

MANIFIESTO OpenFusion Frontier

Fusion Reactor LinealFRC6T Gatling (CERN-DOI-REGISTERED)

© <https://openfusionfoundation.org>

2026

Contents

MANIFIESTO FUNDACIONAL: OpenFusionFrontier	1
1. Los 4 Pilares: Nuestra Visión	2
2. Las 9 Metas Prácticas (Menos promesas, más pragmatismo)	3
3. La Convocatoria: Ensúciate las manos	4
4. Gobernanza: Cómo nos organizamos sin caer en el caos	4
5. Del PDF al Acero (El dinero y el mundo real)	5
6. El Método AAA (Arquitecto-Asistente-Auditories)	5
7. A modo de cierre	6
ANEXO E.1. Escudo contra el escepticismo (Justificación Técnica y Financiera)	7
1. La Trampa Lineal y el Límite Cinemático (30 ms y 80 m)	7
2. El Muro de Gas y la Saturación del Vacío (El límite de 7.5 segundos)	8
3. El Espejismo Algorítmico y la Escala de Suministros (Cero <i>Unobtainium</i>)	9
4. El Foso Defensivo del Código Abierto (Escala Financiera)	9
5. El Vacío Legal (Responsabilidad y Gobernanza)	9
ANEXO E.2. Mapa de Problemas Abiertos (Una posible “guía” para “directores de tesis”)	10
PARTE I: LA LÍNEA BALÍSTICA (Fase a Fase)	10
PARTE II: LOS SUBSISTEMAS DE PLANTA (La Macro-Ingeniería)	11
El Whitepaper: La verdadera cantera de investigación	13

MANIFIESTO FUNDACIONAL: OpenFusionFrontier

- **Proyecto:** Planta de Fusión “RIF-v101” (*Resilient Industrial Fusion*)
- **Arquitectura:** Reactor de Fusión LinealFRC6T-Gatling(30+10)-Hybrid
- **Autor:** (c) Leopoldo Cano Guardiola - leo@ulogicmind.ai - (DOI-Registered)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.22070202>
- **OpenFusion Frontier** <https://openfusionfoundation.org>
- **Versión del Documento:** v101
- **Licencia Abierta:** CERN OHL-S (Strongly Reciprocal)

Conseguir que la fusión nuclear sea comercial y viable es, probablemente, el mayor dolor de cabeza técnico al que nos hemos enfrentado nunca. Durante décadas, miles de investigadores brillantes han empujado los límites de la física para acercarnos a la meta. Su trabajo es heroico. Pero creemos que un problema de esta brutal escala no se va a resolver a puerta cerrada.

OpenFusionFrontier nace de una idea muy simple: los problemas hipercomplejos requieren inteligencia colaborativa. Si el código abierto fue capaz de construir la infraestructura de software que hoy sostiene el mundo (Linux, internet, servidores), es hora de aplicar esa misma lógica a la calderería pesada y la termodinámica.

No estamos construyendo el diseño de este reactor para esconderlo en una caja fuerte. Apostamos por geometrías lineales aburridas, por piezas de catálogo y por usar la Inteligencia Artificial como una excavadora inagotable. Lo liberamos bajo código abierto (CERN OHL-S) porque queremos que la humanidad sea dueña de los planos.

Un apunte antes de empezar:

- *El diseño de este reactor (RIF v101) no es el “invento” de un individuo solitario. Es, en realidad, un ejercicio masivo de ensamblar un puzzle. Las piezas -la física empírica de plasmas, la criogenia, la ciencia de materiales- ya existían porque son el conocimiento puro generado durante décadas por incontables investigadores, laboratorios y organizaciones de todo el mundo.*
- *Mi papel en este proyecto ha sido el de ensamblador (más algunas aportaciones propias para dirigir el diseño hacia una geometría y modo de funcionamiento específico). La Inteligencia Artificial me ha proporcionado una fuerza bruta de cálculo inabarcable, pero la IA carece por completo de pensamiento lateral. No sabe inventar nuevos paradigmas. Mi contribución ha sido aportar la “inteligencia natural”, la intuición necesaria para sacar el diseño del bucle tradicional y encontrar el camino para que esas piezas encajen en una arquitectura lineal y viable.*
- *Trazar este mapa termodinámico es un hito, pero soy pragmático. Coordinar la evolución de este sistema y escalar una red colaborativa a nivel global exige un ancho de banda que supera a cualquier individuo. Un proyecto hipercomplejo liderado por una sola persona nace muerto. Por ello, este manifiesto es también una llamada al relevo directivo. OpenFusionFrontier busca profesionales que no solo auditen ecuaciones, sino que tengan la experiencia para coordinar equipos, estructurar el comité técnico (el “Kernel”) y liderar la Fundación. El diseño v101 es el campo base inicial. Si tienes la capacidad de organizar la expedición técnica y guiarla hacia el acero, las puertas están abiertas para que asumas el mando. Quien firma este documento es solo el arquitecto inicial; el verdadero protagonista de esta historia será la red que lo construya.*

1. Los 4 Pilares: Nuestra Visión

- **(QUÉ) Un reactor de fusión de código abierto** El corazón de este proyecto es la Planta-RIF y el diseño del reactor lineal Gatling (30+10). No buscamos proteger un secreto, sino poner a prueba un

diseño. Es una máquina lineal, modular y tosca, licenciada bajo CERN OHL-S. El objetivo es entregar 200 MWe netos a la red (escalable a 271 MWe en picos) usando ingeniería que se pueda construir hoy, sin esperar a materiales mágicos que no existen.

- **(QUIÉN) La gente que quiere construir cosas reales** Queremos sacar el talento de los cajones. Si eres estudiante, investigador o ingeniero, tienes la oportunidad de salir de la teoría pura y manchar las manos en un proyecto con impacto real. Aquí tu talento se materializa en resolver la fatiga de una aleación, optimizar una bomba de vacío o calcular el ángulo de un campo magnético que terminará en un plano de fabricación.
- **(CÓMO) Metodología AAA: Humanos e IA trabajando juntos** Domesticar la fusión exige una forma de trabajar distinta. Usamos el marco AAA: el **Arquitecto** (la persona que aporta el sentido común y la intuición), el **Asistente** (la IA que procesa datos masivos y cuadra ecuaciones sin cansarse) y los **Auditores** (la comunidad de pares que revisa que la máquina no esté alucinando cosas imposibles). Juntos, evitamos la parálisis por análisis.
- **(POR QUÉ) Soberanía y sentido común** La energía dicta lo que una sociedad puede o no puede hacer. Al abrir estos planos, el conocimiento atómico deja de ser el monopolio de unos pocos países. Queremos que cualquier consorcio o nación tenga el mapa necesario para montar su propia planta, bajar el precio de la energía y dejar de depender de quemar cosas para mantener las luces encendidas.

2. Las 9 Metas Prácticas (Menos promesas, más pragmatismo)

1. **Viabilidad Pragmática:** Huimos del donut estático (Tokamak). Diseñamos un tubo recto donde el plasma vuela. Es mucho más fácil lidiar con el calor y las presiones si el fuego termonuclear está en movimiento.
2. **Sistema “Gatling” (Resiliencia pura):** No podemos permitirnos apagones. Por eso no hacemos un tubo gigante, sino 40 tubos independientes. 30 disparan de forma secuencial y 10 descansan regenerando su vacío. Es el principio de un bloque motor multicilíndrico aplicado a la fusión nuclear.
3. **Aprovecharlo todo:** Sacamos la energía por partida doble. Frenamos el plasma magnéticamente para generar electricidad directa (DEC) y usamos las paredes de sal fundida (FLiBe) para atrapar el inmenso calor de los neutrones y mover turbinas de CO2 comercial.
4. **Perfeccionar la herramienta AAA:** Construir el reactor es importante; afinar el método de trabajo entre humanos y modelos de IA para resolver problemas estancados es vital. Es nuestro nuevo motor de innovación.
5. **Conocimiento Ejecutable (“Knowledge-as-Code”):** Basta de PDFs muertos. Documentamos cada avance con ecuaciones y parámetros que la IA pueda leer, comprender e integrar directamente en su próxima simulación.
6. **Modularidad de astillero:** La planta está dividida en cartuchos. Si un módulo se rompe, una grúa

lo saca y mete otro en caliente. Esto permite que grupos distintos trabajen a la vez en partes aisladas del reactor sin pisarse.

7. **Solo tecnología de catálogo (COTS):** Si un componente no se puede comprar, forjar o adaptar usando la industria petroquímica, naval o aeroespacial actual, se descarta el diseño. Cero ciencia ficción.
8. **Documentar los fracasos:** A veces, saber por dónde *no* ir es más útil que acertar. Registramos rigurosamente cada cálculo fallido y cada “vía muerta” para que nadie en la comunidad vuelva a perder tiempo tropezando en la misma piedra.
9. **El Gemelo Digital Empírico:** Antes de verter un solo gramo de hormigón, el diseño tiene que cuadrar en simuladores alimentados con datos industriales reales y aburridos. Esa es la única forma de que una agencia reguladora nos mire a la cara.

3. La Convocatoria: Ensúciate las manos

Esto es una llamada a filas. Al ingeniero veterano que se aburre en su oficina, al investigador asfixiado por la burocracia y al profesional que quiere tener un impacto real. La historia no se mira desde la barrera.

Pero, muy especialmente, esto es una invitación abierta al **mundo académico**.

Cada año se redactan miles de Trabajos de Fin de Grado (TFG), tesis de máster y doctorados que terminan acumulando polvo en un archivo digital que casi nadie lee. Cambiemos eso. Invitamos a los estudiantes y a sus directores de tesis a usar esta arquitectura como su campo de pruebas. Si vas a dedicar meses a calcular la fatiga térmica de un material o a simular la dinámica de fluidos de una sal fundida, hazlo sobre un problema vivo. Que tu tesis sirva para optimizar el campo magnético de una tobera o el flujo laminar del FLiBe. Dadle a ese esfuerzo académico un propósito que acabe convertido en acero (y añade tu nombre al de los ingenieros y físicos que acaben solucionando finalmente los problemas de construcción reales).

Entrar en este proyecto no es un paseo. Te obligará a repasar física, a domar a la Inteligencia Artificial para que no se invente los datos, y a defender tus números ante una comunidad que no perdona un error de cálculo. Pero es el mejor gimnasio mental del mundo.

Únete a la red. Un pequeño ajuste en la dinámica de fluidos de una válvula o la corrección termodinámica de un refrigerante son victorias reales. Tu nombre quedará en el repositorio de la máquina. Aquí tienes un plano abierto, un montón de problemas técnicos esperando a alguien con sentido común, y un propósito a la altura de tu talento.

4. Gobernanza: Cómo nos organizamos sin caer en el caos

Para que miles de personas diseñen una central nuclear sin que el proyecto se convierta en un caos de reuniones interminables, copiamos la estructura del software libre:

- **La Fundación (OpenFusionFrontier):** Es el paraguas legal e institucional (openfusionfoun-

dation.org). Paga los servidores, protege la licencia abierta y habla con los adultos (gobiernos, reguladores e inversores).

- **El “Kernel” (Comité Técnico):** Un grupo central de mantenedores que ensamblan las piezas aportadas por la comunidad y aseguran que la física siga cuadrando.

No votamos la física por mayoría, usamos la meritocracia matemática. Nadie llega al Kernel por carisma. Llegas si tus ecuaciones cuadran, si tus nodos de conocimiento funcionan y si tus soluciones sobreviven al ataque de los Auditores. Si tienes razón, tu código entra. Si no, se descarta.

Pero seamos claros: este modelo no está esculpido en piedra. Es una idea germinal, un organismo en movimiento. Coordinar la inteligencia de miles de personas a escala global es, en sí mismo, un sistema hipercomplejo. Al igual que iteramos la termodinámica del reactor, la propia Fundación estudiará y afinará constantemente estas reglas de autoorganización. El objetivo es descubrir cómo canalizar el talento colectivo sin que la burocracia lo asfixie. Construir la máquina es el reto técnico; construir la red humana capaz de diseñarla es nuestro verdadero experimento.

5. Del PDF al Acero (El dinero y el mundo real)

Una cosa es ser ingeniero, y otra iluso: Sabemos que escribir ecuaciones es gratis, pero verter miles de toneladas de hormigón y comprar imanes superconductores cuesta miles de millones.

No tenemos nada en contra del capital privado ni de las empresas energéticas; de hecho, necesitamos que entren. El acuerdo es simple: OpenFusionFrontier elimina el riesgo inmenso de la “hoja en blanco”. Les entregamos la arquitectura, la física base y los planos iniciales. A cambio de usar este diseño gratis para ganar dinero vendiendo energía, la licencia les obliga a que los datos empíricos de la planta real vuelvan en abierto a la red. Ellos rentabilizan una infraestructura monumental y la humanidad hereda la tecnología.

6. El Método AAA (Arquitecto-Asistente-Auditories)

Si quieres sobrevivir a la hipercomplejidad trabajando con una IA, las reglas del flujo de trabajo deberán ser las siguientes (**Método de Innovación AAA (Arquitecto-Asistente-Auditores)**):

- **La arquitectura la impone el humano:** La IA está programada para proponer exclusivamente lo que ya existe y lo estadísticamente popular. El arquitecto humano tiene la obligación ineludible de aportar la intuición y dar el salto lateral.
- **La IA es la excavadora pesada:** Cuando te enfrentas a problemas específicos la máquina buceará en el infinito del conocimiento humano. Te dirá exactamente qué *aleación dopada soluciona tu fricción estructural*. No inventa nada nuevo, pero localiza lo que ya existe a una velocidad sobrehumana.
- **El algoritmo Red-Team:** Si le pides a la IA que valide tu diseño, te dará la razón complacientemente y te dirá que eres un genio. Ese es el camino directo al fracaso. Tienes que ordenarle que busque vulnerabilidades y que intente destruir tu arquitectura sin piedad. Solo después de ese ataque ad-

versario, debes exigirle que proponga soluciones en un límite estricto de tres iteraciones.

- **Deriva frente a Convergencia:** Es natural pensar que iterar infinitas veces con la IA refinará el diseño progresivamente. Es una mentira peligrosa. Sin anclajes, el modelo de lenguaje sufre una “deriva” progresiva hacia absurdos de todo tipo. Para obligar a la máquina a converger, tienes que clavar **Axiomas Inviolables** en la pared y documentar una lista estricta de **Vías Muertas**. Estas son soluciones fallidas que la máquina tiene absolutamente prohibido volver a proponer.
- **Entiende la música, ignora la letra:** A lo largo del desarrollo, la IA te escupirá cientos de ecuaciones. Intentar memorizarlas o pelear cuerpo a cuerpo con cada detalle matemático no sirve de nada. Lo que realmente importa es captar la intuición física y la mecánica estructural que late detrás del problema. Tú eres el director de la orquesta y tu único trabajo es encontrar la melodía perfecta (“no intentes ganar a una calculadora haciendo multiplicaciones”).

Éstas son **las tres patas del método AAA (Arquitecto-Asistente-Audidores)**:

1. **La Intuición (El Arquitecto):** La IA busca el promedio. El humano busca el atajo o la locura geométrica (ej: “si los neutrones van en línea recta, doblemos el tubo”). El humano fija el rumbo.
2. **La Fuerza Bruta (El Asistente):** La IA recibe la idea y se pone a calcular miles de iteraciones, tolerancias y catálogos de metales. Lo debe hacer bajo una regla estricta: tiene prohibido proponer soluciones que estén en nuestra “Cartografía de Vías Muertas” (el registro de cosas que ya sabemos que explotan). No le pedimos a la IA que descubra nueva física. La usamos para barridos paramétricos masivos, cruce de catálogos de materiales y optimización geométrica. El humano dicta la arquitectura y la máquina hace el trabajo sucio computacional (en física, ingeniería y materiales). Conforme avanza la investigación debemos fijar “axiomas inmutables” que no se puede saltar bajo ningún concepto, y documentar también “guías de diseño” y “prohibiciones de diseño” que orienten a la IA en sucesivas iteraciones (lo cual respeta a veces y a veces no).
3. **El Sentido Común (Los Auditores):** La comunidad mira el resultado de la IA. ¿Esto se puede fabricar o es una forma imposible de mecanizar? Si la pieza sobrevive a la crítica humana, se añade a los planos. Si falla, pasa a la Vía Muerta.

Así logramos que la máquina nos potencie sin dejarnos arrastrar por sus alucinaciones.

7. A modo de cierre

Diseñar un reactor de 200 MW es fascinante, pero lo que realmente estamos construyendo aquí es una prueba de concepto humana. Estamos demostrando que, frente a la hipercomplejidad, encerrar a cincuenta genios en una sala secreta ya no funciona. La única salida es abrir el tablero, sumar el talento global y usar la IA como palanca.

Si podemos diseñar un Sol en la Tierra organizándonos así, imagina qué otros grandes problemas históricos podríamos quitarnos de en medio. El futuro no se patenta. Se construye.

Bienvenidos a la frontera.

ANEXO E.1. Escudo contra el escepticismo (Justificación Técnica y Financiera)

Someter un proyecto de esta escala a estrés extremo es nuestra regla principal. Cualquier físico, ingeniero o inversor que lea nuestra propuesta nos atacará (con toda la razón) esgrimiendo los cuellos de botella históricos de la fusión nuclear. Este anexo funciona como nuestro escudo térmico. Así es como la arquitectura RIF v101 desactiva las vulnerabilidades tradicionales, uniendo el pragmatismo industrial, la calderería pesada y la justificación matemática inquebrantable (es solo un resumen: los detalles completos están en el Whitepaper).

§ 1. La Trampa Lineal y el Límite Cinemático (30 ms y 80 m)

La Objeción: *“El plasma se os va a escapar por los extremos. Además en las geometrías lineales, el gas se desestabiliza en fracciones de segundo, impidiendo alcanzar la viabilidad térmica y causando el colapso de la reacción antes de generar energía neta.”*

Nuestra Solución: Es cierto. El tiempo de vuelo seguro antes de que el plasma FRC (*Field-Reversed Configuration*) se desestabilice irremediablemente se establece en un régimen operativo de apenas **30 milisegundos**. No es una hipótesis, es un umbral empírico validado exhaustivamente por la industria actual (reactores experimentales de TAE Technologies). No luchamos contra ese límite; lo aceptamos y construimos la máquina alrededor de él.

Para garantizar la cohesión absoluta del plasma durante su vuelo, la arquitectura RIF descarta los sensores electrónicos activos (que serían destruidos por la radiación en segundos) e integra un ecosistema de estabilización dinámica y pasiva:

- **Inyección de Haces Neutros (NBI) en reposo:** La inyección tangencial de iones rápidos en la cámara inicial (estrictamente *antes* de que el plasma empiece a volar) dota al gas de una coraza cinética. Actúa como un giroscopio previo al vuelo, suprimiendo la inestabilidad macroscópica de volteo sin generar fricción aerodinámica posterior.
- **Polarización Activa de Bordes (*Edge Biasing*):** Usamos electrodos estáticos para controlar la rotación de la capa límite exterior. Este efecto de cizalladura eléctrica frena la inercia centrífuga, evitando que el “anillo de humo” se desgarre sobre sí mismo al girar.
- **Parachoques Magnético Pasivo (Loquetas W-Re):** Si el proyectil se desvía un solo milímetro de su eje central durante el vuelo, tocaría la pared y fundiría el reactor. Para impedirlo, incrustamos loquetas planas de Tungsteno-Renio (W-Re) en el fondo de los canales del acero, bañadas por la sal líquida. Si el plasma intenta derivar hacia un lado, su propio campo magnético induce de forma natural corrientes de Foucault en estas cerámicas. Esto desata una fuerza repulsiva automática (Ley de Lenz). El plasma se repele a sí mismo y vuelve al centro. El rumbo se autocorrigue sin partes móviles ni electrónica.

Por otro lado, nuestra cámara de combustión impone una longitud innegociable de **80 metros**. Esta extensión inmensa diluye el flujo de radiación neutrónica, evitando la ablación focalizada de la pared. Para cruzar ese chasis de acero antes de que expire la vida útil del plasma (los 30 ms), el proyectil exige una velocidad de crucero balística inalterable (v):

$$v = \frac{d}{t} = \frac{80 \text{ m}}{0.030 \text{ s}} \approx 2666 \text{ m/s}$$

El plasma cruza el infierno a Mach 7.8, entregando su calor al manto de sal (FLiBe) y abandonando la cámara de combustión exactamente antes de que la inestabilidad lo destruya. Matemáticas simples, cinemática pura.

§ 2. El Muro de Gas y la Saturación del Vacío (El límite de 7.5 segundos)

La Objeción: *“No podéis vaciar el tubo de gases a tiempo. Evacuar el gas residual entre pulsos supersónicos exige un volumen de succión imposible. Se os asfixiará el reactor.”*

Nuestra Solución: Aerodinámicamente, vaciar un tubo de esta envergadura hasta lograr un ultra-alto vacío perfecto no se puede hacer en milisegundos. La física del Flujo Molecular Libre impone una barrera incompresible: el gas residual tarda un mínimo de **7.5 segundos** en viajar físicamente hasta los sumideros. En física nuclear, 7.5 segundos entre disparo y disparo es una eternidad que arruina la viabilidad comercial.

Para lograr limpiar la cámara en ese tiempo, evitamos succionar a lo bruto y usamos un bombeo químico distribuido. Forramos los 427 m² de la pared interior con una película NEG (Circonio-Vanadio-Hierro) que “se traga” los isótopos de hidrógeno al instante por puro contacto, apoyada por turbobombas perimetrales masivas para las cenizas inertes de helio.

Para validar el límite de 7.5 segundos, asumimos el volumen real íntegro de la tubería (V) de **602,320 Litros**. La presión de escape inicial es $P_1 = 10^{-3}$ Torr y la presión objetivo requerida para disparar de nuevo es $P_2 = 10^{-8}$ Torr. Calculamos la Velocidad de Bombeo Efectiva requerida (S_{eff}):

$$S_{eff} = \frac{V}{t} \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$S_{eff} = \frac{602320}{7.5} \ln(10^5) \approx \mathbf{924,595 \text{ L/s}}$$

La inmensa superficie de **50 m²** de paneles NEG montada en los plenums terminales entrega una tasa pasiva de **1,000,000 L/s**, validando con holgura la ecuación y cubriendo el margen de seguridad.

Adicionalmente, para evitar que la red eléctrica sufra un apagón cada 7.5 segundos, la solución arquitectónica es **el Sistema Gatling**. Hemos puesto 40 tubos independientes en matriz. Mientras un tubo se toma sus 7.5 segundos para tragar las cenizas, decenas de tubos paralelos están disparando de forma secuencial y rotatoria. Así enmascaramos el límite termodinámico y entregamos una carga base continua.

§ 3. El Espejismo Algorítmico y la Escala de Suministros (Cero *Unobtainium*)

La Objeción: *“Vuestro reactor requerirá materiales que aún no existen en los laboratorios (Unobtainium). Y aunque existan, no hay capacidad industrial para fabricarlos a esa escala.”*

Nuestra Solución: Al contrario. Hemos prohibido de facto el uso de metales experimentales y la física de papel. Imponemos el principio estricto de ingeniería de catálogo COTS (*Commercial Off-The-Shelf*). Usamos acero de grado nuclear (Eurofer), sales FLiBe para el manto térmico y aleaciones estándar de Tungsteno para las losetas de protección.

Para los inmensos imanes de 6.0 Teslas que envuelven el cañón, huimos de los costosos y escasos superconductores experimentales de alta temperatura (REBCO). Exigimos exclusivamente cables trenzados de Niobio-Titanio (NbTi) convencionales, bañados en helio líquido a 4 K. ¿Será un infierno logístico conseguir tanto cable comercial para 40 tubos de 80 metros? Sí. Construir este reactor obligará a escalar drásticamente la manufactura global de la industria petroquímica, naval y de resonancias magnéticas. Pero es un reto logístico y de ensamblaje, no de tener que inventar nueva física de materiales.

Renunciar a la ciencia ficción no significa que sea fácil. Integrar vacío extremo, criogenia a 4 K y metales líquidos a 600 °C en la misma nave industrial será una de las pesadillas de ingeniería más grandes de nuestro siglo. Pero es una pesadilla de manufactura, de tolerancias y de logística industrial, no de física teórica inalcanzable.

§ 4. El Foso Defensivo del Código Abierto (Escala Financiera)

La Objeción: *“Nadie va a poner miles de millones en una infraestructura de código abierto. Liberar la propiedad intelectual ahuyenta al capital riesgo porque cualquier competidor puede usar los planos gratis al día siguiente.”*

Nuestra Solución: Liberar el diseño no es ingenuidad financiera, es pragmatismo. El foso defensivo de este proyecto no radica en retener una patente teórica, sino en la brutal capacidad de ejecución industrial. El modelo de negocio real (el monopolio multimillonario) reside en la construcción de la planta, el control de la cadena de proveedores de acero e imanes, la integración electromecánica y la venta final de la energía.

El dinero en grandes infraestructuras se hace operando la obra y cobrando el recibo de la luz. Liberar el núcleo abarata radicalmente el riesgo inicial de I+D para los consorcios. Les entregamos el diseño termodinámico del núcleo; ellos asumen el riesgo operativo (fijado en un límite estricto de **4.500 millones USD** de CAPEX) y compiten por construir el mejor chasis. Ellos hacen un negocio monumental; la humanidad se queda con la tecnología base.

§ 5. El Vacío Legal (Responsabilidad y Gobernanza)

La Objeción: *“Un proyecto de internet operado por colaboradores voluntarios no puede obtener licencias nucleares ni asumir responsabilidades civiles billonarias en caso de un accidente radiactivo.”*

Nuestra Solución: OpenFusionFrontier jamás va a operar una planta física. Un reactor no es un repositorio de GitHub; las agencias reguladoras exigen entidades legales, hormigón y avales de seguros masivos. Por ello, establecemos un cortafuegos absoluto entre el diseño de la máquina y su operación real.

El equipo central (Kernel) diseña, evalúa, audita ecuaciones y certifica parámetros bajo estricta meritocracia matemática en la red global. Nosotros entregamos el mapa inicial. Pero la construcción comercial y la explotación recaerán siempre sobre operadores energéticos legales y regulados (gobiernos o corporaciones). Ellos asumen la titularidad del suelo, el riesgo del capital y la responsabilidad penal y civil de pilotar la nave bajo las leyes internacionales. Nosotros solo afinamos la brújula para que no se estrellen.

PD: Este es el estado del arte de la arquitectura RIF v101. No es un mapa perfecto, es el primer campo base. Si ves una falla térmica, un error de cálculo magnético o una mejor solución geométrica, el código es tuyo. Mejóralo."

ANEXO E.2. Mapa de Problemas Abiertos (Una posible “guía” para “directores de tesis”)

Decir que el diseño termodinámico v101 está trazado no significa que la máquina esté terminada. Significa que hemos logrado acorralar las paradojas de la física teórica hasta convertirlas en problemas de ingeniería pura, termodinámica de fluidos y resistencia de materiales.

Este es nuestro registro transparente de “vías abiertas”. Es un catálogo de pesadillas técnicas y cuellos de botella industriales. Invitamos a las universidades, directores de tesis, ingenieros y desarrolladores a elegir una de estas grietas, simularla, resolverla y aportar su nodo de conocimiento al *Kernel* de OpenFusionFrontier.

Si buscas un tema con impacto histórico para tu próxima investigación, elige tu batalla:

§ PARTE I: LA LÍNEA BALÍSTICA (Fase a Fase)

El comportamiento del plasma a lo largo del tubo en “S” estirada. Cada fase del proyectil presenta sus propios demonios termodinámicos.

- **Fase 1 (Nacimiento e Inyección): El lastre aerodinámico.** Inyectamos los Haces Neutros (NBI) en reposo para dotar al plasma FRC de una coraza giroscópica. Necesitamos modelar matemáticamente si esa sub-población de iones de alta energía genera fricción cruzada o inestabilidades de Kelvin-Helmholtz una vez que el proyectil balístico comienza su aceleración masiva en un ángulo de **21.28°**.
- **Fase 2 (El Primer Giro): El estrés del muro ciego.** La curva de inserción crea un muro de Tungsteno de sacrificio para que los neutrones que viajan hacia atrás no fríen el inyector. Necesitamos calcular la erosión neutrónica exacta de ese codo y la dinámica de fluidos magnética del plasma al tomar la curva sin chocar contra la pared exterior.

- **Fases 3 y 4 (El Cañón Central): DPA, cizalladura y parachoques pasivo.** En esta inmensa recta de 80 metros, el plasma viaja a Mach 7.8 durante 30 milisegundos. Tenemos tres frentes abiertos:
 1. *Cizalladura paramétrica:* Requerimos simulaciones del *Edge Biasing* (electrodos) para calcular la tasa exacta de fuga de electrones cruzando las líneas de campo mientras forzamos la rotación de la capa exterior del plasma.
 2. *Fatiga por DPA:* Modelos probabilísticos del daño por Desplazamientos Por Átomo. ¿Cuántos disparos soporta el acero Eurofer bajo un flujo rápido de 14.1 MeV antes de volverse frágil como el cristal?
 3. *Calentamiento por Foucault:* Si el plasma se desvía, induce corrientes de frenado en las losetas de Tungsteno-Renio. Necesitamos la ecuación exacta de disipación térmica: ¿cuántos megavatios de calor local absorberá la loseta al repeler magnéticamente el proyectil?
- **Fase 5 (La Tobera): Inducción electromagnética (DEC).** Abatimos el campo magnético de 6.0 a 0.75 Teslas. El plasma se expande y roza una jaula de cobre para frenarse y generar gigavatios de electricidad. Buscamos la topología geométrica y el patrón de trenzado óptimo de esas espiras conductoras para maximizar la cosecha sin entrar en resonancia electromagnética destructiva.
- **Fases 6 y 7 (Segundo Giro y Diana de Gas): El choque inelástico.** El gas sobrante gira a 30.6° y le disparamos una cortina densa de Helio neutro frío. Necesitamos simulaciones de interacción ión-átomo masiva para asegurar que el gas roba los electrones rápidamente, neutraliza el plasma y lo desvincula del campo magnético sin reflejar una onda de choque sónica hacia atrás (asfixiando el cañón).
- **Fases 8 y 9 (Sumideros y UHV): El límite de los 7.5 segundos.** La película de Circonio-Vanadio-Hierro absorbe hidrógeno en frío al instante. Pero en la fase de descanso, hay que hornear la pared NEG a 550°C para extraer el gas. Necesitamos calcular cuántos miles de ciclos de dilatación y contracción térmica soporta este recubrimiento nanométrico antes de descascarillarse y caer a la cámara.

§ PARTE II: LOS SUBSISTEMAS DE PLANTA (La Macro-Ingeniería)

La infraestructura periférica que mantiene vivo el cañón. Aquí es donde la industria pesada debe demostrar su capacidad.

Subsistema A: Termohidráulica del Manto Líquido (FLiBe)

- *El bloqueo de Hartmann:* La sal líquida fluye paralela al campo de 6.0 Teslas con una inclinación rasante de 8 grados. Necesitamos simulaciones CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) masivas en 3D que validen el uso de macro-aletas y de las losetas de W-Re para asimilar holgadamente el caudal maestro de **3920.59 kg/s** en la Fase Pico.
- *Tensión superficial vs. Burbujeo:* Para extraer el Tritio recién creado, inyectamos un huracán de mi-

croburujas de Helio a contracorriente en altas torres de vacío. Se requiere caracterización de dinámica de fluidos pesados: ¿cuál es el diámetro de burbuja y la presión exacta para romper la tensión superficial estocástica de la sal?

- *Cinética del Berilio*: Para neutralizar el ácido fluorhídrico remanente, desviamos la sal hacia lechos de guijarros de Berilio. Necesitamos la ecuación estequiométrica exacta de disolución pasiva en función del caudal y la temperatura.

Subsistema B: Superconductividad, Criogenia y Neutrónica

- *El escudo hiper-compacto*: El fuego estelar está a menos de un metro de bobinas de Niobio-Titanio a **4 K** (-269 °C). Requerimos modelado neutrónico avanzado (Monte Carlo / MCNP) para optimizar el espesor milimétrico del escudo de Boro/Agua. Un solo neutrón fugado que alcance el imán provocará un *quench* (colapso térmico).
- *Estrés estructural de Lorentz*: Los imanes de 6.0 Teslas se atraen y repelen con fuerzas de miles de toneladas. Buscamos el diseño civil óptimo de los tirantes de titanio que sujetan la espina dorsal magnética para evitar el pandeo del chasis.
- *Consumo parásito civil*: Necesitamos optimizar la cascada termodinámica de los inmensos compresores de licuefacción de Helio. El peaje eléctrico criogénico debe minimizarse para no arruinar el margen de venta a la red eléctrica.

Subsistema C: Arquitectura Civil y Cadena Cinemática

- *Fricción en rodamientos gravitatorios secos*: El tubo de acero central crece linealmente hasta **72 cm** por dilatación. Descansa libre sobre rodillos de cerámica encajados en raíles en "V". Requerimos estudios de tribología extrema a **600 °C** en entorno de radiación secundaria para garantizar que la maniobra bimodal deslice el cartucho de forma limpia hacia el pasillo técnico diagonal de **8 m** de anchura libre.
- *Hidrodinámica del colector subterráneo (La Trinchera)*: Cuarenta tubos vierten sal líquida por gravedad a la espina dorsal del edificio. Necesitamos modelos de flujo de canal abierto para evitar cavitaciones, resonancias acústicas y oleaje térmico al unificar el caudal.

Subsistema D: El Balance of Plant (BoP) y Ciclo Comercial

- *Amortiguamiento isocórico en Cloruros (TES)*: El reactor Gatling emite latidos violentos a 4 Hz. Volcamos ese calor asimétrico en gigantescas piscinas pasivas de sales de cloruros baratas. Buscamos la topología volumétrica exacta de estos tanques para que el calor se aplane y fluya de forma totalmente continua y dócil hacia las turbinas.
- *Filtración por membranas de Paladio-Plata*: Separar el Tritio del Helio residual exige tamices atómicos presurizados a **400 °C**. Necesitamos optimizar el espesor de la aleación para maximizar el caudal sin que la presión del compresor reviente el filtro.

§ El Whitepaper: La verdadera cantera de investigación

Esta lista es solo el mapa de superficie. Si eres investigador, estudiante o director de tesis, debes saber que estas viñetas son apenas un resumen ejecutivo de las brechas técnicas del reactor. El **Whitepaper técnico** de la arquitectura RIF v101 contiene la topografía matemática, geométrica y termodinámica completa.

Allí encontrarás los regímenes cinemáticos exactos, las presiones de vacío requeridas paso a paso, las tolerancias del campo magnético y el comportamiento físico de las sales fundidas. Te invitamos a disecar ese documento principal. Cada asunción de ingeniería, cada límite paramétrico y cada ecuación que hemos documentado es, en sí misma, una semilla para docenas de nuevas líneas de investigación, TFM o tesis doctorales. Utiliza el Whitepaper no como un manual estático, sino como tu cantera principal para extraer, analizar y extender esta guía de problemas abiertos hasta sus últimas consecuencias.