrir un error. En obra civil su equivalente son los ensayos de materiales y las pruebas de los elementos prefabricados.

6. Fabricación o ejecución

Se produce o se construye, siguiendo los planos y el pliego de condiciones, con **control de calidad** sobre materiales y procesos. En obra, esta fase lleva su propia dirección facultativa y su plan de seguridad.

7. Puesta en servicio

Pruebas finales —de carga, de funcionamiento, de seguridad—, documentación final «tal como quedó construido», formación de quien lo va a usar y **recepción**: el acto en que quien encargó acepta formalmente lo entregado y empiezan a contar las garantías.

8. Mantenimiento y explotación

La fase más larga de todas, y la que más coste acumula. Puede ser **correctivo** (se repara lo que falla), **preventivo** (se interviene cada cierto tiempo o cada cierto número de ciclos) o **predictivo** (se vigila el

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

estado real con sensores y se interviene cuando los datos lo anuncian). El tercero es el que más ha cambiado con la inteligencia artificial.

9. Fin de vida

Desmontaje, retirada y gestión de los materiales: reutilización, reciclado, valorización o eliminación. Se decide en el diseño, no al final: una estructura atornillada se desmonta y una soldada y pegada, no. Lo que esta fase significa en términos ambientales se desarrolla en el tema 2.

> **RECUERDA · EL GUION DE FASES QUE SIRVE PARA CUALQUIER ENUNCIADO**
>
> Si el apartado pide las fases y no hay tiempo de pensar, este orden sirve siempre y se adapta al contexto en una línea cada una:
>
> **necesidad y requisitos → estudio previo y alternativas → anteproyecto → diseño de detalle → prototipo y ensayo → fabricación o ejecución → puesta en servicio → mantenimiento → fin de vida**.
>
> Y una advertencia de redacción: el enunciado suele decir «enumera *y describe brevemente*». **Enumerar no es describir.** Una lista pelada de nueve palabras vale la mitad que la misma lista con una línea de contenido en cada una.

3.1. Por qué cuanto más tarde se cambia algo, más cuesta

Es la regla que explica por qué el orden de las fases importa, y la que hay que saber razonar, no recitar. Un cambio en la fase de requisitos cuesta reescribir un párrafo. El mismo cambio en el diseño de detalle obliga a rehacer cálculos y planos. En fabricación, obliga además a tirar material ya cortado y a reprogramar máquinas. Y en servicio, obliga a parar la instalación, desmontarla, rehacerla y volver a certificarla, con el lucro cesante de los días de parada encima.

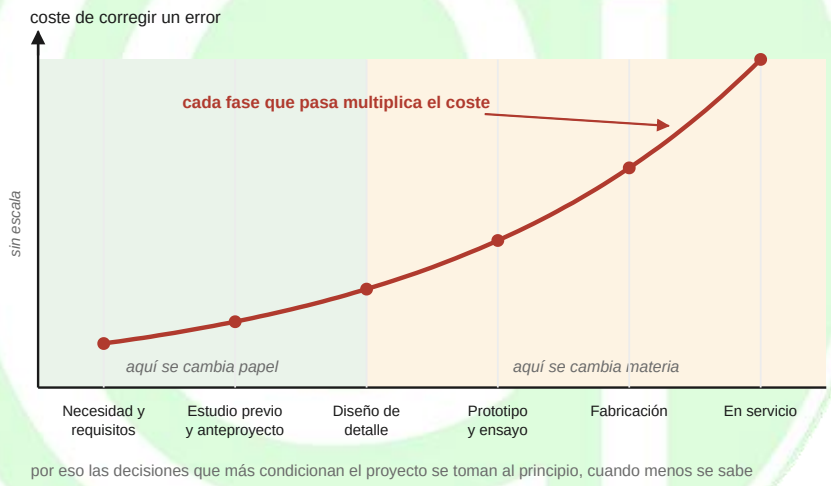


Figura 1.2. Cómo crece el coste de corregir un error según la fase en que se detecta. El eje vertical va deliberadamente sin escala: la forma de la curva es un hecho conocido, pero las cifras concretas dependen de cada proyecto y no se pueden dar como dato.

La razón de fondo es que cada fase **congela** decisiones sobre las que se apoyan las siguientes. Cambiar una decisión congelada obliga a revisar todo lo que se construyó encima, y lo construido encima crece muy deprisa. De ahí sale la paradoja que gobierna la ingeniería de proyectos: **las decisiones que más condicionan el resultado se toman al principio, que es justo cuando menos se sabe.**

Y de esa paradoja salen las dos estrategias que se estudian en la sección siguiente. Una consiste en **estudiar mucho antes de empezar**, para que las decisiones iniciales sean lo más acertadas posible: es

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

el desarrollo secuencial. La otra consiste en **decidir poco de golpe y comprobar pronto**, de modo que los errores se descubran cuando todavía son baratos: es el desarrollo iterativo. Las dos son respuestas razonables al mismo problema, y cuál conviene depende de si los requisitos son estables o no.

EJEMPLO RESUELTO 1.1

Enunciado. «En un parque empresarial se ha solicitado el diseño de una nave industrial para la manipulación y envasado de alimentos. Este proyecto debe integrar distintos sistemas tecnológicos para garantizar un rendimiento óptimo y respetar principios de sostenibilidad. a. Enumera y describe brevemente las fases necesarias para desarrollar este proyecto de construcción y entrega.»

Qué se pide y qué lo resuelve. Pide dos cosas, enumerar *y* describir, y lo dice el propio enunciado. Lo resuelve el guion de fases, pero **particularizado a una nave de envasado de alimentos**: el contexto no es decoración, es lo que convierte una lista genérica en una respuesta ajustada al caso. Como la respuesta ha de ser breve, conviene agrupar las nueve fases en seis o siete líneas en vez de desarrollarlas todas.

Respuesta. «El proyecto se desarrolla en las fases siguientes:

1. **Identificación de la necesidad y requisitos.** Se fija qué tiene que hacer la nave: superficie y altura libre, líneas de envasado previstas, condiciones de temperatura y humedad para la manipulación de alimentos, y las exigencias de higiene y seguridad alimentaria, que aquí son una restricción legal, no una preferencia.
2. **Estudio previo y viabilidad.** Se comparan alternativas de implantación en la parcela, de tipo de estructura y de sistema de climatización, valorando su viabilidad técnica, económica y ambiental, y se justifica la elegida.
3. **Anteproyecto.** Se predimensiona la estructura, se define el esquema de instalaciones y se estiman el coste y el plazo, para poder comprometerse antes de calcular nada en detalle.
4. **Diseño de detalle.** Se calculan y dimensionan la estructura, la cimentación, la climatización y las instalaciones eléctricas, y se redactan los documentos del proyecto: memoria con sus anexos de cálculo, planos, pliego de condiciones y presupuesto.
5. **Ejecución.** Se construye con control de calidad de los materiales y con el plan de seguridad y salud en obra.
6. **Puesta en servicio y recepción.** Se prueban las instalaciones, se comprueba que se alcanzan las condiciones interiores exigidas, se entrega la documentación final y el promotor recibe la obra.
7. **Explotación y mantenimiento,** con un plan de mantenimiento preventivo de la climatización y de las líneas, y previsión del fin de vida de los equipos.»

Discusión. La respuesta nombra las fases con su término técnico y añade en cada una **una frase que solo vale para esta nave** —alimentos, higiene, climatización—. Esa es la diferencia con la lista genérica que escribe todo el mundo. Nótese también que no se ha inventado ninguna superficie, ningún plazo ni ningún coste: el enunciado no los da, y un número inventado no suma nada y puede restar credibilidad al resto.

3.2. El estudio de viabilidad: qué evalúa y cuándo se hace

El **estudio de viabilidad** es el análisis con el que se decide si una alternativa merece seguir adelante **antes de gastar en diseñarla**. Tiene tres salidas posibles: seguir con ella, modificarla o no seguir. Que «no seguir» sea un resultado admitido es lo que lo hace útil: descartar una idea inviable en la fase 2 cuesta unas semanas de estudio; descubrirlo en la fase 6 cuesta una obra a medias, como muestra la figura 1.2.

Cuándo se hace. En la fase 2, con los requisitos ya aceptados y antes del anteproyecto, porque es el momento en que todavía caben varias alternativas. Se repite con más datos al terminar el anteproyecto,

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

cuando ya hay una estimación de coste y de plazo: una alternativa que parecía viable con números gruesos puede dejar de serlo con números afinados. Y se revisa cada vez que cambia un requisito o una restricción importante.

Qué evaluaciones incluye. No hay una lista única; las que casi siempre aparecen son las de la tabla, y cada proyecto añade las suyas.

Las evaluaciones de un estudio de viabilidad.

Evaluación	Pregunta que responde	Qué se mira
Técnica	¿Se puede hacer?	Tecnología y materiales disponibles, cumplimiento de los requisitos, capacidad del equipo y de los proveedores, riesgos técnicos
Económica	¿Sale a cuenta?	Coste de inversión y de explotación durante la vida útil, ingresos o ahorros y plazo de recuperación de la inversión (la amortización simple está en el tema 2)
Legal	¿Lo permite la normativa?	Normas, licencias, permisos, uso del suelo y titularidad de los terrenos
Ambiental	¿Qué impacto tiene y qué trámite exige?	Impactos previsibles y procedimiento de evaluación ambiental que corresponda, con su plazo (tema 2)
De plazo	¿Llega a tiempo?	Duración de las fases, trámites con espera y fecha límite de quien encarga
Operativa	¿Se podrá usar y mantener?	Quién lo maneja, formación necesaria, mantenimiento y aceptación por parte de los usuarios

Dos precisiones. La evaluación económica no es solo el coste de construir: una solución barata de construir puede ser cara de explotar, y por eso se compara el coste durante toda la vida útil. Y **las evaluaciones tiran en direcciones distintas** —la alternativa más barata puede ser la menos sostenible—, de modo que el estudio no sirve para que todo salga en verde, sino para decir qué se gana y qué se paga a cambio con cada alternativa.

> **RECUERDA · VIABLE NO ES LO MISMO QUE ELEGIDA**
>
> Una alternativa es **viable** si supera los filtros (técnico, legal, económico…); se **elige** entre las viables comparándolas con un criterio dicho en voz alta. Un estudio de viabilidad que termina con una sola alternativa y sin descartar ninguna otra no ha comparado nada.

3.3. Objetivos y tareas SMART

Un proyecto se reparte en tareas, y una tarea mal escrita tiene un defecto práctico: nadie puede decir si está terminada. El criterio **SMART** resume en cinco letras cómo redactar un objetivo o una tarea para que se pueda planificar y comprobar. Se atribuye a un artículo de George T. Doran publicado en 1981 en la revista *Management Review*. Las letras tienen variantes; en la formulación original eran específico, medible, asignable, realista y con plazo, y las lecturas posteriores más extendidas ponen alcanzable en la A y relevante en la R. Sirven las dos, siempre que se diga cuál se usa.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

Los cinco criterios SMART, en la lectura más usada en gestión de proyectos.

Letra	Criterio	Pregunta que hay que poder contestar
S	Específica	¿Qué se hace exactamente y qué se entrega?
M	Medible	¿Cómo se comprobará que está terminada?
A	Alcanzable	¿Es posible con los recursos y el tiempo disponibles? (En la versión original, la A era «asignable»: ¿quién responde de ella?)
R	Relevante	¿A qué requisito del proyecto contribuye?
T	Con plazo	¿Para cuándo?

Una tarea mal escrita y la misma tarea en forma SMART.

Tarea mal escrita	Qué le falta	Tarea SMART
«Hacer los cálculos»	No dice cuáles, ni de quién es, ni para cuándo, ni cuándo se da por buena	«La especialista en estructuras entregará antes del final de la semana 6 el anexo de cálculo de la cimentación, con la comprobación de tensiones revisada por el responsable de calidad.»
«Mejorar el consumo de la instalación»	No es medible: «mejorar» no se puede comprobar	«Reducir un 15 % el consumo eléctrico de la instalación respecto a la medición de partida, comprobado con el contador durante un mes completo, antes del cierre del trimestre.»

La tarea SMART encaja directamente en las herramientas del apartado 5: su fecha y su duración son la barra del Gantt, y su responsable y su criterio de «terminada» son lo que se escribe en la tarjeta del tablero.

ERRORES FRECUENTES AL REDACTAR TAREAS SMART

- ✕ **Entender «medible» como «con un número».** No todo se cuantifica —Doran mismo admitió que no siempre es posible—. Basta un criterio de aceptación verificable: «plano revisado y firmado» es medible.
- ✕ **Confundir alcanzable con fácil.** Una tarea inalcanzable no es ambiciosa, es mal planificada.
- ✕ **Dar por responsable al «equipo».** Sin una persona concreta no hay quién rinda cuentas.
- ✕ **Olvidar la R.** Una tarea perfectamente escrita que no sirve a ningún requisito es trabajo bien hecho que sobra.

3.4. La evaluación y el cierre del proyecto

Las fases 7 a 9 describen la entrega y la vida de la solución. Aparte hay un trabajo que no es de la solución sino del proyecto: **cerrarlo**. Se hace evaluando, cerrando formalmente y aprendiendo.

Evaluar el resultado

Se contrasta cada requisito aceptado al principio con lo medido en las pruebas finales. Hay dos preguntas distintas: **verificar** (¿se ha hecho bien, cumple lo especificado?) y **validar** (¿resuelve la necesidad?). Un producto puede cumplir todos los requisitos y no resolver el problema si los requisitos estaban mal escritos.

Evaluar la gestión

Se comparan el plazo, el coste y el alcance reales con los previstos, que son los tres vértices del triángulo de hierro (apartado 2.1), y se anota la causa de cada desviación. La desviación relativa de una magnitud es $\delta = \dfrac{\text{real} - \text{previsto}}{\text{previsto}} \cdot 100\ \%$, con signo positivo si se ha pasado.

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

Cerrar formalmente
Aceptación por escrito de quien encarga (la recepción), documentación final entregada, contratos y cuentas cerrados, garantías en marcha, recursos del equipo liberados y expediente archivado de forma que otro equipo lo encuentre.

Aprender
Una reunión de cierre con el equipo y con quien encargó: qué funcionó, qué falló y qué se hará distinto. Las conclusiones valen si se redactan como acciones concretas para el proyecto siguiente, es decir, como tareas SMART. Es la retrospectiva de Scrum aplicada al proyecto entero.

Seguir después de la entrega
Mientras corre la garantía se comparan en servicio los indicadores previstos —consumo, disponibilidad, caudal— con los reales. Es lo que dice si la solución aporta de verdad lo que justificó el proyecto.

> **RECUERDA · DOS ÉXITOS DISTINTOS**
>
> El **éxito de la gestión** es acabar dentro del plazo, el coste y el alcance previstos. El **éxito del proyecto** es que el resultado aporte el valor que justificó hacerlo. Se puede conseguir uno sin el otro: una obra entregada en fecha y a precio que no resuelve la necesidad ha gestionado bien un proyecto fallido. Una evaluación completa dice los dos.

4. Las metodologías de desarrollo

Una **metodología** es la forma de organizar el recorrido por las fases: cuántas veces se pasa por ellas, cuándo se decide y cuándo se comprueba. No cambia lo que hay que hacer; cambia el orden y la frecuencia con que se hace. Y esa diferencia, que parece de organización interna, es la que distingue unas metodologías de otras.

4.1. El desarrollo secuencial o en cascada

En el **desarrollo secuencial**, llamado también **en cascada**, las fases se recorren **una sola vez y en orden**: no se empieza una hasta haber cerrado la anterior, y volver atrás es caro y excepcional.

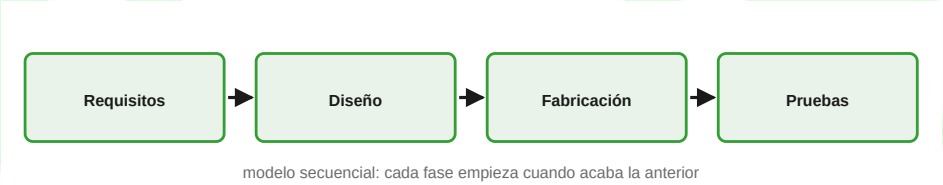


Figura 1.3. El desarrollo secuencial o en cascada: cada fase empieza cuando termina la anterior, y el resultado solo se ve al final.

Ventajas. El plazo y el presupuesto son previsibles desde el principio, porque todo está definido antes de empezar. La documentación queda completa y ordenada. Y es el único modelo compatible con la obra física sometida a normativa: un proyecto de edificación se visa, se licita y se construye, y no se puede «iterar» una cimentación.

Inconvenientes. Es rígido. Los errores de requisitos no se descubren hasta las pruebas finales, que es exactamente donde más caro sale corregirlos. Y quien encarga no ve nada hasta el final, de modo que un malentendido inicial puede sobrevivir a todo el proyecto.

4.2. El desarrollo iterativo e incremental

En el **desarrollo iterativo** se recorre el ciclo completo —requisitos, diseño, fabricación, pruebas— **varias veces**, y en cada vuelta el producto crece y se corrige. Que además sea **incremental** significa

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución