PARTE II — DE LO FÍSICO A LO DIGITAL · CAPÍTULO 06

Diseñar para el mantenimiento, no solo para el lanzamiento

06

Un producto necesita seguir siendo útil después de estrenarse. Diseñar su mantenimiento exige anticipar desgaste, crecimiento, costos y condiciones de uso que el lanzamiento apenas deja ver.

12 oct 2026 21 min de lectura Edición viva 0.6 Estado: en progreso

En mi carrera aprendí pronto que el lanzamiento de un producto era el momento más importante. Buena parte del esfuerzo se organizaba alrededor de él: entender al usuario, traducir sus necesidades, elegir materiales, resolver la fabricación y lograr que el objeto llegara al mercado. Todo ese proceso me sigue pareciendo maravilloso. Sin embargo, recuerdo que rara vez nos deteníamos con el mismo entusiasmo a pensar quién iba a mantenerlo, cómo envejecería o cuánto costaría conservarlo en condiciones de uso.

Este capítulo parte de esa observación, que es una experiencia personal y no una regla universal de la profesión. Cuando la especificación exigía mantenimiento —y me pasó en dos proyectos que todavía recuerdo con claridad— el diseño cambiaba: otros materiales, otras uniones, otro acceso a las piezas. Cuando no lo exigía, el mantenimiento se

quedaba para después, y en mi experiencia ese «después» casi nunca tenía el mismo presupuesto, responsable ni fecha que el estreno.

Después de recorrer esos dos casos físicos, el capítulo cruza al terreno digital: la economía del mantenimiento, la diferencia entre entregar a producción y sostener una operación, cómo se estima el volumen, qué pasa con el margen cuando el uso crece, cómo se diseña para un día de emergencia, cómo se mapea un ciclo de vida de tres años y qué conviene medir para saber qué está envejeciendo. Termina con una idea que quiero dejar desde ahora: mantener también es una oportunidad de producto.

Lo que aprendí después del lanzamiento



Figura 6.1 — El lanzamiento muestra el objeto nuevo; el mantenimiento decide cómo se ve el tercer año.

La mayoría de los productos físicos se conciben para un ciclo de vida largo, y sin embargo el equipo de diseño suele medir su éxito en el momento del estreno. Es comprensible. La ideación es la parte más generosa del oficio: entender al usuario, descubrir lo que necesita sin saber nombrarlo, convertirlo en forma, material y proceso. A mí me sigue pareciendo una de las partes más bonitas de trabajar en producto.

Pero a quienes diseñamos producto rara vez se nos enseña a pensar en el largo plazo, y menos en el mantenimiento, a menos que venga escrito en la especificación. La presión de rentabilidad y de entrega concentra la atención en la fecha de salida: ahí está el dinero invertido, ahí está el compromiso con el cliente, ahí se cierra el trimestre. Lo que ocurre dieciocho meses

después le pertenece a otra área, a otro presupuesto o, con frecuencia, a nadie.

Lo cuento como experiencia propia, no como un juicio sobre toda la formación en diseño: hay escuelas y equipos que lo hacen muy bien. En mi caso, el mantenimiento apareció con claridad cuando alguien lo puso por escrito como requisito. Dos productos me obligaron a mirar más allá de la entrega, y los cuento a continuación porque cambiaron la manera en que hago preguntas.

Cuando mantener era un requisito



LÁMINA 6.1 Juego infantil de acero durante un repintado. Imagen editorial de referencia; no representa el proyecto del autor.

El primer recuerdo es una licitación de mobiliario urbano: juegos para niños. La especificación incluía, como parte de la ideación y no como anexo, el repintado, la resistencia de los materiales, el desgaste y las piezas de reemplazo. Eso significaba que el diseño no podía conformarse con verse bien el día de la entrega; tenía que seguir siendo seguro y utilizable después de años de sol, lluvia, polvo y niños que no leen manuales.

Pensar así convierte cada decisión en una pregunta de mantenimiento. ¿Se puede llegar a las fijaciones sin desarmar medio juego? ¿El recubrimiento puede renovarse sobre el existente o hay que retirarlo? ¿Cómo se inspecciona una pieza que sostiene el peso de un niño? ¿Habrá repuestos dentro de cinco años? Son preguntas de diseño, no de postventa, porque sus respuestas cambian la geometría, los materiales y las uniones.

Un juego debe poder seguir utilizándose con seguridad después de la exposición ambiental y del uso repetido. La frase parece de sentido común, pero es una exigencia técnica con costo: modifica el proceso, el material, el acabado y hasta la forma en que se embala y se entrega. No recuerdo cada decisión de aquel proyecto y no quiero atribuirle soluciones que no puedo respaldar; lo que conservo es el aprendizaje de que preguntar por el mantenimiento desde la ideación mejora el producto antes de fabricarlo.

Hay otra consecuencia menos visible: quien especifica mantenimiento también está especificando una relación de largo plazo con el cliente. Alguien tendrá que repintar, inspeccionar y reemplazar. Diseñar significa decidir quién podrá hacerlo y con qué herramientas.

Un audífono de largo alcance



Figura 6.2 — Durabilidad especificada desde el inicio: componentes, carcasas y reemplazos.

El segundo recuerdo es un audífono de largo alcance. Conservo la denominación tal como se usaba en el proyecto, y aquí no voy a entrar en especificaciones técnicas: lo que importa para este capítulo es que la durabilidad estaba en la especificación desde el principio.

Increíblemente, el requerimiento consideraba el desgaste de los componentes tecnológicos y de las carcasas, y sus posibles reemplazos. Es decir, alguien había aceptado en el papel que ciertas piezas se degradarían y que el producto debía diseñarse para que esa degradación no lo volviera inútil. En mi experiencia, no es lo más común: los componentes y las carcasas suelen diseñarse para el mejor primer día, no para el reemplazo.

Lo que une a los juegos infantiles con el audífono es una idea sencilla: especificar el mantenimiento cambia materiales, uniones, acceso, modularidad y abastecimiento. Pero hay una condición que aprendí a vigilar: la reparación debe ser posible técnica y económicamente. Tener un repuesto disponible no sirve si desmontar el producto cuesta más que sustituirlo; en ese caso, el repuesto existe y la reparación no.

Desde entonces, cuando alguien me presenta un producto, además de preguntar para quién es y cuánto cuesta fabricarlo, pregunto cómo se abre, quién puede abrirlo y qué pasa cuando una pieza deja de funcionar.

> Un repuesto disponible no sirve de mucho si desmontar el producto cuesta más que cambiarlo.
>
> — *Sobre la reparación posible*

La reparabilidad es una propiedad del diseño, no de la postventa. Se decide cuando alguien elige un adhesivo en lugar de un tornillo, una soldadura en lugar de una unión mecánica, o una carcasa que se cierra para siempre en lugar de una que se abre con una herramienta común.

También se decide en el abastecimiento. Un componente puede ser reemplazable en el dibujo y no serlo en la práctica si el proveedor deja de fabricarlo, si solo se vende en lotes que ningún taller compra o si el precio de la pieza supera lo que el cliente pagaría por arreglarlo.

Por eso conviene preguntar al mismo tiempo tres cosas: si se puede, si alguien sabe hacerlo y si conviene económicamente. Cuando las tres respuestas son afirmativas, el mantenimiento deja de ser un costo escondido y empieza a ser una característica del producto.



Figura 6.3 — Un objeto diseñado para el mantenimiento: las piezas que se desgastan son las más fáciles de alcanzar.

El negocio que continúa



Figura 6.4 — El valor económico de un producto no se agota en la venta.

Si miramos el automóvil como modelo de negocio, aparece algo que el diseño suele pasar por alto: el valor económico de un producto no se agota en la venta. Alrededor de un vehículo conviven la venta inicial, las refacciones, los servicios, el financiamiento, los seguros y otros ingresos posteriores. Y no son iguales para todos: la estructura de rentabilidad de un fabricante, la de un distribuidor y la de un taller son distintas.

Por eso conviene evitar dos simplificaciones. Una es decir que las manufactureras ya no ganan dinero vendiendo vehículos; la otra, que toda su rentabilidad depende del mantenimiento. Ninguna es cierta de forma general. Lo que sí puedo afirmar es que, para muchos productos durables, una parte importante del negocio ocurre después de la entrega, y que quien diseña el producto influye en cómo ocurre.

Aquí vuelve una idea del capítulo 4: las necesidades no siempre son naturales; a veces son diseñadas. La crítica al consumo apunta con razón a quienes generan la oferta. Pero conviene separar cuatro conceptos que suelen mezclarse, porque cada uno pide una pregunta distinta.

TABLA 6.1 — CUATRO CONCEPTOS QUE NO CONVIENE MEZCLAR

CONCEPTO	PREGUNTA CLAVE
Desgaste y consumibles	¿Qué componente pierde prestaciones por su función y su uso?
Mantenimiento previsto	¿Cómo se inspecciona, limpia, ajusta o reemplaza para conservar el servicio?
Obsolescencia programada	¿Existe evidencia de una limitación deliberada e injustificada de la vida útil?
Obsolescencia percibida	¿Se impulsa el reemplazo aunque el producto siga cumpliendo su función?

Los filtros de combustible o de aire acondicionado sirven para explicar mantenimiento y saturación: un filtro cumple su función justamente porque se llena. Que se reemplace con periodicidad no prueba, por sí mismo, una obsolescencia programada. La crítica legítima apunta a otras cosas: barreras a la reparación, repuestos inaccesibles, sustitución prematura, diseños que obligan a cambiar el todo para arreglar una parte.

Mantener puede ser una promesa honesta de servicio o un incentivo para crear dependencia. La diferencia se nota en el diseño, y cuando incorpore un caso concreto en este libro lo documentaré.

Producción abre otra etapa



Figura 6.5 — La entrega a producción es una etapa, no un cierre.

En tecnología digital el mantenimiento es todavía más difícil de diseñar, porque no se ve. Un objeto físico se oxida, se rompe, se despinta; un sistema puede estar encendido y, a la vez, acumulando datos sin límite, dependencias sin soporte y vulnerabilidades sin parche.

Las metodologías incluyen un ciclo completo hasta la entrega a producción. SSDLC, por ejemplo, son las siglas de Secure Software Development Life Cycle: el ciclo de vida de desarrollo seguro de software. No es una única metodología con dueño; describe la idea de integrar la seguridad en el ciclo de desarrollo. Es distinto del SSDF, el Secure Software Development Framework del NIST (SP 800-218),

que ofrece prácticas que una organización puede incorporar a su ciclo de desarrollo, sea cual sea.

Hay manuales, pruebas, listas de verificación y una entrega ordenada, y aun así veo una distancia enorme con el mantenimiento real. El problema no está en el SSDLC: aparece cuando tratamos la entrega como un cierre y no le asignamos a la operación capacidad, presupuesto, responsables ni aprendizaje.

Las cosas que menos observamos en un proyecto de implementación de tecnología son justo las que más pesan después: el espacio, el cálculo de volúmenes, la seguridad a largo plazo, el mantenimiento de la operación y el mantenimiento de la arquitectura. Muchos stakeholders no las ven como parte del todo y se les escapan de sus casos de negocio, porque todo eso cuesta, y cuesta más conforme crece el uso.

TABLA 6.2 — CUATRO PLANOS DE TRABAJO DESPUÉS DEL LANZAMIENTO

PLANO	TRABAJO QUE CONTINÚA
Operación	Incidentes, soporte, respaldo, restauración, continuidad y procedimientos
Arquitectura	Capacidad, dependencias, bases de datos, compatibilidad, migraciones y deuda técnica
Seguridad	Vulnerabilidades, parches, accesos, secretos y revisión de amenazas
Experiencia	Accesibilidad, dispositivos antiguos, errores, actualizaciones y comunicación

Esto conecta con el capítulo 5: elegir APIs, datos y restricciones implica prever qué ocurrirá cuando un proveedor cambie, retire una versión o deje de dar soporte a una dependencia. Los materiales digitales también envejecen.

El volumen también se diseña



Figura 6.6 — El uso deja huella exactamente donde se concentra.

En un producto físico estudiamos la frecuencia de uso, las cargas, el ambiente y la resistencia del material. Nadie diseña una banca pública sin preguntarse cuántas personas se sentarán en ella y bajo qué clima. En un producto digital la pregunta equivalente es cuánta concurrencia, cuántas peticiones, cuánto almacenamiento, cuánta transferencia y cuántas dependencias soportará.

Hoy existen servicios de autoescalado y arquitecturas serverless, y es una gran noticia. Pero no siempre fue así, y aun hoy lo que cambia es la manera de obtener capacidad, no sus costos, sus límites o sus cuellos de botella. Un producto puede crecer en usuarios y perder margen si aumenta el consumo por usuario, los reintentos, el soporte o las llamadas pagadas a terceros.

Tampoco conviene suponer que el costo es proporcional al uso. Hay costos fijos, costos variables, escalones de capacidad y economías de

escala. Y los usuarios activos mensuales (MAU) no miden la carga: dos usuarios activos pueden consumir cantidades muy distintas.

Un modelo sencillo para estimar el volumen mensual de peticiones es el siguiente:

$$Q_m = MAU \times s \times a \times k$$

donde s son las sesiones mensuales por usuario, a las acciones por sesión y k las peticiones técnicas medias por acción. Si los perfiles se comportan distinto, se calcula por segmento y se suman. Las tareas de fondo, los bots y los reintentos se estiman aparte para no contarlos dos veces. Ejemplo hipotético: con 8,000 MAU, 6 sesiones por usuario, 5 acciones por sesión y 4 peticiones por acción, el volumen es de 960,000 peticiones al mes.

Para el pico no basta el total mensual. Se toma el volumen de una ventana y se divide entre su duración, y con el tiempo medio en el sistema se obtiene una concurrencia aproximada:

$$\lambda_{pico} = Q_{ventana} / \Delta t \quad \cdot \quad L \approx \lambda \cdot W$$

λ es la tasa de llegada por segundo; W, el tiempo medio en el sistema; L, la concurrencia media aproximada bajo condiciones estables. No sirve para predecir sin más una cola que crece durante una saturación: ahí el sistema ya no está en condiciones estables.

Figura 6.7



Figura 6.7 — De cuánto se usa a qué se decide: el mantenimiento vive en cada paso de esta cadena.

Cuando crecer reduce el margen

Aquí es donde el mantenimiento entra al caso de negocio. Quienes son dueños del producto rara vez lo tienen en mente, y sin embargo el volumen de uso puede destruir un plan si no se balancean costos y precio. La manera de verlo es convertir la capacidad y el mantenimiento en variables.

Costo mensual de operación

El costo mensual de operar un producto puede escribirse así:

$$C_m = F + \Sigma\, q_i c_i + H + S$$

F son los costos fijos mensuales; $\Sigma\, q_i c_i$, el consumo de cada recurso por su costo unitario; H, el trabajo de operación y mantenimiento; S, los costos adicionales por escalones de

capacidad. Las categorías deben ser excluyentes para no contar dos veces.

Resultado operativo y costo unitario

$$\Pi_m = R_m - C_m \quad \cdot \quad CU = C_m / U_m$$

U_m debe representar una unidad de valor: una orden completada, un documento procesado, un cliente atendido. Las unidades exitosas y las fallidas se muestran por separado, para que los reintentos no aparenten productividad.

Punto de equilibrio

Para un modelo sencillo con clientes de pago, precio neto P y costo variable medio v, el punto de equilibrio es:

$$N_{eq} = F_{total} / (P - v), \quad P > v$$

F_{total} reúne los costos fijos y el mantenimiento fijo. La expresión solo aplica dentro de un tramo donde v y la capacidad permanecen estables, y el consumo de los usuarios gratuitos debe estar dentro del modelo: clientes de pago y MAU no son equivalentes. Ejemplo hipotético: con 30,000 MXN mensuales de costos fijos, 100 MXN de ingreso neto por cliente y 40 MXN de costo variable, el equilibrio requiere 500 clientes de pago. Si el costo variable sube a 80 MXN, requiere 1,500, antes de añadir nuevos escalones de capacidad.

Precio mínimo para un margen objetivo

Si lo que se busca es un margen operativo objetivo g, con los costos definidos para el escenario, el precio mínimo es:

$$P_{mín} = C_m / [\, N_p \, (1 - g) \,], \quad 0 \le g < 1$$

Retomo el mismo ejemplo hipotético: con 500 clientes, $C_m = 30{,}000 + 500 \times 40 = 50{,}000$

Retomo el mismo ejemplo hipotético: con 500 clientes, C_m = 30,000 + 500 × 40 = 50,000 MXN. Para un margen de 20 %, $P_{mín}$ = 50,000 / (500 × 0.8) = 125 MXN. Ese precio equivale a un margen de 20 % sobre ingresos, pero a un recargo de 25 % sobre el costo: no son lo mismo, y confundirlos es una fuente clásica de errores.

Trasladar costos al cliente no resuelve automáticamente el negocio: el precio debe contrastarse con el valor percibido y con la disposición de pago. Es el mismo tipo de análisis que el catálogo de costos del capítulo 2, con una línea que antes no mirábamos: seguir operando.

El día de la emergencia

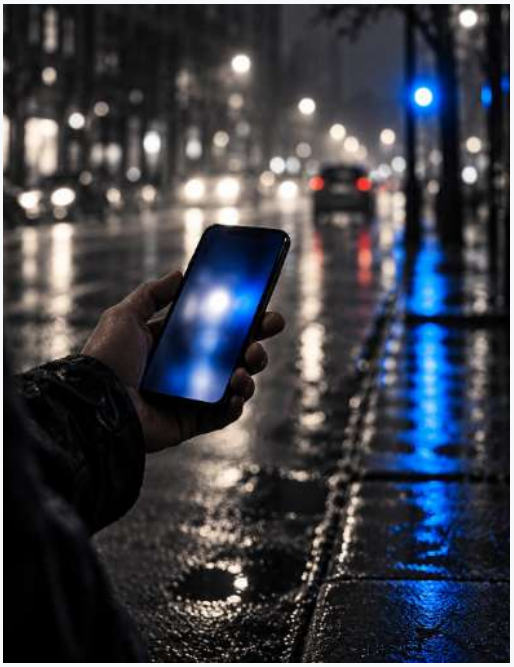


Figura 6.8 — Cuando todo el mundo usa la red a la vez, la red es parte del producto.

Pongamos un ejemplo que construí para este libro, no un caso de un producto mío: una app de emergencias por fenómenos naturales y desastres. Es un caso extremo pero realista. En un día normal podría recibir entre 1,000 y 5,600 interacciones; en una emergencia, según la localidad y el tamaño del evento, fácilmente 50,000. Antes de dimensionar nada hay que definir qué es una «interacción» y en qué ventana de tiempo ocurre.

Porque 50,000 interacciones repartidas en un día no son lo mismo que 50,000 concentradas en diez minutos. En la segunda ventana son unas 83 por segundo, y todavía hay que multiplicar por las llamadas técnicas que cada interacción dispara y por los reintentos. Con, digamos, cuatro peticiones por interacción serían unas 333 por segundo y, si cada una tarda dos segundos en

promedio, alrededor de 667 en curso al mismo tiempo, bajo condiciones estables.

Pero el tráfico es solo una parte. En una emergencia las telecomunicaciones se degradan, la latencia sube, las baterías escasean y los proveedores externos se saturan. Escalar el servidor no repara una red móvil caída. El mantenimiento de la operación debe prever caché, información esencial disponible sin conexión, la fecha de la última actualización, solicitudes pendientes y una degradación controlada: que el producto haga menos, pero siga haciendo lo esencial.

También está la perspectiva humana. ¿Puede una persona mayor reconocer la alerta, entender qué hacer y distinguir la información vigente de la desactualizada? ¿Funciona en un teléfono antiguo, con baja visión o poca familiaridad digital? Estas preguntas se responden antes del lanzamiento y son mantenimiento de la operación, casi siempre invisible.

Y está la actualización. Los cambios del servidor y la configuración remota no son lo mismo que una nueva versión de la app, y no conviene prometer actualizaciones automáticas universales. Lo prudente es prever compatibilidad, despliegue gradual y reversión, y evitar que alguien necesite actualizar la app para acceder a información esencial durante una emergencia. Los ensayos se hacen en entornos de prueba: no se le retira protección esencial a un grupo de usuarios reales para ver qué pasa.

5,600

TOPE DE INTERACCIONES POR DÍA EN UN DÍA NORMAL (RANGO 1,000–5,600) · HIPOTÉTICO

50,000

INTERACCIONES EN UNA EMERGENCIA, EN UN DÍA · HIPOTÉTICO

≈83

INTERACCIONES POR SEGUNDO SI 50,000 CAEN EN 10 MINUTOS · HIPOTÉTICO

Figura 6.9



Figura 6.9 — La misma cifra, otra ventana. Escenario hipotético: antes de dimensionar, hay que definir qué es una interacción y en qué tiempo ocurre.

Mapear los siguientes tres años

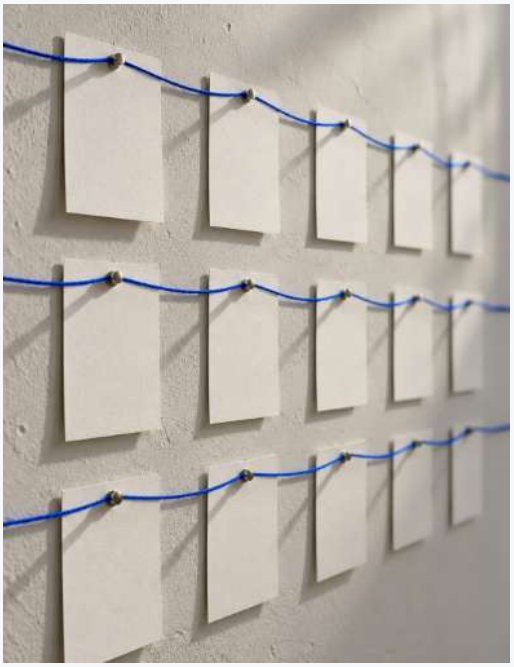


Figura 6.10 — Tres horizontes, tres escenarios y una pregunta dominante en cada uno.

Una manera práctica de empezar es hacer un mapa del ciclo de vida a tres años: volúmenes, forma de uso, perfil de usuario e incidencias. No es una predicción cerrada; es un conjunto de hipótesis revisables que se cuestionan cada vez que llegan datos nuevos.

Para cada horizonte conviene elaborar tres escenarios —uso bajo, esperado y de estrés— y registrar el perfil de usuario, el volumen, la frecuencia, las incidencias, el costo, la seguridad, las dependencias, un responsable y el umbral a partir del cual se interviene.

TABLA 6.3 — MAPA DEL CICLO DE VIDA A TRES AÑOS

HORIZONTE	PREGUNTA DOMINANTE	EVIDENCIA Y DECISIÓN
Antes del lanzamiento	¿Qué necesitamos para sostener el servicio?	Carga, accesibilidad, repuestos o dependencias, responsables y presupuesto
Año 1	¿Cómo se usa realmente?	Cohortes, consumo, incidencias, desgaste, soporte y costo por unidad
Año 2	¿Qué cambia con el crecimiento y el envejecimiento?	Picos, conservación de datos, capacidad, reparación y versiones soportadas
Año 3	¿Qué renovamos, migramos o retiramos?	Sustituciones, migraciones, fin de soporte, salida de proveedores y retiro responsable

Para una startup el horizonte es más corto: una ventana móvil de doce meses, con revisión mensual y decisiones trimestrales. Allí se suele medir MAU, pero conviene acompañarlo de retención, sesiones, consumo por segmento, pico de concurrencia, tickets de soporte y costo por unidad de valor. Un horizonte corto no justifica omitir las decisiones difíciles de revertir, como la retención de datos o una dependencia contractual.

Observar, proyectar, preparar, revisar

El mapa a tres años no se escribe una vez: gira en un ciclo que se repite en cada horizonte.

01

Observar

Registra uso, volumen, incidencias y costo reales.

02

Proyectar

Construye escenarios bajo, esperado y de estrés.

03

Preparar

Asigna responsables, presupuesto y umbrales.

04

Revisar

Compara lo previsto con lo ocurrido y ajusta.

Medir lo que envejece



Figura 6.11 — Un dato sin sus condiciones de medición no se puede comparar con el siguiente.

El mantenimiento de un producto físico se apoya en instrumentos: un calibre o micrómetro para la pérdida dimensional, un medidor de espesor del recubrimiento, ensayos de corrosión, de carga, de fatiga o de abrasión según el material y la función, y a veces una balanza, cuando la pérdida de masa tiene sentido. Lo importante es llevar un registro.

El peso por sí solo no mide toda forma de desgaste, así que conviene anotar la unidad o el lote, las condiciones de exposición, los ciclos de uso, el método de medición, el instrumento, su calibración cuando proceda y el criterio de aceptación.

En digital existe un paralelo, aunque no una equivalencia literal: el desgaste del material y las fallas del software no son lo mismo. Pero ambos dejan evidencia que se puede medir y documentar.

TABLA 6.4 — EVIDENCIAS DE DETERIORO, FÍSICO Y DIGITAL

PRODUCTO FÍSICO	PRODUCTO DIGITAL
Inspección visual y fotografías repetibles	Registros de eventos y errores correlacionados
Calibre o micrómetro para pérdida dimensional	Latencia p50, p95 y p99 por recorrido
Balanza para pérdida de masa, cuando sea pertinente	Almacenamiento, transferencia y crecimiento de datos

PRODUCTO FÍSICO	PRODUCTO DIGITAL
Medidor de espesor de recubrimiento y ensayos de corrosión	Versiones, vulnerabilidades y dependencias sin soporte
Ensayos de carga, fatiga o abrasión según material y función	Pruebas de carga, estrés, recuperación y duración
Tiempo y costo de reparación; disponibilidad de piezas	Tiempo de recuperación, soporte, reversión y costo por operación

En digital, la disponibilidad se define mediante recorridos críticos exitosos, objetivos de nivel de servicio (SLO) y alertas accionables. Un proceso encendido no garantiza que el usuario pueda completar su tarea. Además hay que mantener registros de versiones, incidentes, decisiones de arquitectura y procedimientos de recuperación que de verdad se hayan probado.

Instrumentación y herramientas

Para hacer trazable un servicio hay opciones libres y comerciales. OpenTelemetry es un estándar abierto para instrumentar y exportar métricas, trazas y logs; por sí solo no es un lugar donde almacenarlos y consultarlos. Prometheus y Grafana OSS cubren métricas, alertas y visualización con software libre, y Grafana Loki y Tempo agregan logs y trazas que se pueden vincular a las métricas. Libre no significa gratuito de operar: el alojamiento, el almacenamiento, la retención y el mantenimiento tienen costo.

Entre las opciones comerciales, dos nombres que aparecen con frecuencia son Datadog y Dynatrace. Según los comunicados de los propios proveedores, ambos fueron reconocidos como líderes en el Magic Quadrant for Observability Platforms 2026 de Gartner, publicado en julio de 2026. Es un dato útil para orientar una búsqueda, no una recomendación: el propio Gartner aclara que no aconseja elegir solo a los proveedores mejor calificados, y ninguna posición garantiza que una plataforma sea adecuada para tu producto ni para tu presupuesto.

La trazabilidad debe permitir seguir una operación a través de varios servicios mediante identificadores correlacionados, sin convertir los logs en un depósito indiscriminado de datos personales. Y el costo de observar también entra al caso de negocio.

TABLA 6.5 — OPCIONES DE INSTRUMENTACIÓN Y OBSERVABILIDAD

OPCIÓN	FUNCIÓN PREVISTA	CONSIDERACIÓN
OpenTelemetry	Instrumentación y exportación de métricas, trazas y logs	No es por sí solo un backend para almacenarlos y consultarlos
Prometheus + Grafana OSS	Métricas, alertas y visualización	Software libre; el alojamiento y el mantenimiento tienen costo
Grafana Loki y Tempo	Logs y trazas vinculables a métricas	Dimensionar almacenamiento, retención y operación
Datadog	Plataforma comercial de observabilidad	Líder en el Magic Quadrant 2026 de Gartner, según el comunicado del proveedor

OPCIÓN	FUNCIÓN PREVISTA	CONSIDERACIÓN
Dynatrace	Plataforma comercial de observabilidad	Líder en el Magic Quadrant 2026 de Gartner, según el comunicado del proveedor

Aprender del uso real



Figura 6.12 — Unidades de seguimiento expuestas a condiciones conocidas.

En un producto físico se pueden instalar unidades piloto o grupos de seguimiento expuestos a condiciones conocidas y revisarlos con la frecuencia que se haya definido. Conviene reservar la expresión «grupo de control» para las comparaciones que realmente tienen un control y un diseño de medición; seguir unidades en campo es valioso, pero no es lo mismo que un experimento controlado.

En digital ocurre algo parecido. Se usan cohortes, pilotos y despliegues graduales para detectar necesidades de soporte, degradación y diferencias entre perfiles. Un A/B test puede evaluar un cambio específico, pero no sustituye las pruebas de recuperación, seguridad o capacidad. Y conviene comparar dispositivos, redes y patrones de uso para no atribuir al cambio lo que corresponde al contexto.

Todo esto forma un ciclo de aprendizaje: medir, interpretar, decidir, verificar. En cada vuelta se documenta el problema, la evidencia, la hipótesis, la intervención, el responsable y el resultado, y se verifica si la corrección mejoró la experiencia y redujo el costo de sostenerla. El

diseño del mantenimiento no termina con el lanzamiento: es un proceso iterativo y de aprendizaje constante.

Las oportunidades del mantenimiento



Figura 6.13 — La vida posterior al estreno también se diseña.

Vuelvo a los juegos infantiles y al audífono. En ambos casos, pensar en la vida posterior al estreno cambió tanto el objeto como el servicio que lo acompañaba. Esa es la parte que más me entusiasma hoy: el mantenimiento no es solo un costo que se administra; muchas veces es una fuente de oportunidades.

Reparación, reacondicionamiento, repuestos, extensión de la vida útil, soporte especializado, niveles de servicio con costo diferenciado según el tipo de cliente. En digital, la evidencia del mantenimiento también revela segmentos nuevos, necesidades de integración y servicios operativos que nadie imaginó en el lanzamiento: diversificación de mercado nacida del uso real.

Con una advertencia: una cosa es la oportunidad de cobrar por un servicio adicional y otra, muy distinta, el incentivo de crear dependencia o fallas evitables. Los niveles de soporte pueden variar en acompañamiento o en tiempos de respuesta; las obligaciones básicas de seguridad deben cumplirse para todos los clientes.

Diseñar un producto también es diseñar cómo seguirá siendo útil.

— Cierre del capítulo

Cuando el mantenimiento queda documentado desde el proyecto de lanzamiento, deja de depender de que alguien recuerde resolverlo después. Empieza a formar parte de las decisiones de materiales, arquitectura, precio y servicio.

Y cuando observamos cómo vive realmente el producto, encontramos algo más que problemas por corregir: encontramos oportunidades para conservar su valor, ampliar su mercado y construir una relación más duradera con quienes lo utilizan.

Mi recomendación es simple: tenlo en mente desde el proyecto de lanzamiento y documéntalo todo como parte de la visión de producto. Lo demás —el mapa a tres años, las fórmulas, las herramientas— son maneras de que esa decisión no dependa de la memoria de nadie.

REFERENCIAS

1. **NIST** — SP 800-218, Secure Software Development Framework (SSDF), versión 1.1; para distinguir SSDF y SSDLC.
2. **OpenTelemetry** — Observability primer y What is OpenTelemetry?
3. **Prometheus** — Overview.

4. **Grafana Labs** — Grafana OSS: visualización, logs y trazas.
5. **Datadog** — Gartner Magic Quadrant for Observability Platforms 2026; fuente del proveedor.
6. **Dynatrace** — Comunicado del 15 de julio de 2026 sobre el Magic Quadrant 2026; fuente del proveedor.
7. **Gartner** — Magic Quadrant for Observability Platforms, 13 de julio de 2026 (citado a través de los comunicados de los proveedores; el informe completo está disponible mediante ellos).
8. **Este libro** — capítulos 2 (catálogo de costos), 4 (necesidades diseñadas) y 5 (materiales digitales: APIs, datos y restricciones).
9. **Notas de campo del autor** — dos proyectos de producto físico con mantenimiento en la especificación. Las cifras de los ejemplos son hipotéticas y no representan resultados de proyectos del autor.

← CAPÍTULO 05
Materiales digitales: APIs, datos y restricciones

CAPÍTULO 07 →
Interfaces como tolerancias