# MARCO DE INGENIERÍA DE PROBLEMAS FINANCIEROS

## FPEF Financial Problem Engineering Framework

*Metodología para descomponer problemas reales en Capital, Flujos, Derechos y Riesgos, y reconstruirlos mediante Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología*

**Libro blanco conceptual y metodológico**

Versión 1.0 | Octubre de 2026

*Documento de trabajo para revisión académica, financiera, tecnológica y regulatoria*

Aviso: este documento presenta una metodología de análisis. No constituye asesoría financiera, jurídica, contable, tributaria, de inversión ni una recomendación de instrumentos específicos. La aplicación a casos reales requiere datos verificables, análisis jurisdiccional y revisión profesional independiente.

## Contenido


- Resumen ejecutivo
- 1. Introducción
- 2. Definición y posicionamiento del FPEF
- 3. Fundamento teórico y revisión de literatura

- 4. Los cinco principios del FPEF
- 5. Marco de Ingeniería de Problemas Financieros
- 6. Alcance, límites y criterios de descarte
- 7. Aplicación del FPEF
- 8. Hallazgos transversales
- 9. Discusión
- 10. Limitaciones
- 11. Conclusiones
- 12. Agenda de investigación futura
- 13. Referencias
- Anexos metodológicos


# Resumen ejecutivo


El Marco de Ingeniería de Problemas Financieros (FPEF) es una metodología propuesta para determinar si un problema real puede transformarse en un problema económicamente estructurable y, cuando esto es posible, diseñar y evaluar alternativas capaces de resolverlo mediante Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología. Su propósito no es financiarizar todo problema ni privilegiar un instrumento, una institución o una tecnología. Su propósito es ordenar el análisis para decidir cuándo las finanzas y la tecnología pueden aportar valor y cuándo deben descartarse.

El FPEF comienza con el problema, no con un producto. La situación se descompone en cuatro dimensiones: Capital, Flujos, Derechos y Riesgos. Dentro de Riesgos se incorpora la derivabilidad, entendida como la exploración de si una exposición posee una variable, activo, derecho, flujo, indicador o evento suficientemente identificable para estudiar mecanismos de retención, reducción, transferencia, cobertura o estructuración. Esta exploración no determina por sí misma que exista jurídicamente un derivado ni que utilizarlo sea conveniente.

La Ingeniería Financiera recibe esa descomposición y diseña arquitecturas económicas posibles. La Capa de Tecnología determina cómo dichas arquitecturas pueden ser originadas, financiadas, distribuidas, ejecutadas, verificadas, reguladas, contabilizadas, gobernadas, validadas, operadas, liquidadas y potencialmente escaladas. El resultado conjunto son Alternativas posibles FPEF. Estas se comparan con opciones existentes, tradicionales, incrementales o con la decisión de no intervenir. Solo una alternativa seleccionada después de esa comparación puede reconocerse como Solución FPEF.

El marco mantiene cinco principios: Integración sobre reinvención; Especificidad de la solución; Metodología replicable, solución específica; Implementación modular y progresiva; y Autosostenibilidad. La modularidad se decide dentro de Implementación, no como fase separada. La autosostenibilidad, evolución y decisión de escalar se evalúan finalmente mediante Seguimiento y Evaluación post-implementación.

La prueba metodológica principal se aplicó a la expansión de una planta que produce 30.000 unidades al año y plantea invertir USD 5 millones para alcanzar 18.500.000 unidades anuales. El FPEF mostró que el problema no era simplemente obtener capital: implicaba un salto de escala superior a 600 veces, derechos sobre la fuente y activos, flujos comerciales no demostrados, riesgos de demanda, ejecución, logística, calidad, regulación y capital de trabajo. La metodología produjo alternativas de capital accionario, deuda, financiación híbrida, expansión modular, contratos de compra y plataformas de financiación. El resultado fue APROBADO con REDISEÑO del planteamiento financiero original, validando la utilidad diagnóstica y de diseño del marco sin afirmar la viabilidad final del proyecto.

Cuatro casos conceptuales adicionales - agricultura, energía e infraestructura, comercio internacional y una interrupción operacional originada por clima - muestran que la misma metodología puede conducir a

soluciones distintas, incluso a la selección de instrumentos tradicionales o al rechazo de una estructura innecesariamente compleja. En consecuencia, la contribución propuesta del FPEF no reside en inventar sus componentes individuales, sino en integrarlos y ordenarlos alrededor de problemas reales mediante un proceso de diagnóstico, diseño, viabilidad, comparación, implementación y evaluación posterior.

**Tesis central**

La metodología es replicable; la Solución FPEF es específica al problema que la origina. El éxito del marco se mide por la calidad de la decisión, no por la cantidad de innovación producida.

# 1. Introducción

Los sistemas financieros modernos disponen de una amplia variedad de instrumentos, estructuras, mercados, plataformas y tecnologías. Sin embargo, la existencia de estas capacidades no garantiza que los problemas reales se formulen correctamente, que el instrumento seleccionado corresponda a la exposición económica o que la tecnología elegida aporte valor. Con frecuencia se comienza por una respuesta - crédito, tokenización, financiación colectiva, cadena de bloques o un derivado - antes de demostrar que esa respuesta corresponde al problema.

El FPEF propone invertir ese orden. Primero define el problema y el resultado deseado. Después determina si existen relaciones suficientes entre Capital, Flujos, Derechos y Riesgos para construir una arquitectura económica coherente. Solo entonces utiliza Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología. La secuencia busca reducir la sobreestructuración, la dependencia de narrativas tecnológicas y la tendencia a confundir capacidad instalada, liquidez, demanda, derechos y valor económico.

La pregunta de investigación del libro blanco es: ¿puede una metodología orientada primero al problema ampliar sistemáticamente el espacio de soluciones para problemas económicamente estructurables, integrando conocimiento financiero y tecnológico existente sin presuponer un instrumento o tecnología? La hipótesis es que una descomposición común y una separación explícita entre diseño económico y operacionalización permiten generar alternativas más pertinentes, comparables y verificables.

Este libro blanco es conceptual y metodológico. La prueba de la planta embotelladora emplea datos aportados para demostrar el comportamiento del marco; los demás casos son pruebas conceptuales basadas en problemas típicos y literatura de referencia. Ninguno sustituye una due diligence financiera, técnica, jurídica, ambiental o comercial.

# 2. Definición y posicionamiento del FPEF

**Definición oficial**

El Marco de Ingeniería de Problemas Financieros (FPEF) no presupone que todo problema deba resolverse mediante un instrumento financiero o una tecnología determinada. Su función es establecer si un problema puede descomponerse en capital, flujos, derechos y riesgos; diseñando mediante Ingeniería Financiera una estructura económica coherente; determinando mediante la Capa de Tecnología cómo podría operar esa estructura; y someterla a filtros regulatorios, contables, operativos, cuantitativos y comparativos antes de reconocerla como solución.

## 2.1 Posicionamiento intelectual

El FPEF no se presenta como sustituto de la Ingeniería Financiera, Finanzas Funcionales y Estructurales, Finanzas Estructuradas, tecnología financiera ni de la teoría de riesgos. Reconoce que su viabilidad depende de conocimientos ya desarrollados. La Ingeniería Financiera aporta el diseño de instrumentos y procesos; la perspectiva funcional permite pensar en funciones antes que en instituciones; Finanzas Estructuradas aporta mecanismos de agrupación, prioridad y transferencia; tecnología financiera y las plataformas digitales amplían formas de originación, financiación y ejecución; los estándares regulatorios aportan condiciones de seguridad, gobernanza y ejecutabilidad.

La contribución propuesta del FPEF es arquitectónica. Su punto de partida es un problema real. Su lenguaje intermedio es Capital, Flujos, Derechos y Riesgos. Su motor económico es Ingeniería Financiera. Su capa de operacionalización y viabilidad es Capa de Tecnología. Su mecanismo de selección es Comparación. Su prueba real comienza después de Implementación mediante Seguimiento y Evaluación.

Esta posición evita una reivindicación excesiva de originalidad. Los componentes no son nuevos en sí mismos. La proposición sometida a prueba es que su integración ordenada puede mejorar la calidad del diagnóstico y ampliar razonablemente las alternativas disponibles para problemas estructurables.

# 3. Fundamento teórico y revisión de literatura

## 3.1 Ingeniería Financiera

Finnerty define la Ingeniería Financiera mediante el diseño, desarrollo e implementación de instrumentos y procesos financieros innovadores y la formulación de soluciones creativas a problemas financieros. Este antecedente cubre instrumentos de deuda, opciones, futuros, convertibles y procesos financieros. El FPEF adopta esta disciplina como motor de diseño económico y no reivindica como propios sus instrumentos o técnicas.

Dentro del FPEF, Ingeniería Financiera recibe una representación del problema ya descompuesta. Esto modifica la secuencia, no la disciplina: antes de diseñar un instrumento, el marco exige identificar quién necesita Capital, qué Flujos pueden sostener obligaciones, qué Derechos existen y qué Riesgos deben asignarse.

## 3.2 Perspectiva funcional y estructural

Merton y Bodie proponen analizar sistemas financieros anclándose en funciones en lugar de instituciones y consideran la estructura institucional como endógena. La aproximación es aplicable a países, regiones, empresas y hogares. También integra condiciones tecnológicas, regulatorias y contables. Este antecedente es cercano al FPEF y limita cualquier pretensión de haber inventado el principio de función antes que institución.

La diferencia propuesta por el FPEF está en su operación inicial: problema real, descomposición económica y posteriormente selección de funciones, estructuras y tecnologías. Por ello, la relación es de continuidad e integración, no de competencia.

## 3.3 Finanzas Estructuradas y transformación del riesgo

Finanzas Estructuradas demuestra que activos y Flujos pueden agruparse y que los Derechos sobre ellos pueden dividirse por prioridad. La titulización y el segmentación por tramos pueden transferir y transformar exposiciones. Sin embargo, la literatura también demuestra que la complejidad y los errores de estimación pueden amplificarse en la estructura resultante.

FPEF adopta una regla conservadora: estructurar no equivale a eliminar Riesgos. Cada alternativa debe identificar riesgo original, retenido, transferido, transformado, introducido y residual.

### 3.4 Innovación financiera y contrafactual

La innovación financiera puede aumentar acceso, reducir costos o crear nuevas posibilidades, pero sus consecuencias deben evaluarse contra alternativas. La literatura que propone análisis contrafactuales respalda la presencia de Comparación en FPEF: una arquitectura solo merece ser seleccionada si resulta preferible a la situación actual, a soluciones tradicionales, a mejoras incrementales o a no intervenir.

### 3.5 tecnología financiera, plataformas y financiación colectiva

Los estudios del BIS y FSB describen crédito facilitado por plataformas electrónicas, con modelos que conectan prestatarios e inversionistas, utilizan balances propios o acceden a inversionistas minoristas e institucionales. El financiación colectiva y el crédito de plataforma son, dentro del FPEF, mecanismos de originación, financiación o distribución. No alteran automáticamente la naturaleza económica del instrumento subyacente.

Debido a que los perímetros regulatorios varían por jurisdicción, el uso de plataformas es una cuestión de viabilidad dentro de Capa de Tecnología y no una conclusión derivada únicamente de la disponibilidad técnica.

### 3.6 Tokenización, tecnología de registro distribuido y plataformas programables

La tokenización permite representar activos en plataformas programables y puede integrar emisión, transferencia, registro, custodia o liquidación. IOSCO observa interés creciente, pero también adopción limitada, beneficios desiguales y retos de interoperabilidad, activos de liquidación, incertidumbre jurídica, operación y ciberseguridad.

Por esta razón, FPEF considera cadena de bloques, tecnología de registro distribuido y tokenización como posibles ecosistemas. Solo se incorporan si resuelven una fricción identificada mejor que una arquitectura convencional.

### 3.7 Regulación, contabilidad y gobernanza

Los PFMI de CPMI-IOSCO identifican riesgos jurídicos, crediticios, de liquidez, operativos, de custodia, inversión y negocio general. También exigen una base jurídica clara y ejecutable para aspectos materiales de infraestructuras financieras. En FPEF, estas condiciones forman parte de Capa de Tecnología porque determinan cómo puede operar la arquitectura económica.

La regulación se analiza por actividad, instrumento, participante y jurisdicción. La contabilidad determina reconocimiento y medición; la gobernanza asigna autoridad, responsabilidad, controles y mecanismos de continuidad. Una alternativa económicamente atractiva puede ser inviable si falla cualquiera de estas dimensiones.

## 4. Los cinco principios del FPEF

| Principio | Formulación canónica |
|---|---|
| I. Integración sobre reinvención | FPEF aprovecha prioritariamente conocimiento, instrumentos, metodologías, estructuras financieras y capacidades tecnológicas existentes, adaptándolos o combinándolos cuando resulte necesario antes de justificar la creación de mecanismos nuevos. |
| II. Especificidad de la solución | Cada Solución FPEF responde específicamente al problema, actores, Capital, Flujos, Derechos, Riesgos y restricciones que la originan. |
| III. Metodología replicable, solución específica | El FPEF mantiene una metodología consistente para analizar problemas diferentes sin presuponer que estos produzcan instrumentos, tecnologías, arquitecturas o soluciones |

| Principio | Formulación canónica |
|---|---|
| | equivalentes. |
| IV. Implementación modular y progresiva | Cuando resulte conveniente, una Solución FPEF puede implementarse mediante módulos o fases sucesivas que permitan validar, modificar, expandir o detener componentes conforme avance la Implementación. |
| V. Autosostenibilidad | Cuando la economía del problema lo permita, el FPEF procura que la solución genere o habilite recursos, capacidades, eficiencias, Flujos o infraestructura que contribuyan a sostener su operación, evolución y eventual escalamiento. |

# 5. Marco de Ingeniería de Problemas Financieros

**1. Problema**

↓

**2. Descomposición**

↓

**3. Ingeniería Financiera**

↓

**4. Capa de Tecnología**

↓

**Alternativas posibles FPEF**

↓

**5. Comparación**

↓

**6. Solución FPEF**

↓

**7. Implementación**

↓

**8. Seguimiento y evaluación**

## 5.1 Fase 1. Problema

La primera fase define la situación real, los actores, el impacto, las restricciones y el resultado deseado. No se admiten formulaciones que incorporen una solución como si fuera el problema, tales como “necesitamos

cadena de bloques" o "necesitamos un préstamo". El problema debe formularse independientemente del mecanismo.

El resultado es una Declaración del problema FPEF. El filtro de decisión de entrada exige que exista una situación identificable, un resultado definible y una razón material para intervenir. Si falta información crítica, el resultado es EN ESPERA; si no existe un resultado coherente o el supuesto problema no presenta materialidad suficiente, el resultado es RECHAZADO.

**Preguntas mínimas**

- ¿Quién experimenta el problema y quién soporta su costo?
- ¿Qué resultado se busca y cómo se mediría?
- ¿Qué alternativas existen y por qué son insuficientes?
- ¿Qué restricciones económicas, jurídicas, operativas o tecnológicas existen?

## 5.2 Fase 2. Descomposición

La descomposición traduce el problema a un lenguaje económico común sin exigir que las cuatro dimensiones tengan el mismo peso.

| Dimensión | Pregunta | Resultado |
|---|---|---|
| Capital | ¿Qué recursos se requieren, cuándo, por cuánto tiempo y quién absorbe pérdidas? | Monto, duración, prioridad, costo y fuentes posibles. |
| Flujos | ¿Dónde se genera, consume o transfiere valor? | Mapa de entradas, salidas, periodicidad, moneda, condiciones y volatilidad. |
| Derechos | ¿Quién puede exigir, usar, transferir, participar o explotar? | Matriz de titular, obligado, activo/flujo, prioridad y ejecutabilidad. |
| Riesgos | ¿Qué resultados inciertos alteran el valor y quién soporta la exposición? | Mapa de riesgos, tratamiento, contraparte y riesgo residual. |

### 5.2.1 Riesgos y derivabilidad

Dentro de Riesgos se analiza si una exposición puede retenerse, reducirse, compartirse, transferirse, cubrirse, transformarse o evitarse. La derivabilidad no comienza por un derivado; comienza por una variable o evento que modifica la exposición.

La secuencia es: Riesgo → variable/activo/derecho/flujo/evento → medibilidad → exposición → posible evento activador → posible pago contingente → contraparte → costo → riesgo residual. Solamente después puede Ingeniería Financiera seleccionar instrumentos tradicionales, seguros, garantías, contratos contingentes o nuevas estructuras.

Una exposición económicamente derivable puede no ser jurídicamente un derivado, no tener mercado, carecer de contraparte o producir un riesgo de base inaceptable. Por eso derivabilidad es una prueba exploratoria, no una conclusión.

| Familia | Ejemplos | Posibles tratamientos |
|---|---|---|
| Mercado | Precio, tasa, moneda, commodities | Retener, contratos, forwards, futuros, opciones, swaps. |
| Crédito y contraparte | Incumplimiento, concentración, liquidación | Garantías, límites, seguros, colateral, diversificación. |
| Liquidez | Descalce, salida, falta de mercado | Reservas, líneas, escalonamiento, creación de mercado. |
| Operación y | Procesos, ciberseguridad, datos, oráculos | Controles, redundancia, auditoría, proveedores alternos. |

| Familia | Ejemplos | Posibles tratamientos |
|---|---|---|
| tecnología | | |
| Legal y regulatorio | Ejecutabilidad, licencias, conflicto de leyes | Rediseño contractual, entidad autorizada, jurisdicción. |
| Evento | Clima, disponibilidad, interrupción | Seguro, instrumento paramétrico, contrato contingente. |

### 5.2.2 Filtro de decisión de estructurabilidad

**Regla de estructurabilidad**

Un problema es candidato al FPEF cuando su descomposición permite identificar relaciones económicas suficientes entre Capital, Flujos, Derechos y/o Riesgos para formular al menos una arquitectura coherente susceptible de evaluación mediante Ingeniería Financiera.

## 5.3 Fase 3. Ingeniería Financiera

Ingeniería Financiera diseña las arquitecturas económicas. Puede seleccionar, combinar, adaptar o estructurar capital accionario, deuda, instrumentos híbridos, fondos, vehículo de propósito especial, garantías, titulización, reservas, colateral, derivados, contratos contingentes u otros mecanismos pertinentes.

La fase asigna quién aporta Capital, quién recibe Flujos, quién posee Derechos, quién absorbe pérdidas, qué riesgos se retienen o transfieren, qué prioridad corresponde a cada participante y qué condiciones activan pagos o terminación.

El resultado no es todavía una Solución FPEF. Es una o más arquitecturas económicas que deben pasar por Capa de Tecnología.

## 5.4 Fase 4. Capa de Tecnología

Capa de Tecnología no equivale a software. Es la capa de operacionalización y viabilidad. Determina cómo una arquitectura puede originarse, financiarse, distribuirse, ejecutarse, verificarse, regularse, contabilizarse, gobernarse, validarse, operarse, liquidarse y potencialmente escalarse.

Puede incorporar plataformas, financiación colectiva, nube, interfaces de programación de aplicaciones, automatización, IA, tecnología de registro distribuido, tokenización, contratos inteligentes u oráculos, pero solo cuando resuelven una fricción concreta. La ausencia de tecnología nueva puede ser un resultado válido.

| Componente | Pregunta | Prueba |
|---|---|---|
| Originación | ¿Cómo ingresan participantes, activos, proyectos y datos? | Identidad, conocimiento del cliente y de la empresa, permisos, sala de datos. |
| Financiación y distribución | ¿Cómo se conecta capital con la estructura? | Canales institucionales, fondos, plataformas, financiación colectiva. |
| Infraestructura | ¿Qué sistemas ejecutan y registran? | interfaces de programación de aplicaciones, sistema de planificación de recursos empresariales, nube, tecnología de registro distribuido, automatización. |
| Regulación y contabilidad | ¿Puede operar jurídicamente y cómo se reconoce? | Clasificación, licencias, contratos, medición. |
| Gobernanza | ¿Quién decide, controla, verifica y responde? | Roles, conflictos, auditoría, continuidad. |

| Componente | Pregunta | Prueba |
|---|---|---|
| Validación | ¿Funciona bajo escenarios reales y adversos? | Modelo financiero, prueba de tensión, operación, seguridad. |
| Liquidación | ¿Cómo se cumplen y concilian obligaciones? | Pagos, custodia, colateral, liquidación. |
| Escalabilidad potencial | ¿Puede aumentar volumen sin perder control? | Capacidad, interoperabilidad, liquidez, costos. |

## 5.5 Alternativas posibles FPEF

El resultado conjunto de Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología es un conjunto de configuraciones suficientemente coherentes y viables para ser comparadas. No son soluciones definitivas. Una alternativa puede ser tradicional, híbrida, tecnológica o la decisión de mantener la estructura existente.

## 5.6 Fase 5. Comparación

Comparación responde si una alternativa debería convertirse en Solución FPEF. Considera, según el problema, no intervenir, situación actual, solución tradicional, mejora incremental y Alternativas posibles FPEF.

Los criterios pueden incluir efectividad, costo, retorno, riesgo, liquidez, acceso, complejidad, regulación, operación, resiliencia, transparencia, sostenibilidad y autosostenibilidad. El resultado puede ser APROBADO, REDISEÑO, EN ESPERA o RECHAZADO.

## 5.7 Fase 6. Solución FPEF

La alternativa seleccionada después de Comparación se reconoce como Solución FPEF. Es específica al problema y puede ser un instrumento sencillo, una combinación contractual, una arquitectura financiera o un modelo financiero-tecnológico integral.

## 5.8 Fase 7. Implementación

Implementación convierte la solución seleccionada en operación. La modularidad se define únicamente aquí. Puede utilizar pilotos, módulos productivos, regiones, grupos de participantes, instrumentos o componentes tecnológicos.

La implementación progresiva no es obligatoria. Se utiliza cuando reduce exposición, genera evidencia, permite aprendizaje o habilita autosostenibilidad sin destruir economías de escala.

## 5.9 Fase 8. Seguimiento y Evaluación post-implementación

La última fase contrasta el diseño con resultados reales. Evalúa desempeño económico, Flujos, Riesgos, funcionamiento de Capa de Tecnología, cumplimiento, gobernanza y resultados sobre el problema original.

La autosostenibilidad se examina en tres dimensiones: económica, operativa y evolutiva. Con base en evidencia, la decisión puede ser mantener, ajustar, ampliar, reducir, reestructurar o terminar. La escalabilidad potencial identificada antes de Implementación solo se convierte en escalamiento efectivo cuando esta fase lo justifica.

| Decisión | Significado |
|---|---|
| APROBADO | La propuesta supera el filtro de decisión. |
| REDISEÑO | Existe potencial, pero requiere modificación. |
| EN ESPERA | Falta información o una condición objetiva. |

| Decisión | Significado |
|---|---|
| RECHAZADO | No es estructurable, viable, conveniente o superior. |

# 6. Alcance, límites y criterios de descarte

| Criterio | Descripción |
|---|---|
| No estructurable | No existe una relación económica suficiente entre Capital, Flujos, Derechos y/o Riesgos. |
| Irrelevancia financiera | Puede construirse una estructura, pero no contribuye materialmente a resolver el problema. |
| Riesgo residual inaceptable | La transferencia o transformación crea una exposición incompatible con los beneficios. |
| Inviabilidad | La arquitectura no supera requisitos jurídicos, regulatorios, contables, operativos o tecnológicos. |
| Sobreestructuración | La complejidad, costo o dependencia excede el valor creado. |
| Alternativa superior | La situación actual, una mejora incremental o una solución tradicional resuelve mejor el problema. |
| Datos insuficientes | No existe evidencia para valorar Capital, Flujos, Derechos o Riesgos con una confianza razonable. |
| Confusión entre capacidad y demanda | La capacidad técnica se interpreta erróneamente como producción, ventas o cobro asegurados. |

# 7. Aplicación del FPEF

Los casos se utilizan para probar el comportamiento del marco. El caso de la planta embotelladora emplea cifras aportadas; los demás son pruebas conceptuales basadas en literatura y no estudios de inversión.

## 7.1 Caso principal: expansión de una planta embotelladora de agua

La planta produce 30.000 litros al año y plantea invertir USD 5 millones para alcanzar 18.662.400 litros anuales. La meta equivale a multiplicar la producción actual por 622,08. El incremento anual propuesto es de 18.632.400 litros y la inversión corresponde aproximadamente a USD 0,268 por litro de capacidad anual incremental.

La formulación inicial trataba el problema como necesidad de Capital. El FPEF reveló que la variable crítica era la coordinación entre capacidad productiva, demanda, distribución, permisos, derechos sobre la fuente de agua, calidad, logística, capital de trabajo y riesgo de ejecución. Capacidad instalada no equivale a producción, volumen vendido ni volumen cobrado.

La descomposición identificó activos y derechos sobre agua, instalaciones, contratos comerciales y cuentas por cobrar; Flujos de ventas y costos de envases, energía, transporte y personal; y Riesgos de demanda, construcción, insumos, moneda, tasa, crédito, logística, concentración y reputación ambiental.

Ingeniería Financiera produjo alternativas de capital accionario completo, deuda completa, financiación híbrida por usos, expansión modular, contratos de compra combinados con financiación y financiación colectiva como componente complementario. Capa de Tecnología agregó sala de datos, permisos, sistemas de producción, trazabilidad, control de calidad, sistema de planificación de recursos empresariales, validación comercial, gobernanza y desembolsos por hitos.

La comparación preliminar favoreció una arquitectura híbrida y modular, con Capital subordinado o capital accionario para riesgo inicial, deuda o arrendamiento financiero para activos identificables y una línea de

capital de trabajo vinculada a inventarios y cuentas por cobrar. El desembolso total no debería suponerse automático; heredaría condiciones de demanda, permisos, margen, producción y distribución.

**Resultado del caso**

APROBADO con REDISEÑO del planteamiento financiero original. La prueba valida la utilidad diagnóstica y de diseño del FPEF, pero no demuestra todavía la rentabilidad, suficiencia del inversión de capital ni bancabilidad del proyecto.

| Variable | Dato | Lectura FPEF |
|---|---|---|
| Producción actual | 30.000 L/año | Escala operativa actual muy distante de la meta. |
| Meta | 18.662.400 L/año | Debe separarse capacidad, producción, venta y cobro. |
| Multiplicador | 622,08x | La expansión es una nueva escala empresarial. |
| inversión de capital declarado | USD 5 millones | Debe descomponerse por uso, plazo y riesgo. |
| inversión de capital/capacidad incremental | USD 0,268/L-año | Indicador preliminar; no demuestra costo total ni rentabilidad. |

## 7.2 Agricultura: financiación y riesgo climático

Un productor o agregador necesita Capital para una campaña, mientras sus Flujos dependen de cosecha futura y sus Riesgos incluyen clima, producción, precio y crédito. Los Derechos pueden comprender la cosecha, contratos de compra y cuentas por cobrar.

La derivabilidad examina si un índice de lluvia, temperatura u otra variable observable refleja razonablemente la exposición. Los contratos meteorológicos indexados documentados por el Banco Mundial pueden pagar cuando un índice cruza un umbral, pero introducen riesgo de base: la pérdida real puede no coincidir con el pago del índice.

Las alternativas pueden combinar crédito agrícola, contrato de compra, seguro, cobertura de precio y estructura indexada. El resultado metodológico es APROBADO, condicionado a la calidad del índice, correlación con pérdidas, costo y regulación.

## 7.3 Energía e infraestructura

Los proyectos intensivos en Capital dependen de Flujos futuros, contratos, concesiones y asignación de Riesgos de construcción, terminación, desempeño, operación, demanda, precio y contraparte.

La guía de riesgo de PPP del Banco Mundial sostiene que los riesgos deben identificarse, asignarse y administrarse y que la asignación debe recaer en la parte mejor situada para gestionarlos de manera costo-efectiva. El FPEF coincide con esta lógica y la conecta con Derechos, Capa de Tecnología e Implementación.

Las alternativas pueden incluir capital del patrocinador, deuda corporativa, financiación de proyectos, contratos de compra, garantías y financiación por hitos. El resultado metodológico es APROBADO y demuestra que la asignación de Riesgos puede ser más determinante que el monto de Capital.

## 7.4 Comercio internacional

El exportador y el importador enfrentan diferencias temporales, documentales, crediticias y cambiarias. Capital aparece como capital de trabajo; los Flujos corresponden al pago; los Derechos recaen sobre mercancías, documentos y cuentas por cobrar; y los Riesgos incluyen crédito, moneda, país, logística y tiempo.

El FPEF puede seleccionar instrumentos tradicionales como carta de crédito, factoring, forfaiting, garantías o coberturas sin exigir una innovación. Este caso demuestra Integración sobre reinvención y confirma que una Solución FPEF puede ser una estructura existente si resulta superior.

### 7.5 Problema originalmente no financiero: interrupción por clima

Una operación pierde utilización de un activo productivo cuando ocurre un evento climático. El problema se presenta inicialmente como interrupción operacional. El FPEF identifica pérdida de Flujos, necesidad contingente de Capital, Derechos contractuales y un Riesgo potencialmente medible mediante un índice.

Si existe una relación suficientemente fuerte entre índice y pérdida, pueden explorarse seguros, contratos paramétricos o derivados indexados. Si la relación es débil o el riesgo de base es alto, el marco debe rechazar esa vía. El caso demuestra que un problema no financiero puede contener una exposición económicamente estructurable, pero no que toda interrupción deba financiarizarse.

## 8. Hallazgos transversales

| Caso | Capital | Flujos | Derechos | Riesgo dominante | Resultado |
|---|---|---|---|---|---|
| Embotelladora | inversión de capital + capital de trabajo | Ventas futuras | Agua, activos, cobros | Demanda y ejecución | APROBADO + REDISEÑO |
| Agricultura | Campaña | Cosecha/venta | Cosecha y contratos | Clima, producción, precio | APROBADO condicionado |
| Infraestructura | Construcción | Ingresos de largo plazo | Concesión/contratos | Construcción y operación | APROBADO |
| Comercio | Working capital | Cobro comprador | Mercancía/documentos | Crédito, cambio de divisas, tiempo | APROBADO con solución existente posible |
| Interrupción | Liquidez contingente | Ingresos perdidos | Contratos/seguro | Evento climático | APROBADO o RECHAZADO según riesgo de base |

Los casos sugieren que Capital no siempre domina. En infraestructura, la asignación de Riesgos puede definir la bancabilidad; en comercio, los Derechos documentales y crediticios pueden ser centrales; en agricultura, el problema puede depender de la correspondencia entre un índice y la pérdida económica.

La derivabilidad amplía el espacio de preguntas, pero no predetermina instrumentos. Un riesgo puede ser medible y aun así carecer de mercado, contraparte, cobertura costo-eficiente o clasificación jurídica adecuada.

La Capa de Tecnología puede aumentar acceso, trazabilidad o automatización, pero también introducir costos, dependencias y vulnerabilidades. Por ello, la tecnología se selecciona después del diseño económico y debe superar validación y comparación.

La prueba principal apoya la tesis metodológica del FPEF: la descomposición común produjo alternativas específicas y reveló supuestos ocultos. No demuestra universalidad ni superioridad automática.

## 9. Discusión

La utilidad del FPEF depende de disciplinar el orden de análisis. Cuando se comienza por un producto, existe riesgo de adaptar artificialmente el problema para justificarlo. Cuando se comienza por un problema, la

descomposición puede demostrar que una solución tradicional es suficiente, que se necesita una arquitectura híbrida o que no existe estructurabilidad.

La noción de Derechos merece especial atención. Muchos problemas se describen mediante activos o capital, pero el valor financiable puede residir en derechos de cobro, concesiones, licencias, contratos o participaciones. Del mismo modo, los Flujos evitados - pérdidas prevenidas o ahorros - pueden ser económicamente relevantes aunque no sean ingresos directos.

La separación entre Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología también resulta material. Una estructura económica puede ser coherente en teoría y fracasar por regulación, operación, datos, gobernanza, liquidación o adopción. Inversamente, una plataforma técnicamente avanzada no corrige un modelo económico defectuoso.

El FPEF queda abierto a iteración. Seguimiento y Evaluación puede devolver la solución a fases anteriores cuando cambian el problema, los Riesgos, la regulación o la economía. La metodología no debe utilizarse como una secuencia rígida que ignore retroalimentación.

# 10. Limitaciones

**Datos:** La calidad de la descomposición depende de información confiable. Supuestos incorrectos sobre demanda, costos o Derechos invalidan el diseño.

**Modelos:** Valoración, correlación, volatilidad y pruebas de tensión contienen incertidumbre. La estructura puede amplificar errores.

**Derivabilidad:** Una exposición identificable puede no tener mercado, contraparte, regulación adecuada o relación suficiente con la pérdida.

**Jurisdicción:** Clasificación jurídica, licencias, impuestos, contabilidad y protección de participantes varían.

**Tecnología:** La posibilidad técnica no demuestra superioridad económica. Interoperabilidad, liquidación, ciberseguridad y dependencia deben evaluarse.

**Ejecución:** Gobernanza, adopción, operación y contraparte pueden impedir que una arquitectura viable produzca resultados.

**Generalización:** Cinco casos no demuestran universalidad. Se requiere replicación empírica sobre problemas reales y seguimiento longitudinal.

# 11. Conclusiones

1. El FPEF supera una prueba conceptual inicial como metodología de diagnóstico y diseño. En la planta embotelladora transformó una solicitud genérica de USD 5 millones en un problema de escala, demanda, Derechos, Flujos, Riesgos, ejecución y capital de trabajo.
2. La descomposición Capital + Flujos + Derechos + Riesgos funcionó como lenguaje intermedio en los cinco casos. Esto no demuestra que sea exhaustiva para todo problema; demuestra que es suficientemente útil para los casos examinados.
3. La separación entre Ingeniería Financiera y Capa de Tecnología evita confundir la solución económica con su mecanismo de implementación. También permite que regulación, contabilidad, gobernanza y validación formen parte de la viabilidad y no aparezcan como revisiones tardías.
4. Comparación antes de Solución FPEF es metodológicamente coherente: las arquitecturas viables son alternativas hasta que una sea seleccionada frente a opciones pertinentes.
5. La modularidad puede disminuir exposición y generar evidencia, pero no es siempre superior. Puede incrementar costo o destruir economías de escala. Por eso se decide dentro de Implementación.
6. La autosostenibilidad es un objetivo condicionado, no una propiedad presumida. Solo Seguimiento y Evaluación post-implementación puede aportar evidencia de sostenibilidad económica, operativa y evolutiva.

7. La contribución propuesta del FPEF se encuentra en la integración y el orden: problema real, descomposición económica, diseño, operacionalización, comparación, implementación y evaluación.

**Afirmación final**

El FPEF no busca convertir todo problema en un producto financiero. Busca determinar cuándo un problema es económicamente estructurable, qué alternativas pueden construirse y cuál merece convertirse en solución.

# 12. Agenda de investigación futura

**Replicación empírica:** Aplicar FPEF a una muestra mayor de problemas reales, con datos verificables y resultados comparables.

**Derivabilidad no convencional:** Definir criterios estadísticos, jurídicos y económicos para exposiciones basadas en eventos, intangibles, indicadores y Derechos.

**Autosostenibilidad:** Medir longitudinalmente si las Soluciones FPEF financian o habilitan su mantenimiento, evolución y escalamiento.

**Modularidad:** Estudiar cuándo fases reducen riesgo y cuándo incrementan costo o sacrifican escala.

**Jurisdicciones:** Aplicar la misma arquitectura en marcos regulatorios diferentes para identificar sensibilidad jurídica.

**Tecnología:** Comparar infraestructura convencional, plataformas, tecnología de registro distribuido y tokenización según costo, control, interoperabilidad y valor neto.

**Gobernanza:** Estudiar cómo diferentes mecanismos de decisión y control afectan desempeño y riesgo residual.

# 13. Referencias

Banco de Pagos Internacionales. (2025). Next-generation monetary and financial system takes shape, based on a tokenised unified ledger. [Fuente]

Banco de Pagos Internacionales & Comité de Pagos e Infraestructuras del Mercado. (2024). Tokenisation in the context of money and other assets: Concepts and implications for central banks. [Fuente]

Belleflamme, P., Lambert, T., & Schwienbacher, A. (2014). Crowdfunding: Tapping the right crowd. Journal of Business Venturing, 29(5), 585-609. [Fuente]

Comité de Pagos e Infraestructuras del Mercado & Organización Internacional de Comisiones de Valores. (2012). Principles for financial market infrastructures. [Fuente]

Comité sobre el Sistema Financiero Global & Consejo de Estabilidad Financiera. (2017). FinTech credit: Market structure, business models and financial stability implications. [Fuente]

Coval, J., Jurek, J., & Stafford, E. (2009). The economics of structured finance. Journal of Economic Perspectives, 23(1), 3-25. [Fuente]

Ehrentraud, J., Garcia Ocampo, D., & Quevedo Vega, C. (2020). Regulating fintech financing: Digital banks and fintech platforms. FSI Insights No. 27. [Fuente]

Fender, I., & Mitchell, J. (2005). Structured finance: Complexity, risk and the use of ratings. BIS Quarterly Review, June. [Fuente]

Consejo de Estabilidad Financiera. (s. f.). Innovación financiera. [Fuente]

Finnerty, J. D. (1988). Financial engineering in corporate finance: An overview. Financial Management, 17(4), 14-33. [Fuente]

Fundación de Normas Internacionales de Información Financiera. (2026). NIIF 9 Instrumentos financieros. [Fuente]

Organización Internacional de Comisiones de Valores. (2025). Tokenization of financial assets: Final report (FR/17/2025). [Fuente]

Lerner, J., & Tufano, P. (2011). The consequences of financial innovation: A counterfactual research agenda. Annual Review of Financial Economics, 3, 41-85. [Fuente]

Merton, R. C. (1995). Financial innovation and the management and regulation of financial institutions. Journal of Banking & Finance, 19(3-4), 461-481. [Fuente]

Merton, R. C., & Bodie, Z. (2005). The design of financial systems: Towards a synthesis of function and structure. Journal of Investment Management, 3(1), 1-23. [Fuente]

Schwarcz, S. L. (2011). Titulización y finanzas estructuradas. En Encyclopedia of Financial Globalization. [Fuente]

Banco Mundial. (2011). Weather index insurance for agriculture: Guidance for development practitioners. [Fuente]

Banco Mundial. (2023). Index-based weather derivative: Product note. [Fuente]

Grupo Banco Mundial. (s. f.). Risk allocation in public-private partnerships. PPP Resource Center. [Fuente]

# Anexo A. Canvas operativo FPEF

| Elemento | Contenido mínimo |
|---|---|
| 1. Problema | Resultado esperado, actores, impacto, restricciones. |
| 2. Capital | Monto, plazo, prioridad, costo, capacidad de pérdida. |
| 3. Flujos | Origen, receptor, moneda, frecuencia, volatilidad, condición. |
| 4. Derechos | Titular, obligado, transferibilidad, ejecutabilidad, prioridad. |
| 5. Riesgos | Causa, exposición, probabilidad, impacto, tratamiento, residual. |
| 6. Derivabilidad | Variable/evento, medibilidad, evento activador, pago contingente, contraparte, riesgo de base. |
| 7. Ingeniería Financiera | Instrumentos, prelación de pagos, colateral, compromisos financieros, salida. |
| 8. Capa de Tecnología | Originación, plataforma, regulación, validación, operación, liquidación. |
| 9. Alternativas | Configuraciones que pasan a Comparación. |
| 10. Comparación | Criterios, baseline, trade-offs, decisión. |
| 11. Solución | Arquitectura seleccionada. |
| 12. Implementación | Hitos, módulos, responsables, presupuesto. |
| 13. Seguimiento | indicadores clave de desempeño, Riesgos, autosostenibilidad, evolución, escalamiento. |

# Anexo B. Ficha de Riesgo y Derivabilidad

| Campo | Registro |
|---|---|
| Riesgo y origen | |
| Actor expuesto | |
| Variable/subyacente/evento | |
| Datos y fuente | |
| Probabilidad/impacto | |
| Tratamiento actual | |
| Retener/reducir/compartir/transferir/cubrir/evitar | |
| Evento activador y pago contingente potencial | |
| Contraparte potencial | |
| Costo | |
| Basis risk | |
| Clasificación jurídica pendiente | |
| Riesgo residual | |

# Anexo C. Plantilla de Seguimiento y Evaluación

| Dimensión | Pregunta de evaluación |
|---|---|
| Resultados | ¿La solución reduce el problema según la métrica acordada? |
| Finanzas | Flujos, retornos, pérdidas, liquidez, servicio de obligaciones. |
| Riesgos | Previstos, materializados, nuevos, transferidos y residuales. |
| Tecnología y operación | Disponibilidad, errores, seguridad, excepciones, costos. |
| Cumplimiento | Regulación, contabilidad, contratos, gobernanza. |
| Autosostenibilidad económica | Recursos generados o habilitados frente a costos. |
| Autosostenibilidad operativa | Capacidad de mantener personas, procesos e infraestructura. |
| Autosostenibilidad evolutiva | Datos, capital, capacidades e infraestructura para evolucionar. |
| Decisión | Mantener, ajustar, ampliar, reducir, reestructurar o terminar. |

# Nota editorial

Este libro blanco consolida la versión canónica del FPEF desarrollada durante el proceso de definición metodológica. Las referencias se presentan en formato académico normalizado. Antes de publicación externa, se recomienda revisión independiente por especialistas en finanzas, derecho, contabilidad, regulación, tecnología, gestión de riesgos y metodología de investigación.