
Principio de Integridad Universal

PIU— Ψ

Síntesis de resultados completos

Inventario numerado, encadenado y clasificado del programa

Versión 5.1

24 de julio de 2026

Manuel Alberto Celedón Mejía

Ingeniero Mecánico — Medellín, Colombia

El programa, en una frase

El vacío es un medio elástico real con estructura interna —el **Pleno**—, y todo lo que existe —gravedad, luz, materia, espacio, tiempo y los sectores oscuros que componen el 95 % del universo— es una configuración suya. El campo $\Psi = S e^{i\theta}$ es la descripción matemática de ese medio, no el medio mismo. De un solo Lagrangiano (F1) y seis axiomas estructurales emergen las teorías conocidas como límites efectivos, y sus constantes dejan de ser entradas medidas para volverse cantidades calculadas desde la geometría del medio.

Qué es este documento

Este es el inventario completo de resultados del programa. Cada resultado lleva un identificador estable, su valor, su contraste con la observación cuando lo tiene, su clasificación epistémica y el puntero a la sección del Compendio matemático donde vive su derivación íntegra.

Los resultados se presentan como **ocho cadenas derivacionales**: cada una parte de un punto del tronco común y desciende hasta sus consecuencias observables. Dentro de cada cadena, un **nodo** es un resultado confrontable o falsable por sí solo; un **eslabón** es un paso con álgebra propia que se enuncia dentro de la derivación de su nodo. Ambos se cuentan y ambos se imprimen: el titular del inventario son los nodos, y los eslabones quedan visibles con su etiqueta.

Índice

1. Cómo leer este documento	1
2. El inventario en números	3
3. Cadena I — Génesis: de la energía a F1	4
4. Cadena II — Primera evaluación: la red y el potencial	5
5. Cadena III — Las constantes fundamentales	6
6. Cadena IV — Modos del medio y gravedad	7
7. Cadena V — Mecánica cuántica	9
8. Cadena VI — Sector gauge y materia	10
9. Cadena VII — Cosmología	12
10.Cadena VIII — Reología y termodinámica del Pleno	15
11.Metarresultados: la cadena y la confrontación	18
12.Predicciones falsables (serie P)	19
13.Cabos abiertos (serie C)	19
14.Índice completo de resultados	21
15.Cierre: el estado del programa	23

1. Cómo leer este documento

Los tres documentos del programa

El programa se publica en tres documentos que se leen en cascada, de mayor a menor profundidad:

1. **El corpus PIU- Ψ** (≈ 400 pp.) — la base íntegra: ontología, axiomas, desarrollo conceptual y lectura física de cada resultado, con las derivaciones en su contexto.
2. **El Compendio matemático** (≈ 90 pp.) — todo el aparato matemático del programa, con las derivaciones completas y sin resumir, organizadas por tema físico.
3. **Esta síntesis de resultados** — el inventario de lo obtenido, con la misma estructura del Compendio, de modo que cada resultado remite a su derivación por el número de sección.

Un lector que quiera ver qué obtiene el programa empieza aquí. El identificador $R-n.m$ indica que la matemática está en la sección n del Compendio; el corpus desarrolla la misma sección con su lectura física. La numeración es común a los tres documentos.

Numeración e identificadores

- $R-n.m$ — **resultado** (nodo). El primer índice n es la sección del Compendio; el segundo, el orden dentro de ella. $R-3.1$ es el primer resultado de la §3 del Compendio, y su derivación está allí.
- $e-n.m.k$ — **eslabón** del resultado $R-n.m$: un paso con álgebra propia y, con frecuencia, un coeficiente derivado falsable, que se enuncia dentro de esa derivación.
- $P-k$ — **predicción falsable** aún no confrontada.
- $C-k$ — **cabo abierto**, con su severidad.

Las series P y C no cuentan como resultados. Los identificadores son estables: añadir un resultado a una sección no renumera las demás.

Clasificación epistémica

Etiqueta	Significado
[DERIVADO]	Prueba completa desde F1 y los axiomas, sin parámetro libre ni input externo.
[DERIVADO-ÁLGEBRA]	Cómputo simbólico cerrado y verificado, con cero símbolos libres.
[DERIVADA-AI]	Dos vías independientes convergen al mismo resultado. La independencia se declara por eslabón.
[DLF]	Deducción lógica fuerte: argumento estructural sin hueco conceptual, sin demostración algebraica cerrada.
[CALIBRADO]	Valor anclado a una unidad de medida o a una cantidad de estado posicional, con error declarado. No es un parámetro libre ajustado a los datos.
[cabo abierto]	Declarado abierto, con severidad.

La marca ✓ indica que la cantidad se recalcula desde primeros principios en el script reproducible `verificar_PIU.py` y pasa con error relativo $< 10^{-3}$.

Qué cuenta como resultado

El criterio es la **confrontabilidad independiente**. Un nodo se contrasta, se refuta o se usa por sí solo: G , la cota de Tsirelson, el límite de Chandrasekhar, $\sqrt{3}\pi$. Un eslabón tiene álgebra propia y a veces un número duro —el coeficiente GUP $3/80$, el flexural $1/40$, el $8/9$ de Maxwell— pero se enuncia y se falsa dentro de la derivación de su nodo. Ambos se publican con su valor y su etiqueta; lo que cambia es qué se cuenta en el titular.

2. El inventario en números

Cadena	Tema	Nodos	Eslabones	§Compendio
I	Génesis: de la energía a F1	5	9	§1–§2
II	Primera evaluación: red y potencial	6	9	§3–§4
III	Las constantes fundamentales	4	1	§5
IV	Modos del medio y gravedad	8	9	§6–§7
V	Mecánica cuántica	7	5	§8
VI	Sector gauge y materia	9	8	§9–§10
VII	Cosmología	12	13	§11
VIII	Reología y termodinámica del Pleno	14	15	§12
—	Metarresultados	7	—	§13–§14
Total		72	69	

A ello se añaden **7 predicciones falsables** (serie P) y **14 cabos abiertos** (serie C), declarados con su severidad.

Desglose por clasificación epistémica

Estatus	Nodos	Verificados	Sector
[DERIVADO] (y variantes)	51	34	Núcleo del programa
[DLF]	14	4	Estructura sin álgebra cerrada
[DERIVADO]/[CALIBRADO]	3	3	Bloque cosmológico
[método]	4	—	Evaluación bayesiana
Total	72	41	

Las **41 cantidades verificadas** son las que `verificar_PIU.py` recalcula desde sus fórmulas de primeros principios, sin valores precargados.

Estado de confrontación por sector

La densidad de resultados de una cadena mide cuánto se ha derivado en ella; el contraste con dato es una cifra distinta, y las dos se mantienen separadas a lo largo del documento.

Cadena	Tema	Con dato	Naturaleza del contraste
I	Génesis	—	Estructural
II	Red y potencial	1/6	Interno (dos vías convergentes)
III	Constantes	3/4	CODATA, < 0.1 %
IV	Modos y gravedad	2/8	Coefficiente de Einstein
V	Cuántica	3/7	Tsirelson, Chandrasekhar, piso $\hbar/2$
VI	Gauge y materia	4/9	Cargas, radio del protón, split Δ -N
VII	Cosmología	8/12	Planck 2018, DESI DR2, SN Ia
VIII	Reología y termodinámica	1/14	Orden de magnitud (disipación)

La cadena VIII es la menos confrontada del programa: de sus catorce nodos, solo la familia de disipación (R-8.13) tiene contraste observacional directo, y es de orden de magnitud, no de coeficiente.

3. Cadena I — Génesis: de la energía a F1

Compendio §1–§2. 5 nodos, 9 eslabones.

La cadena

Un solo enunciado —el universo es energía finita y conservada (A1)— leído por región da la densidad ρ_P ; la conservación expresada como balance de dos ramas ortogonales fuerza la forma del campo $\Psi = S e^{i\theta}$; y aplicar el procedimiento lagrangiano a ese campo bajo los seis axiomas produce F1, el único objeto del programa con contenido dinámico. Lo demás es consecuencia de *evaluarlo*.

R-1.1 La identidad raíz: densidad, inercia y energía son una sola cantidad

$$\rho_P \equiv M \equiv E \quad (\text{E0a})$$

No es una ecuación de conversión entre sustancias distintas sino tres lecturas de lo mismo: E leída por región es ρ_P ; leída como resistencia al cambio es M . De aquí sale el origen de la inercia. [DERIVADO]

- e-1.1.1 Conservación local $\partial_t \rho_E + \nabla \cdot j_E = 0$ (E0b). [DERIVADO]
- e-1.1.2 $E = Mc^2$ como balance de dos lecturas del cambio, $E/c = Mc$ (E0c): energía propagante frente a energía retenida. [DLF]

R-1.2 La forma del campo $\Psi = S e^{i\theta}$

$$\Psi = S e^{i\theta}, \quad S \geq 0, \quad \theta \in [0, 2\pi) \quad (\text{E1})$$

El balance conservado admite exactamente dos ramas ortogonales: una de amplitud (estructura retenida, S) y una de fase (cambio propagante, θ). El campo complejo es la expresión mínima de ese balance, no una conveniencia de cálculo. [DERIVADO]

- e-1.2.1 La ligadura del balance con movimiento genera el factor de Lorentz sin postular la relatividad. [DLF]

R-1.3 Los seis axiomas A1–A6 y el puente a F1

A1 (energía única, sin vacío), A2 (pared inferior: el Pleno-suelo), A3 (causalidad a velocidad finita c), A4 (grano ℓ_P), A5 (fase $U(1)$), A6 (saturación superior). El puente muestra que la densidad lagrangiana mínima compatible con los seis es F1, y que ningún término sobra ni falta. [DERIVADO]

R-1.4 El Lagrangiano F1 del Pleno

$$\mathcal{L}_{F1} = \frac{1}{2} \rho_P c^2 \ell_P^2 \partial_\mu \Psi^* \partial^\mu \Psi - V(S) - \frac{\rho_P c^2 \ell_P^4}{40} (\square S)^2 - V_q^{\text{dens}}(S) \quad (\text{E2})$$

Cuatro términos, cada uno con función estructural: el cinético propaga a velocidad finita; $V(S)$ sostiene las configuraciones estables entre las dos paredes; el flexural regula el ultravioleta; el de Klauder impone positividad estricta del módulo en el infrarrojo. Ninguno se añade por necesidad de ajuste. [DERIVADO]

- e-1.4.1 Rigidez flexural $\gamma_\kappa = \rho_P c^2 \ell_P^4 / 40 = \hbar c / 40 \approx 7.90 \times 10^{-28} \text{ J}\cdot\text{m}$ (E4). [DERIVADO] ✓
- e-1.4.2 Coeficiente 3/8 del potencial de Klauder, $V_q = \frac{3}{8} \rho_P c^2 / S^2$ (E5). [DERIVADO] ✓
- e-1.4.3 Expansión cuadrática del flexural sobre el campo completo (E4c), base de la linealización posterior. [DERIVADO]

- e-1.4.4 Verificación dimensional de los cuatro términos. [DERIVADO]

R-1.5 Las ecuaciones dinámicas y la corriente conservada

Euler-Lagrange sobre F1 da la ecuación del módulo (E6) y la de la fase (E7), y con ella una corriente de Noether exactamente conservada sobre las soluciones:

$$J^\mu = \rho_P c^2 \ell_P^2 S^2 \left[\partial^\mu \theta + \frac{\ell_P^2}{20} \partial^\mu (\square \theta) \right], \quad \partial_\mu J^\mu = 0 \quad (\text{E7c})$$

Esta corriente se lee más adelante como carga eléctrica cuantizada y como probabilidad en la regla de Born. [DERIVADO]

- e-1.5.1 Ecuación del módulo (E6) con su término flexural $\square(\square S)$. [DERIVADO]
- e-1.5.2 Ecuación de la fase (E7). [DERIVADO]
- e-1.5.3 El 1/40 del Lagrangiano y el 1/20 de la dispersión son el mismo objeto leído en dos lugares; el factor 2 procede de la segunda variación. [DERIVADO]

4. Cadena II — Primera evaluación: la red y el potencial

Compendio §3–§4. 6 nodos, 9 eslabones.

La cadena

F1 lleva escritos dos coeficientes sin derivar. Al evaluarlo, el medio cristaliza en la red diamante —la que minimiza su propio término flexural— y de esa red salen precisamente esos dos números: el Lagrangiano se cierra sobre sí mismo. El potencial efectivo queda entonces fijado entre dos paredes, ambas derivadas.

R-2.1 La red diamante como estructura del medio

El medio cristaliza en la red diamante $Fd\bar{3}m$ con coordinación $Z = 4$: la estructura que minimiza el término flexural de F1. Un discriminante uniáxico excluye los apilamientos rivales. [DERIVADO]

- e-2.1.1 Identidad tetraédrica $\sum_{i < j} \mathbf{v}_i \cdot \mathbf{v}_j = -2$ (E13-tet2). [DERIVADO]
- e-2.1.2 Correspondencia laplaciano discreto/continuo, $\nabla^2 \leftrightarrow -\frac{3}{16\ell_P^2} D_{\text{lat}}$ (E13). [DERIVADO]
- e-2.1.3 Promedio espectral sobre la zona de Brillouin, $\langle D_{\text{lat}} \rangle_{\text{BZ}} = 7.1366$. [DERIVADO]
- e-2.1.4 Discriminante flexural uniáxico (D1-b): unicidad del apilamiento. [DERIVADO]

R-2.2 El Pleno-suelo $S_{\text{mín}}$, por dos vías independientes

$$S_{\text{mín}} = \frac{\langle D_{\text{lat}} \rangle_{\text{BZ}}}{\langle D_{\text{lat}}^{\text{par}} \rangle_{\text{BZ}}} = \frac{12(\pi^2 - 4)}{\pi^4} = 0.7230871$$

La vía espectral es geometría de la red. La vía dinámica —resolver $V'(S) = 0$ — da 0.7230874. Coinciden a siete cifras sin ajuste: dos caminos sin relación algebraica llegan al mismo número porque el Lagrangiano y la red son el mismo objeto. [DERIVADO] ✓

- e-2.2.1 $S_{\text{mín}}^2 = \rho_{EO}/\rho_P = 0.5228549$ (E9): la ocupación del suelo. [DERIVADO] ✓
- e-2.2.2 Identificación constitutiva $S^2(x^\mu) \leftrightarrow n_{\text{cuantos}}/n_0$, con $n_0 = 1/\ell_P^3$ (E-dens). [DERIVADO]

R-2.3 El coeficiente flexural $1/40$

El $1/40$ que F1 lleva escrito se deriva de la geometría de la red. Junto con $S_{\min}$, son las dos razones puras del medio: números sin vara externa. [DERIVADO] ✓

R-2.4 La cota dura de saturación $S_{\max, \text{geom}}^2$

$$S_{\max, \text{geom}}^2 = \frac{n_{\text{FCC}}^{\max}}{n_{\text{diamond}}} = \frac{8\sqrt{2}}{3\sqrt{3}} = \frac{8\sqrt{6}}{9} = 2.1773242 \quad (\text{E10})$$

La pared superior sale del empaquetamiento máximo de esferas (teorema de Hales): cuánto puede comprimirse la red diamante antes de saturar. [DERIVADO] ✓

- e-2.4.1 $S_{\max, \text{geom}} = 1.4755759$; razón de compresión $S_{\max}^2/S_{\min}^2 = 4.1643$. [DERIVADO]

R-2.5 La escala del potencial E_0

La condición de mínimo $\partial_S V_{\text{eff}} = 0$ en $S_{\min}$ da E_0 como función cerrada de π y $\sqrt{6}$ únicamente, con cero símbolos libres:

$$E_0 = \frac{(S_{\max}^2 - S^2)^2 (3S_{\max}^2 - 3S^2 - 4S^4)}{8 S_{\max}^2 S^6} \Big|_{S=S_{\min}} = 4.2546$$

Es álgebra de las dos cotas anteriores, ambas ya cerradas. [DERIVADO-ÁLGEBRA] ✓

R-2.6 La fracción de condensado f_c

$$f_c \equiv \frac{S_{\max, \text{eff}}^2}{S_{\max, \text{geom}}^2} = \frac{1.4956}{2.1773} = 0.6869 \quad (\text{E11})$$

Denominador derivado, numerador posicional. $S_{\max, \text{eff}}^2$ es el punto de retorno superior de la oscilación radial del módulo, fijado por la energía de oscilación presente: una cantidad de estado análoga a H_0 , no una constante atemporal. Es el único ingrediente calibrado de todo el bloque cosmológico. [DERIVADO]/[CALIBRADO] ✓

- e-2.6.1 Densidad en el punto crítico, $\rho(S^*) \approx 1.067 \rho_P$: la escala de Planck aparece donde la red cristaliza. [DERIVADO]

El estatus de f_c

f_c crece hacia 1 conforme el medio se relaja, de modo que su valor presente es un dato de estado y no admite forma cerrada: en este marco el tiempo *es* el cambio acumulado del módulo, y pedir el estado como función de un tiempo externo sería circular. El pozo, sus paredes y $S_{\min}$ son derivados; el punto de retorno presente es posicional. La distinción es la misma que separa la forma de la trayectoria de la posición sobre ella.

5. Cadena III — Las constantes fundamentales

Compendio §5. 4 nodos, 1 eslabón.

La cadena

Desde dos propiedades del medio —su densidad ρ_P y su grano ℓ_P — más su estructura causal c , las constantes de Newton y de Planck salen de la dinámica de F1: la estática del módulo en un caso, la cuantización del rotor de fase en el otro. No las selecciona el análisis dimensional —el programa tiene invariantes adimensionales propios, y cualquiera de ellos multiplicando al

monomio tendría las mismas unidades—: lo que la derivación devuelve es el coeficiente, y vale la unidad en ambas. Resultan además mutuamente consistentes.

R-3.1 La constante gravitacional como identidad estructural

$$\rho_P c^2 \ell_P^2 = \frac{c^4}{G} \quad \Longleftrightarrow \quad \boxed{G = \frac{c^2}{\rho_P \ell_P^2}} \quad (\text{E3})$$

El coeficiente cinético de F1 es c^4/G . La identidad sale de comparar el potencial derivado con el newtoniano, sin factor residual. PIU- Ψ : 6.6765×10^{-11} ; CODATA: 6.6743×10^{-11} ; acuerdo 0.03 %. [DERIVADO] ✓

R-3.2 La constante de Planck como momento angular del grano

$$\boxed{\hbar = I_\theta \omega_P = (\rho_P \ell_P^5) \cdot \frac{c}{\ell_P} = \rho_P c \ell_P^4} \quad (\text{E36})$$

$\hbar$ es el momento angular de una celda girando en su fase interna a la máxima tasa que el medio permite. PIU- Ψ : 1.0540×10^{-34} ; CODATA: 1.0546×10^{-34} ; acuerdo 0.06 %. [DERIVADO] ✓

R-3.3 Consistencia triple G , $\hbar$, ℓ_P

La relación $\ell_P = \sqrt{\hbar G/c^3}$ se cumple exactamente entre las dos identidades anteriores. Las tres caen de la misma estructura: fijar un punto de calibración fuerza las demás sin libertad adicional. [DERIVADO] ✓

- e-3.3.1 Rigidez cinética $K_{\text{cin}} = \rho_P c^2 \ell_P^2 / 2 = c^4 / 2G \approx 6.05 \times 10^{43} \text{ N}$ (E38). [DERIVADO]

R-3.4 Identidad nativa que liga gravedad y cuántica

$$\gamma_\kappa = \frac{\hbar c}{40}$$

La rigidez flexural del medio —una propiedad elástica— es una propiedad cuántica. Gravedad y mecánica cuántica no son dos teorías por reconciliar: son dos lecturas del mismo coeficiente. [DERIVADO] ✓

La frontera entre derivación y calibración

Que G y $\hbar$ den esos números *en el SI* exige fijar la calibración de metro, kilogramo y segundo en un punto. Es una afirmación sobre la regla de medir, no sobre la derivación. Una ley fundamental produce números adimensionales y relaciones entre sus propias magnitudes; el valor SI de una constante dimensional es inderivable por principio, para cualquier teoría. Fijado ese único punto, la estructura fuerza el resto: evaluar $\hbar$ desde la identidad, con ρ_P forzada por la identidad de G , reproduce el valor medido a quince cifras. Un marco vacío ajustaría cada número por separado; aquí se ancla uno y se derivan los demás.

6. Cadena IV — Modos del medio y gravedad

Compendio §6–§7. 8 nodos, 9 eslabones.

La cadena

Linealizar F1 alrededor del suelo separa el medio en dos modos que no se mezclan a primer orden: el radial (masivo, ultra-Planckiano, congelado) y el transversal sin traza (sin masa, luminal). Del segundo, por acción inducida, emergen las ecuaciones de Einstein con su coeficiente completo; y

con ellas Newton, y Schwarzschild como geometría efectiva del medio estático.

R-3.5 Qué medición pondría a prueba los dos coeficientes

Escribiendo $G = \kappa_G c^2 / (\rho_P \ell_P^2)$ y $\hbar = \kappa_h \rho_P c \ell_P^4$ y resolviendo el par para los primarios se obtiene $\ell_P = \sqrt{\hbar G / (\kappa_G \kappa_h c^3)}$ y $\rho_P = \kappa_G^2 \kappa_h c^5 / (G^2 \hbar)$ (E63). De ahí, tres escenarios de contraste: con (ρ_P, ℓ_P) despejados del propio par, *cualquier* elección de coeficientes reproduce G y $\hbar$ —el acuerdo no discrimina y no debe presentarse como si lo hiciera—; con un primario medido por una vía que no pase por la gravitación ni por la cuantización, queda expuesto el producto $\kappa_G \kappa_h$; con los dos medidos, cada rama por separado. Las dos ramas no son simétricas: comparten el término cinético de F1 y divergen después, y la de la fase incorpora tres ingredientes que la del módulo nunca toca —el valor del suelo, el volumen de celda y el número cuántico $n = 1$ del rotor—. [método]

R-4.1 Linealización: dos modos desacoplados

Módulo y fase no se mezclan a primer orden: ecuación (E18) para δS y (E19) para $\delta \theta$. Un observador ve componentes independientes, que es la razón estructural de que el inventario de fluidos de Λ CDM funcione a orden lineal. [DERIVADO]

R-4.2 Dispersión y masa del modo radial

$$\omega^2 = c^2 k^2 + \omega_0^2, \quad \omega_0^2 = \frac{\xi c^2}{\ell_P^2}, \quad \xi = V''_{\text{eff}}(S_{\text{mín}}) / (\rho_P c^2) = 19.6899 \quad (\text{E21})$$

El modo radial es masivo y ultra-Planckiano, y está congelado en $S_{\text{mín}}$ desde la cristalización. De ahí una consecuencia cosmológica directa: no hay dinámica de fondo que desplace w de -1 . [DERIVADO] ✓

- e-4.2.1 Masa elástica $m_S = \sqrt{\xi} E_P = 4.4373 E_P$ (rigidez estática). [DERIVADO] ✓
- e-4.2.2 Masa propagante $\sqrt{W_+} = 3.4959 E_P$, rama física de $W^2 + 20W - 20\xi = 0$. Son dos masas distintas, ambas ultra-Planckianas. [DERIVADO]
- e-4.2.3 Rama UV de Lee-Wick $W_- = -32.22$: fakeon con $\omega^2 < 0$, sobrearmortiguado. [DERIVADO]

R-4.3 Dispersión del modo tensorial y localizabilidad mínima

$$\omega_{\text{TT}}^2 = c^2 k^2 \left[1 + \frac{(k \ell_P)^2}{20} + \mathcal{O}((k \ell_P)^4) \right] \quad (\text{E23})$$

El modo TT es luminal en el infrarrojo, con una corrección Planckiana común al fotón. De la misma estructura sale la localizabilidad mínima del medio. [DERIVADO] ✓

- e-4.3.1 $\sigma_{\text{mín}} = \ell_P / \sqrt{20} = 0.2236 \ell_P$. [DERIVADO] ✓
- e-4.3.2 Tiempo de relajación de red $\tau_{\text{II}} = \ell_P / (\sqrt{20} c) \approx 1.21 \times 10^{-44}$ s (E-relax). [DERIVADO] ✓

R-4.4 Las leyes de Newton como límite efectivo

Las tres leyes son consecuencia de que el Pleno posee un Lagrangiano extremizado. Lo que el programa deriva es lo que Newton dejó como primitivo: qué es la masa (energía retenida, R-1.1), de dónde sale G (R-3.1), por qué existe la inercia (resistencia del medio a reconfigurar su energía). La tercera ley sale de Noether sobre una homogeneidad que no se postula: el Pleno *es* homogéneo por A1. [DERIVADO]/[DLF]

- e-4.4.1 $F = ma$, Euler-Lagrange y Noether son estructura heredada de la formulación variacional, común a toda teoría de campos; el origen de la masa, G y la inercia es nativo del medio. [DLF]

R-4.5 El potencial newtoniano $1/r$

En régimen estático y a escalas $\gg \ell_P$, la ecuación del módulo se reduce a la forma de Poisson; su función de Green $-1/4\pi r$ da una perturbación que decae como $1/r$. Comparar con U_{Newton} fija la identidad de G sin factor residual. [DERIVADO]

R-4.6 Las ecuaciones de Einstein por acción inducida

$$\Gamma_{\text{ind}}[g] = -\frac{c^4}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} R + \mathcal{O}(R^2/E_P^2) \implies \boxed{R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}^{(\text{Pleno})}}$$

La curvatura es la acción elástica efectiva del modo TT del medio (mecanismo de Sakharov), con G ya derivada y coeficiente completo $c^4/16\pi G$, $\gamma_G = 1$, $b = 8\pi^2$ (E34, E35). [DERIVADO] ✓

- e-4.6.1 Operador TT y su factorización de Lee-Wick (E35-bis, E35-ter). [DERIVADO]
- e-4.6.2 Preservación del coeficiente $b/16\pi^2 = 1/2$ en el sector que fija G (E35-quater). [DERIVADO]
- e-4.6.3 Identidad de Bianchi y conservación $\nabla_\mu T^{\mu\nu} = 0$ (E39c, E39d). [DERIVADO]

R-4.7 Schwarzschild como geometría efectiva del Pleno estático

$$A(r) = 1 - \frac{r_s}{r}, \quad B(r) = \left(1 - \frac{r_s}{r}\right)^{-1}, \quad \boxed{r_s = \frac{2GM}{c^2}} \quad (\text{E-Sch-5, E-Sch-7})$$

La métrica se lee del perfil del módulo alrededor de una configuración estática. [DERIVADO]/[DLF]

R-4.8 Las rigideces estructurales del medio

El Pleno tiene módulos elásticos calculables: razón $K/\mu = 2.5737$ y módulo de Young $E = 9K\mu/(3K + \mu) \approx 1.23 \times 10^{114}$ Pa (E43). Esa rigidez es la razón de que la gravedad sea débil frente a las demás interacciones. [DERIVADO]

7. Cadena V — Mecánica cuántica

Compendio §8. 7 nodos, 5 eslabones.

La cadena

Con $\hbar$ ya derivada, la dinámica de las perturbaciones de fase del medio reproduce las piedras de toque de la mecánica cuántica —incertidumbre, Born, Bell, Schrödinger, Dirac— con sus coeficientes completos. Esta rama es derivada de extremo a extremo: no contiene ningún eslabón calibrado.

R-5.1 La relación de incertidumbre, con piso $\hbar/2$ exacto

$$\boxed{\Delta x \cdot \Delta p = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + \frac{3}{80} \left(\frac{\ell_P}{\sigma}\right)^2}} \quad (\text{E-inc-3})$$

En el límite $\sigma \gg \ell_P$ se recupera el piso $\hbar/2$ exacto, y el signo $\geq$ resulta ser la positividad de la rigidez flexural. La corrección ultravioleta es un GUP derivado, no postulado. [DERIVADO] ✓

- e-5.1.1 Coeficiente GUP $3/80 = (1/20) \cdot 3 \cdot (1/4)$, heredado del regulador flexural. Sin parámetro libre; falsable en dispersión ultravioleta. [DERIVADO] ✓

- e-5.1.2 Momento cuártico $\langle k^4 \rangle = 3\langle k^2 \rangle^2$ (E-inc-1). [DERIVADO]

R-5.2 El límite de Chandrasekhar con su coeficiente completo

$$M_{\text{Ch}} = \frac{\sqrt{3\pi}}{2} (-\xi^2 \theta')_{n=3} \frac{(\hbar c/G)^{3/2}}{(\mu_e m_u)^2} \approx 1.456 M_{\odot}$$

Un resultado astrofísico que cae del balance interno del medio con $\hbar$ y G ya derivadas, con el número completo frente al valor conocido $\approx 1.44 M_{\odot}$. [DERIVADO] ✓

R-5.3 La regla de Born como fracción de carga de Noether

La probabilidad es la fracción de la corriente conservada (E7c) contenida en una región, $P(R) = \int_R |\psi_{\text{norm}}|^2 d^3x$ (E-Born). [DERIVADO]

R-5.4 La correlación de Bell y la cota de Tsirelson

$$E(a, b) = -\cos(2(a - b)) \implies |S| \leq 2\sqrt{2} = 2.8284$$

La cota cuántica de Bell sale exacta de la geometría de la fase del medio: un número sin parámetros frente a un límite experimental bien establecido. [DERIVADO] ✓

R-5.5 El límite no relativista: F1 $\rightarrow$ Gross-Pitaevskii

$$i\hbar \partial_t \psi = -\frac{\hbar^2}{2m_{\text{eff}}} \nabla^2 \psi + g_{\text{eff}} |\psi|^2 \psi \quad (\text{E26})$$

La ecuación de Schrödinger no lineal de un condensado emerge como límite de baja energía de F1, con sus coeficientes fijados por el medio. [DERIVADO]

- e-5.5.1 Potencial efectivo de cuarto orden $V_{\text{eff}}^{(4)} = 855.6 \rho_P c^2$ (E24-bis). [DERIVADO]
- e-5.5.2 Renormalización del coeficiente cúbico por el canal $2\omega_0$ (E25a–E25d). [DERIVADO]

R-5.6 La estructura de Dirac como teoría efectiva de los modos de fase

Sobre la red diamante, la estructura de bandas da conos con $E = \pm \sqrt{v_F^2 \mathbf{q}^2 + m^2 c^4}$ y un álgebra de Clifford completa $\{\Gamma_\mu, \Gamma_\nu\} = 2\eta_{\mu\nu}$. La ecuación de Dirac aparece por dos vías convergentes, sin postular espinores. [DERIVADO]/[DLF]

- e-5.6.1 Construcción explícita de las matrices Γ_i desde la geometría de enlaces (E-Dirac-6, E-Dirac-7). [DERIVADO]

R-5.7 La rama cuántica no contiene eslabón calibrado

De $\hbar$ (R-3.2) al piso $\hbar/2$ (R-5.1), ninguna cantidad de esta cadena está anclada a dato. No hay parámetro donde absorber una discrepancia: es la rama más falsable del programa. [DERIVADO]

8. Cadena VI — Sector gauge y materia

Compendio §9–§10. 9 nodos, 8 eslabones.

La cadena

La circulación de la fase sobre las plaquetas de la red da el electromagnetismo y, en su versión no abeliana, Yang-Mills. Los nudos topológicos del mismo campo son las partículas: su existencia, su estabilidad, su espín, su carga y su sub-estructura de tres vórtices salen de la topología y de

la forma de F1.

R-6.1 Las ecuaciones de Maxwell desde la circulación de fase

$$E_{\text{mag}} = \frac{8}{9} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}, \quad F_{\mu\nu} = \partial_\mu a_\nu - \partial_\nu a_\mu$$

El campo electromagnético es la circulación de la fase del Pleno sobre las plaquetas de la red. [DERIVADO]

- e-6.1.1 **Coficiente** 8/9 de la energía magnética, de la geometría de plaquetas. [DERIVADO]
- e-6.1.2 Identidad de Bianchi $\partial_{[\lambda} F_{\mu\nu]} = 0$ como identidad geométrica. [DERIVADO]
- e-6.1.3 Ecuación de movimiento $\partial_\mu F^{\mu\nu} = 0$ desde Euler-Lagrange. [DERIVADO]

R-6.2 La luz se propaga al tope de cambio

La velocidad de la excitación electromagnética coincide necesariamente con c , la tasa máxima de cambio del medio. No son dos constantes que concuerdan: son la misma cantidad. [DERIVADO]

R-6.3 La estructura no abeliana de Yang-Mills

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu + i[A_\mu, A_\nu]$$

El término de conmutador aparece de la circulación de fase cuando el grupo interno no conmuta. [DERIVADO]

R-6.4 Carga cuantizada y neutralidad exacta

La carga es winding topológico, cuantizada en enteros por construcción. De ahí dos consecuencias de precisión extrema: la neutralidad $q_e + q_p = 0$ es exacta (verificada a 10^{-21}) y la equivalencia $Q \propto m$ también (compatible con MICROSCOPE a 10^{-15}). [DERIVADO]

- e-6.4.1 Función beta del acoplamiento desde la estructura de la red. [DERIVADO]

R-6.5 Clasificación topológica de los solitones

Dos clases según la topología del target: **skyrmiones** sobre $SU(2) \cong S^3$, con número bariónico B topológicamente conservado; y **Q-balls** sobre el sub-target contractible, estabilizadas por carga de Noether. La materia queda clasificada por topología. [DERIVADO]

- e-6.5.1 Estabilidad por balance de Derrick: el cinético favorece expandir, la pared de Gent comprimir, el flexural impide el colapso. [DERIVADO]
- e-6.5.2 B como integral topológica. [DERIVADO]
- e-6.5.3 Masa de la Q-ball $M_Q = M_P/S_{\text{máx,eff}} \approx 9.98 \times 10^{18} \text{ GeV}/c^2$ (E27). [DERIVADO]

R-6.6 La estadística emerge de la topología

Por el criterio de Finkelstein-Rubinstein, B impar $\rightarrow$ fermión. De ahí el principio de exclusión de Pauli y, con él, la estructura de la química. [DERIVADO]

R-6.7 El barión Borromean y la carga $\mathbb{Z}_3$

El winding $B = 1$ se reparte en tres vórtices enlazados de forma borromea, y la congruencia módulo 3 sobre los numeradores enteros reproduce las cargas observadas: protón $(2, 2, -1)$ con $\sum = 3 \equiv 0$; neutrón $(2, -1, -1)$ con $\sum = 0 \equiv 0$. La estructura de tres quarks y sus cargas fraccionarias salen de un invariante de enlace. [DERIVADO]/[DLF]

- e-6.7.1 Invariante de enlace $B = \text{Link}(L_1, L_2, L_3)$ (E28). [DERIVADO]
- e-6.7.2 Aritmética $\mathbb{Z}_3$ y asimetría $2 + 1$ (E29). [DERIVADO]

R-6.8 La torre rotacional y el split Δ - N

$$m(J) = m_N + \frac{\hbar^2}{2\Theta_p} \left[J(J+1) - \frac{3}{4} \right], \quad \boxed{\Delta m = \frac{9\hbar^2}{2m_p R_p^2}} = 264.1 \text{ MeV}$$

frente a 293.08 MeV observado: acuerdo del 90 % con m_p como única escala de entrada. Es el resultado del núcleo que no cierra del todo. [DLF]

R-6.9 Radio del protón y masa de la Δ

$R_p = 0.851$ fm frente a 0.8409 fm observado (98.8 %); $m_\Delta = 1202$ MeV frente a 1232 MeV (97.6 %). [DERIVADO]/[DLF]

9. Cadena VII — Cosmología

Compendio §11. 12 nodos, 13 eslabones.

La cadena

El mismo medio leído a escala del universo. Donde Λ CDM trata las densidades cósmicas como parámetros libres ajustados al dato, aquí se derivan de la geometría del sustrato: una razón de áreas da el reparto del sector oscuro, la partición f_c da el resto, y H_0 es la hora de un reloj y no una constante de la naturaleza. Todo el bloque cuelga de un único ingrediente posicional, $S_{\text{máx,eff}}^2$ (R-2.6).

R-7.1 La razón materia oscura / bariónica

$$\boxed{\frac{\Omega_{MO}}{\Omega_M} = \sqrt{3} \pi \approx 5.4414} \quad (\text{E37})$$

frente a $\omega_{\text{dm}}/\omega_b = 5.375 \pm 0.077$ de Planck 2018: acuerdo a 0.86σ con cero parámetros libres. Es la confrontación más sólida del programa porque el factor h^2 se cancela y la comparación es contra densidades físicas leídas de las alturas de los picos del fondo cósmico, no contra parámetros que ya son salida de un ajuste. Un número de geometría pura —razón de áreas entre la esfera isótropa y el tetraedro de Voronoi de la red diamante— cae a menos de 1σ del dato. [DERIVADA-AI] ✓

- e-7.1.1 **Vía geométrica:** razón pura de áreas $2A_S/A_T = 2(4\pi R^2)/((8\sqrt{3}/3)R^2) = \sqrt{3}\pi$. [DERIVADO]
- e-7.1.2 **Vía dinámica:** el reparto es cociente de *pesos termodinámicos de modos de superficie*, $Z_i \propto A_i \varphi$ (el factor φ se cancela), con el factor espinorial $\frac{1}{2}$ de Peter-Weyl. Esta vía deriva la proporcionalidad al área que la geométrica postula. [DERIVADO]
- e-7.1.3 La coordinación $Z = 4$ de la red diamante es un 2-diseño esférico: integra el área de forma exacta muestreando la esfera en cuatro puntos tetraédricos, con anisotropía de cuarto orden nula. La red da área esférica exacta sin requerir espacio vacío, compatible con A1. [DERIVADO]
- e-7.1.4 La normalización $\varphi_{MO}/\varphi_M = 1$ está protegida topológicamente: esfera y tetraedro son ambos S^2 ($\chi = 2$), luego $\int K dA = 4\pi$ es idéntico hasta el orden de curvatura inclusive. [DERIVADO]

El alcance de la convergencia de las dos vías

Las dos vías comparten la geometría A_S/A_T y no son totalmente disjuntas. La independencia está en el eslabón “por qué el peso va como área”, derivado por termodinámica de frontera en una vía y postulado geoméricamente en la otra. La etiqueta [DERIVADA-AI] se aplica por eslabón disjunto: no hay dos $\sqrt{3}$ de orígenes ajenos.

R-7.2 La energía oscura: $w = -1$ exacto

El sector tardío es el condensado de fase en reposo en $S_{\min}$ ($\dot{\theta}_0 = 0$), de donde $T_{\mu\nu} \propto g_{\mu\nu}$ y por tanto $w = -1$ exacto, sin residuo. La cuadrivelocidad desaparece: la energía oscura no tiene marco de reposo dinámico. [DERIVADO] ✓

- e-7.2.1 Veto de la región fantasma: $w + 1 = 2K/(K + V_{\text{eff}}) \geq 0$ por positividad de la cinética canónica. Cualquier residuo empuja w por encima de -1 (quintaesencia), nunca por debajo. [DERIVADO]
- e-7.2.2 Termodinámicamente $\rho + p = 0 \Rightarrow s = 0$: el vacío relajado es un sólido elástico bajo tensión uniforme, no un fluido. [DERIVADO]

R-7.3 La energía oscura como estado fundamental del medio

$$\rho_{EO} = V_{\text{eff}}(S_{\min}) = \rho_P S_{\min}^2 = 0.5229 \rho_P$$

La sustancia (ρ_{EO}) y el carácter ($w = -1$) son estructurales y atemporales: son el valor y la forma del suelo del potencial. La transición de fase fija únicamente el reparto (f_c), no la energía oscura. De ahí una consecuencia dura: $w \neq -1$ exigiría que el mínimo de F1 se desplazara, es decir, que F1 no fuera el Lagrangiano del medio. La estabilidad de $w = -1$ es una imposibilidad estructural, no un hecho histórico. [DERIVADO]

- e-7.3.1 Punto de igualdad EO=M: imponiendo $\Omega_{EO} = \frac{1}{2}$ sobre la identidad del reparto $\Omega_{EO}(x) = 1/(1+x)^2$ resulta $x = \sqrt{2} - 1 = 0.4142$, es decir $S_{\text{tot}} = \sqrt{2} S_{\min} = 1.0226$. La geometría fija en qué configuración de campo ocurre la mitad, no cuándo. [DERIVADO]

R-7.4 Las densidades cósmicas

$$\Omega_m = 1 - f_c = 0.3131$$

Todo el bloque de densidades sale del único ingrediente posicional f_c , sin ajustes adicionales:

Cantidad	PIU- Ψ	Planck 2018	Param.	Acuerdo
$\Omega_{EO} = f_c$	0.6869	0.6847 ± 0.0073	0	0.30σ
$\Omega_m = 1 - f_c$	0.3131	0.315 ± 0.007	0	0.27σ
Ω_{MO} (oscura)	0.2645	0.2645 ± 0.007	0	0.07σ
Ω_M (bariónica)	0.0486	0.0493 ± 0.0006	0	1.2σ

[DERIVADO]/[CALIBRADO] ✓

R-7.5 La historia de expansión

$$E^2(z) = \frac{\Omega_m(1+z)^3 + \rho_S(z)/\rho_{c,0}}{\Omega_m + \rho_S(0)/\rho_{c,0}} \quad (\text{E-cosmo-3})$$

$H(z)$ queda forzada por V_{eff} , sin libertad funcional. Contra BAO de DESI DR2: $\chi^2 = 6.54$ frente a 6.53 de Λ CDM —estadísticamente idéntico, con los mismos grados de libertad pero con parámetros derivados en lugar de ajustados. [DERIVADO]/[CALIBRADO] ✓

R-7.6 H_0 como cantidad posicional

$$H_0 = \sqrt{\frac{8\pi}{3}} \frac{c}{\ell_P} \sqrt{\Theta}, \quad \Theta_0 = \frac{3}{8\pi N_{\text{tic}}^2} \approx 1.66 \times 10^{-123}, \quad N_{\text{tic}} \approx 8.5 \times 10^{60}$$

El ajuste fino de 10^{-123} de la constante cosmológica es el inverso del cuadrado de la edad del universo medida en tics de Planck. H_0 es la hora que marca un reloj. [DERIVADO]/[DLF] ✓

- **e-7.6.1 Exclusión de $H_0 = 73$ como fondo:** un fondo tan alto exigiría $A = H_0 t_0 \approx 1.03$, por encima del techo $A(w = -1)$, lo que requeriría $w < -1$ —vetado por e-7.2.1. El valor de fondo es ~ 67 , coincidente con Planck. [DERIVADO]
- **e-7.6.2** La cota de edad admite Ω_m dentro de la banda posicional de f_c sin requerir $w < -1$: el techo $A(w = -1, \Omega_m)$ se satisface con Ω_m en el rango que f_c ya declara. [DERIVADO]

R-7.7 Tres anomalías reducidas a un solo hecho

La lectura posicional resuelve con una sola afirmación tres problemas que Λ CDM trata por separado. **(1)** La constante cosmológica: el 10^{-123} es la edad en tics, no un ajuste de 123 órdenes. **(2)** La tensión de Hubble: el H_0 primordial no se mide, es el que Λ CDM necesita para el fondo cósmico, y analizar bajo esa plantilla un medio con $w = -1$ exacto sesga la inferencia. **(3)** La señal $w_0 w_a$ de DESI: forzar un medio con $w = -1$ exacto dentro de ese molde produce una dinámica aparente. [DLF]

R-7.8 El arrastre ponderomotriz de la materia por la fase

$$F_{\text{arrastre}} = -\rho_P c^2 \ell_P^2 S_{\text{mín}} \nabla \langle (\partial \delta \theta)^2 \rangle$$

Las ondas de fase ejercen fuerza sobre la materia: el signo local es atractivo hacia los mínimos de agitación, dando anti-correlación fase-materia. [DERIVADO]

- **e-7.8.1** Localización en $z \rightarrow 0$ por peso relativo creciente: la materia diluye $\propto a^{-3}$, la agitación de fase $\propto a^{-4}$. [DLF]
- **e-7.8.2** Forma espectral $P_{\delta\theta}(k) \propto k^{-3}$, heredada del $n_s = 1$ del rebote. [DLF]

El efecto neto sobre $f\sigma_8$ (C-5)

El signo local de la fuerza está derivado; el efecto neto sobre la tasa de crecimiento no se lee de la fuerza local aislada. El acoplamiento es de transferencia de momento puro (clase Pourtsidou–Skordis–Copeland), y esa clase suprime el crecimiento, en la dirección de la tensión S_8 observada. Cerrar el signo neto requiere la dinámica acoplada completa. Permanece como cabo abierto.

R-7.9 El congelamiento de fase y el origen de la partición

Mecanismo Kibble-Zurek: en $S_{\text{máx}}$ la fase está desordenada ($U(1)$ restaurada); al cruzar S^* la simetría se rompe y regiones causalmente desconectadas escogen fases independientes. La transición fija qué fracción del volumen quedó coherente ($f_c \rightarrow \text{EO}$) frente a cuánta quedó atrapada como defectos ($1 - f_c \rightarrow \text{materia}$). [DLF]/[CALIBRADO]

R-7.10 El cuerpo negro perfecto y el espectro primordial

El potencial químico sale $\mu = 0$ exacto (E-cosmo-4), frente a la cota observacional $\mu < 9 \times 10^{-5}$. Y el índice espectral a orden cero:

$$\boxed{n_s - 1 = 3 - 2\nu = 3 - 2\left|s - \frac{1}{2}\right|} \implies n_s = 1 \quad (\text{E-cosmo-1})$$

con el signo rojo y la pequeñez del tilt derivados, y su valor exacto posicional. [DERIVADO] ✓

R-7.11 La dilatación temporal de las supernovas Ia

El factor compartido sale $b = 1$ exacto frente a 1.003 ± 0.011 observado: acuerdo a 0.27σ con cero parámetros. Es un test de la ontología de estiramiento frente a expansión métrica. [DERIVADO] ✓

- e-7.11.1 Cota de redshift radial $z_{\text{máx}} = 0.268$ (estructura de dos relojes). [DERIVADO]

R-7.12 La cota de Hubble dilatante

$$\frac{H_{\text{máx}}}{\dot{\gamma}_{\text{máx}}} = \sqrt{\frac{8\pi}{3}} S_{\text{máx,geom}} = 4.2709$$

Igualdad estructural exacta entre la máxima tasa de expansión y la máxima tasa de deformación del medio. [DERIVADO] ✓

10. Cadena VIII — Reología y termodinámica del Pleno

Compendio §12. 14 nodos, 15 eslabones.

La cadena

El mismo medio leído como material: su curva reológica da la relatividad especial como rigidización al acercarse a c ; su ciclo de carga y descarga da el rebote cósmico sin singularidad; y el conteo de configuraciones de su fase da la termodinámica, incluida la estadística de Bose-Einstein. De los catorce nodos, solo la familia de disipación (R-8.13) tiene contraste observacional, y es de orden de magnitud.

R-8.1 El índice de flujo y la lectura Herschel-Bulkley

$$\boxed{n(x) = \frac{1}{1-x}}, \quad x = \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_{\text{máx}}} \quad (\text{E47})$$

El Pleno es un fluido dilatante: se endurece al deformarse más rápido. La curva es la de un material real. [DERIVADO]/[DLF]

- e-8.1.1 Umbral de fluencia $\tau_0 = \frac{3}{4S_{\text{mín}}^3} \rho_P c^2 \approx 1.9838 \rho_P c^2$ (E48). [DERIVADO]

R-8.2 La tasa máxima de deformación

$$\dot{\gamma}_{\text{máx}} = \frac{c}{\ell_P} = \frac{1}{t_P} \approx 1.8552 \times 10^{43} \text{ s}^{-1} \quad (\text{E45})$$

Existe un tope físico de rapidez de cambio, y es la escala de Planck. [DERIVADO] ✓

R-8.3 La Relatividad Especial como rigidización reológica

$$n(u) = \frac{1}{1-u} = \frac{1}{1-v^2/c^2} = \gamma^2 \quad (\text{E49-E50})$$

El factor de Lorentz es el índice de flujo del medio evaluado en la deformación cinética: la relatividad especial es la respuesta reológica de un dilatante al acercarse a su tope. Este nodo cierra el círculo con la cadena I, donde el mismo factor apareció como ligadura del balance. [DERIVADO] ✓

R-8.4 La ecuación del ciclo cósmico

$$\rho_P \ell_P^2 \ddot{\bar{S}} + \eta(\bar{S}) \dot{\bar{S}} + V'_{\text{eff}}(\bar{S}) = 0 \quad (\text{E57})$$

Un oscilador de Gent amortiguado: el medio se comprime, choca contra su pared dura y rebota. [DLF]

R-8.5 El rebote es estructural

La auto-gravedad local es insuficiente por un factor $\approx 4.26 \times 10^5$ para comprimir hasta la pared. La singularidad no se evita por un ajuste fino de condiciones iniciales: la pared dura de A6 la hace inalcanzable. [DERIVADO]

R-8.6 La regulación del rebote y el origen de su asimetría

El perfil de amortiguamiento local $\xi_{\text{loc}}(S)$ diverge al comprimir hacia $S_{\text{máx}}$ —de 0.984 (subamortiguado, hoy) a 10^4 (sobreamortiguado)—, lo que garantiza un rebote limpio sin resonancia. La asimetría de tiempos entre contracción y rebote proviene del contraste de motores: la contracción está forzada externamente a escala de Hubble; el rebote es libre, gobernado por relajación elástica a escala de Planck. [DERIVADO]/[DLF]

R-8.7 Navier-Stokes y la regularidad global del flujo

Las ecuaciones de Navier-Stokes incompresibles emergen como límite hidrodinámico de F1, y el flujo del Pleno resulta globalmente regular: el grano ℓ_P y la cota de deformación impiden el blow-up. [DLF]

- e-8.7.1 Ausencia de singularidad bajo el tiempo emergente. [DLF]
- e-8.7.2 Transitorio viscoso de cristalización: cómo se imprime la partición materia/EO. [DERIVADO]/[DLF]

R-8.8 El punto crítico auto-dual S^*

$$S^* = \sqrt{S_{\text{mín}} S_{\text{máx,geom}}} = 1.0329, \quad \frac{S^*}{S_{\text{mín}}} = \frac{S_{\text{máx}}}{S^*} = \sqrt{\frac{S_{\text{máx}}}{S_{\text{mín}}}} = 1.4285$$

El medio tiene un tercer radio distinguido, equidistante de ambas paredes en escala logarítmica y punto fijo de la inversión conforme $\Psi \rightarrow S^{*2}/\bar{\Psi}$, que intercambia las paredes exactamente ($S^{*2}/S_{\text{mín}} = S_{\text{máx}}$). Es donde $U(1)$ se rompe y nace la red: la cristalización. [DERIVADO] ✓

- e-8.8.1 La inversión parte el espacio de configuración en dos dominios: interior $[S_{\text{mín}}, S^*]$ de Klauder (cuántico, IR) y exterior $[S^*, S_{\text{máx}}]$ de Gent (geométrico, UV). [DERIVADO]
- e-8.8.2 La auto-dualidad es exacta en la geometría y rota en la dinámica; la ruptura se mide en $S_{\text{mín}}^2 - 3/8 = 0.148$. [DERIVADO]

R-8.9 La corona de configuración de Ψ

El espacio de estados del campo en cada celda es una región, no un valor: la corona circular del plano complejo con radio interior $S_{\text{mín}}$ (pared A2), radio exterior $S_{\text{máx,geom}}$ (pared A6), argumento libre (A5) y centro prohibido (A1). El agujero en el origen es la ausencia de vacío escrita en geometría: Ψ nunca se anula, y la corona es un anillo, no un disco.

$$A = \pi(S_{\text{máx,geom}}^2 - S_{\text{mín}}^2) = 5.1977$$

Cuatro axiomas en un solo objeto geométrico, con el círculo auto-dual S^* como su ecuador. [DERIVADA-IDIOMA]

R-8.10 La temperatura como descoherencia de fase

El medio tiene una sola sustancia (A1): el calor como sustancia separada sería un segundo fluido, prohibido. La temperatura es la medida del cambio propagante no coherente por grado de libertad de fase. Fase coherente $\rightarrow$ condensado, $s = 0$, vacío frío; fase incoherente $\rightarrow U(1)$ restaurada, temperatura máxima. Anclada en A5 (fase) más A4 (el grano discretiza el espacio de fase). [DLF]

R-8.11 La estadística de Bose-Einstein, derivada

En tres pasos, sin suponer la distribución. (1) La expansión cuadrática de F1 hace de cada modo de fase un oscilador armónico con $\omega_k^2 = c^2 k^2 (1 + (k\ell_P)^2/20)$, que es la dispersión ya establecida en

R-4.3. **(2)** Repartir cuantos indistinguibles entre osciladores da, por combinatoria pura, $\sigma(n)/k_B = (1+n) \ln(1+n) - n \ln n$. **(3)** Imponer equilibrio térmico con la definición nativa $1/T = dS/dE$ fuerza

$$\boxed{\langle n \rangle = \frac{1}{e^x - 1}, \quad x = \frac{\hbar\omega}{k_B T}} \quad (\text{E59})$$

El carácter bosónico lo fija E36, donde el modo de fase es un bosón de Goldstone con $p_\theta = n\hbar$ sin cota superior de ocupación; Fermi exigiría truncar en $m = 1$, sin análogo aquí. **[DERIVADO-ÁLGEBRA]**

R-8.12 Stefan-Boltzmann por conteo nativo

Integrando la ocupación derivada sobre la medida de modos:

$$\frac{s}{k_B} = \frac{g_*}{2\pi^2} \int_0^\infty k^2 \sigma_k dk = 0.877298168986 \quad \text{frente a} \quad \frac{2\pi^2}{45} g_* = 0.877298168986$$

a trece cifras. La entropía de radiación se obtiene del conteo de configuraciones del propio medio: la termodinámica del Pleno es del medio y no importada. **[DERIVADO]** ✓

R-8.13 Temperatura máxima, piso de disipación y la cota KSS

$$k_B T_{\text{máx}} = \left(\frac{40\sqrt{6}}{3\pi^2} \right)^{1/4} \rho_P c^2 \ell_P^3 = \frac{5^{1/4} 6^{7/8}}{3\sqrt{\pi}} \rho_P c^2 \ell_P^3 = 1.3487413 \rho_P c^2 \ell_P^3$$

por saturación de A6: el gas de modos alcanza la densidad del propio medio. De ahí, con la cota de Kovtun-Son-Starinets $\eta/s \geq \hbar/4\pi k_B$:

$$R_{\text{piso}} = \frac{2 \cdot 5^{3/4} 6^{7/8} \sqrt{\pi}}{75} = 0.7579726$$

un número puro: al sustituir $\hbar = \rho_P c \ell_P^4$ todas las constantes se auto-aniquilan. Que el piso caiga bajo 1 fuerza $\tau_{\text{col}} \geq 1.319 \tau_{\text{II}}$, acotando la ventana relativista en $1 \lesssim R_{\text{TT}} \lesssim 2.5$: la franja del plasma de quarks y gluones. **[DERIVADO]/[DLF]** ✓

- **e-8.13.1 Familia de disipación a 21 órdenes:** plasma de quarks y gluones ($\sim 10^{12}$ K), metales extraños ($\sim 10^2$ K) y gas de Fermi unitario (10^{-9} K) son el mismo medio en tres regímenes; los tres saturan el mismo orden de la cota, ninguno la viola. **[DLF]**
- **e-8.13.2 Signo entre regímenes:** un modo con gap Δ no puede transferir a estados bajo Δ (canal cerrado), luego relaja más lento: $\eta/s(\text{con gap}) > \eta/s(\text{sin gap})$ siempre. El gas de Fermi excediendo el techo TT es consecuencia de esa regla. **[DERIVADO]**
- **e-8.13.3** El coeficiente por régimen no es universal (el gas de Fermi da ~ 5). Universales son la cota, el orden de magnitud y el signo. **[DLF]**

R-8.14 La cota KSS como principio de no-vacío

En un gas diluido nada prohíbe $\eta/s \rightarrow 0$: basta diluir. En el Pleno es imposible, porque el medio siempre está lleno y acoplado modo a modo (A1) y ningún modo puede aislarse. La existencia de un piso positivo de η/s es la imposibilidad de vacío leída como cota de transporte. Donde la física estándar tiene una conjetura holográfica, aquí hay un principio axiomático. **[DLF]**

El alcance de la afirmación KSS

Lo derivado es que *existe* un piso positivo y su valor en el régimen TT, no que el piso sea exactamente $\hbar/4\pi k_B$ universal: el coeficiente $1/(4\pi)$ no se obtiene de A1. El Pleno TT tampoco satura la cota —da $R \in [1, 2.5]$, la respeta con margen. De ahí la etiqueta **[DLF]** y no **[DERIVADO]**.

- **e-8.14.1 k_B en tres niveles:** las propiedades sustantivas (ρ_P , ℓ_P) se cancelan por análisis dimensional; las relaciones derivadas (G , $\hbar$, γ_κ) por sustitución; k_B por auto-aniquilación, porque no hay nada en el Pleno que mida. En el idioma nativo del medio, la temperatura *es* energía. **[DLF]**

11. Metarresultados: la cadena y la confrontación

Compendio §13–§14. 7 nodos.

R-9.1 La estructura es un árbol de raíz única

Los resultados están encadenados: se siguen unos de otros desde un origen común, sin insertar suposiciones nuevas en cada paso. Desde un solo enunciado (A1) y un solo objeto dinámico (F1), los pilares de la física moderna aparecen como evaluaciones sucesivas. Si algún eslabón se rompe, la estructura entera lo acusa. [DERIVADO]

R-9.2 La rama cuántica es derivada de extremo a extremo

De $\hbar$ al piso $\hbar/2$, sin un solo eslabón calibrado. No hay parámetro donde absorber una discrepancia. [DERIVADO]

R-9.3 La rama cosmológica hereda un solo factor posicional

$S_{\text{máx,eff}}^2$ —valor de estado análogo a H_0 — es el único ingrediente calibrado del árbol. De él derivan Ω_{EO} , Ω_m , Ω_M y Ω_{MO} sin ajustes adicionales. [CALIBRADO]

R-9.4 La tabla de confrontación

Veintidós contrastes con la observación. Cuatro constantes y proporciones fundamentales reproducidas con cero parámetros libres y acuerdos sub- σ ; igualdad estadística con Λ CDM en $H(z)$ con menos libertad; ningún resultado fuera de las cotas observacionales.

R-9.5 La enumeración del espacio de fórmulas

Objeción estrecha: ¿cuántas *fórmulas* algebraicas simples caerían sobre una razón cosmológica dada? Enumerando computacionalmente el espacio de expresiones sobre $\{1, 2, 3, 4, \pi, e\}$ hasta complejidad $N = 5$ (3778 expresiones distintas), la probabilidad de que dos de ellas reproduzcan a la vez $\sqrt{3}\pi$ y f_c dentro de la ventana de 2σ es menor que 3×10^{-4} , es decir un factor $K_c \approx 6.71 \times 10^5$ contra leerlas como fórmulas afortunadas. Su alcance es el que le corresponde: acota la versión estrecha de la objeción para esas dos razones, y no se combina con el factor sobre el conjunto del programa. [método]

R-9.6 El factor sobre el conjunto de resultados

Objeción propia de un programa completo: ¿cuántos *marcos* reproducirían el conjunto entero de hechos? Quince resultados admitidos bajo cuatro criterios declarados antes de contar —que el desenlace discrimine, que no haya libertad de ajuste, que el blanco estuviese establecido, y que el canal de medición sea propio—, leídos con quince instrumentos que no comparten mecanismo. Doce resultados más quedan *fuera* del cómputo, con su motivo publicado: no por ser incorrectos —todos están derivados— sino por no aportar evidencia independiente a esa cuenta. Cada exclusión baja el factor: el recuento se construyó para ser exigente consigo mismo. Con $\prod p_i = 8.42 \times 10^{-10}$ y la corrección $(\prod p_i)^\lambda$ por tronco compartido:

$$\text{BF}(\lambda=0.5) \approx 3.4 \times 10^4, \quad \text{rango } [6.5 \times 10^1 (\lambda=0.2), 1.2 \times 10^9 (\lambda=1)]$$

Se reporta siempre con su rango, nunca como punto. [método]

R-9.7 Robustez del factor

El resultado no descansa en la elección de las probabilidades ni en ningún acierto concreto. Triplicando *todas* las p_i y adoptando además $\lambda = 0.35$, el factor se mantiene por encima de 10. Bajo el supuesto más punitivo ($\lambda = 0.2$, que equivale a declarar los quince resultados casi un solo hecho) sigue valiendo 65. Y retirando un ítem cada vez, ninguna omisión individual lo hace caer más de 4.5 veces. Los posteriores se leen como movimiento del prior: una posición neutra pasa a 0.99997; una de 10^{-3} , a 0.9718. [método]

El alcance del argumento bayesiano

Ninguna evidencia bayesiana demuestra que una teoría sea correcta: un factor de Bayes compara dos hipótesis y no valida ninguna. Lo que estos factores establecen es que, bajo cualquier elección razonable de supuestos —incluidas las hostiles—, la lectura de los aciertos del programa como coincidencia numerológica queda desfavorecida. Las dos cifras responden preguntas distintas —cuántas fórmulas frente a cuántos marcos— y por eso no se multiplican ni se promedian. A ello se suma, como argumento de otra naturaleza, la coherencia entre sectores: que el mismo medio con las mismas escalas reproduzca a la vez G , $\hbar$, el piso $\hbar/2$ y el límite de Chandrasekhar con su coeficiente completo. Esa coherencia no se suma al factor, para no mezclar dos tipos de evidencia.

12. Predicciones falsables (serie P)

Son las vías por las que el programa puede ser refutado: afirmaciones de signo definido que Λ CDM no puede hacer con los mismos grados de libertad.

Id	Predicción	Test
P-1	La tensión H_0 se disuelve al leerse en observables crudos ($D_H/r_d, \theta_*$), por ser artefacto de plantilla y no física de expansión. Su persistencia en datos crudos refutaría la lectura.	DESI, BAO+SNe
P-2	La señal $w_0 w_a$ de DESI se atenúa en D_H/r_d crudo, por ser artefacto de forzar $w = -1$ exacto dentro de esa parametrización.	DESI 2024–2025
P-3	Dispersión ultravioleta con corrección $(k\ell_P)^2/20$ común al fotón y al modo tensorial; velocidad TT $\approx 1.0004 c$ en simulación.	LISA, ET, CE
P-4	Firma del polo de Lee-Wick sub-Planckiano en longitud ($\sim 5.5 \times 10^{19}$ GeV).	LISA / ET / CE
P-5	Supresión del crecimiento en $f\sigma_8$ por arrastre ponderomotriz, localizada en $z \rightarrow 0$, en la dirección de la tensión S_8 observada.	RSD, cizalla débil
P-6	Densidad del núcleo de un agujero negro primordial = $2.1773 \rho_P$ (saturación A6, sin singularidad).	Ondas gravitacionales
P-7	Refutación directa: $w_0 < -1$ consolidado en observables crudos violaría el veto de la región fantasma (e-7.2.1).	DESI, SNe

Qué es pertinente predecir

El programa se confronta contra observables modelo-independientes — D_H/r_d de BAO, la forma de $E(z)$, el ángulo acústico θ_* crudo—, nunca contra parámetros ($H_0^{\text{Planck}}, w_0^{\text{DESI}}$) que ya son salidas de un ajuste Λ CDM. El objetivo no es igualar el número ~ 5.6 de la tensión —que es una propiedad de la interpretación Λ CDM— sino predecir que esa tensión, y la señal $w_0 w_a$, se disuelven en esos observables crudos.

13. Cabos abiertos (serie C)

Lo que el programa no ha cerrado, con su severidad.

Id	Qué falta	Severidad	Naturaleza
C-1	Cascada electrodébil fermiónica y masas leptónicas individuales.	Alta	Cálculo mayor
C-2	λ_{SO} , masas fermiónicas, quiralidad, número de generaciones. La estructura de Dirac está derivada; restan los valores.	Media-alta	Cálculo
C-3	Embedding $Y(\Phi) = 1/2$ que fijaría $\sin^2 \theta_W$.	Media	Sector electrodébil
C-4	Valor del acoplamiento g de Yang-Mills desde la red.	Media	Cálculo
C-5	F-cosmo: forma cerrada de la corrección no lineal de $H(z)$ y predicción de S_8 desde el arrastre de fase. El objeto dinámico es el sector de fase, no el módulo radial.	Media	Confrontación
C-6	Métrica interior de Schwarzschild en la zona $S \rightarrow S_{\text{máx}}$. El horizonte sónico y la regularidad del núcleo están establecidos.	Media	Empalme
C-7	Forma exacta del acople F_{ext} del ciclo a Friedmann.	Media	Cálculo
C-8	Valor exacto de η/s dentro de la ventana derivada $[1, 2.5]$, acotada por ambos lados.	Baja	Refinamiento
C-9	Valor exacto del tilt n_s (posicional, como f_c y H_0). Signo rojo y pequeñez derivados.	Baja	Posicional
C-10	Tamaño físico del núcleo del defecto: lo fija la longitud de healing o la regulación de curvatura a escala ℓ_P . El núcleo es sub- ℓ_P en ambos casos.	Baja	Perfil
C-11	Estados altos de la torre rotacional (correcciones de deformación y vibración).	Baja	Extensión
C-12	Completitud UV: prueba de unitariedad a todo orden. El mecanismo nativo está dado; resta la formalización.	Baja	Formalización
C-13	Escala hadrónica desde el rebote.	Media	Programa
C-14	Densidad de saturación de un objeto compacto.	—	Experimental

Criterio epistémico

Donde el programa tiene la estructura pero no el valor cerrado, se declara. Un resultado importado de la literatura —el 3/8 de Klauder, el 2.0182 de Lane-Emden, el momento de inercia de Skyrme— se marca como importación y no como derivación nativa. Esta disciplina es la que permite que las cantidades **[DERIVADO]** se tomen al pie de la letra.

14. Índice completo de resultados

Los 72 nodos con su valor, contraste y estatus. La columna § remite a la sección del Compendio matemático donde vive la derivación.

Id	Resultado	Valor	Estatus	§
Cadena I — Génesis				
R-1.1	Identidad $\rho_P \equiv M \equiv E$	(E0a)	[DERIVADO]	1
R-1.2	Forma del campo $\Psi = Se^{i\theta}$	(E1)	[DERIVADO]	1
R-1.3	Axiomas A1–A6 y puente a F1	—	[DERIVADO]	1
R-1.4	El Lagrangiano F1	(E2)	[DERIVADO]	2
R-1.5	Ecuaciones dinámicas y corriente conservada	(E6, E7, E7c)	[DERIVADO]	2
Cadena II — Red y potencial				
R-2.1	La red diamante $Fd\mathfrak{3}m$, $Z = 4$	—	[DERIVADO]	3
R-2.2	Pleno-suelo $S_{\min}$, dos vías	0.7230871	[DERIVADO]	3
R-2.3	Coeficiente flexural	1/40	[DERIVADO]	3
R-2.4	Cota dura $S_{\max, \text{geom}}^2 = 8\sqrt{6}/9$	2.1773242	[DERIVADO]	4
R-2.5	Escala del potencial E_0	4.2546	[DER-ÁLG] ✓	4
R-2.6	Fracción de condensado f_c	0.6869	[DERIVADO]/[CALIBRADO] ✓	
Cadena III — Constantes				
R-3.1	$G = c^2/(\rho_P \ell_P^2)$	6.6765e–11 (0.03 %)	[DERIVADO]	5
R-3.2	$\hbar = \rho_P c \ell_P^4$	1.0540e–34 (0.06 %)	[DERIVADO]	5
R-3.3	Consistencia triple $G, \hbar, \ell_P$	exacta	[DERIVADO]	5
R-3.4	Identidad nativa $\gamma_\kappa = \hbar c/40$	—	[DERIVADO]	5
Cadena IV — Modos y gravedad				
R-4.1	Linealización: dos modos desacoplados	(E18, E19)	[DERIVADO]	6
R-4.2	Dispersión y masa del modo radial	$m_S = 4.4373 E_P$	[DERIVADO]	6
R-4.3	Dispersión TT y localizabilidad	$(k\ell_P)^2/20$	[DERIVADO]	6
R-4.4	Newton como límite efectivo	—	[DERIVADO]/[DLF]	7
R-4.5	Potencial newtoniano $1/r$	—	[DERIVADO]	7
R-4.6	Ecuaciones de Einstein (Sakharov)	$b = 8\pi^2$, $\gamma_G = 1$	[DERIVADO]	7
R-4.7	Schwarzschild como geometría efectiva	$r_s = 2GM/c^2$	[DERIVADO]/[DLF]	7
R-4.8	Rigideces estructurales	$K/\mu = 2.5737$	[DERIVADO]	7
Cadena V — Cuántica				
R-5.1	Incertidumbre con piso $\hbar/2$ exacto	GUP 3/80	[DERIVADO]	8
R-5.2	Límite de Chandrasekhar	$1.456 M_\odot$	[DERIVADO]	8
R-5.3	Regla de Born	—	[DERIVADO]	8
R-5.4	Cota de Tsirelson	$2\sqrt{2} = 2.8284$	[DERIVADO]	8
R-5.5	Límite Gross-Pitaevskii	(E26)	[DERIVADO]	8
R-5.6	Estructura de Dirac	—	[DERIVADO]/[DLF]	8
R-5.7	Rama cuántica sin eslabón calibrado	—	[DERIVADO]	8
Cadena VI — Gauge y materia				
R-6.1	Maxwell desde circulación de fase	coef. 8/9	[DERIVADO]	9
R-6.2	La luz se propaga al tope de cambio	$v = c$	[DERIVADO]	9
R-6.3	Yang-Mills no abeliano	(E-YM-1)	[DERIVADO]	9

Id	Resultado	Valor	Estatus	§
R-6.4	Carga cuantizada y neutralidad exacta	10^{-21}	[DERIVADO]	9
R-6.5	Clasificación topológica de solitones	—	[DERIVADO]	10
R-6.6	Estadística desde topología (Pauli)	—	[DERIVADO]	10
R-6.7	Barión Borromean y carga $\mathbb{Z}_3$	(E28, E29)	[DERIVADO]/[DLF]0	
R-6.8	Split Δ -N	264.1 vs 293.08 MeV	[DLF]	10
R-6.9	Radio del protón y masa de la Δ	0.851 fm; 1202 MeV	[DERIVADO]/[DLF]0	
Cadena VII — Cosmología				
R-7.1	$\Omega_{MO}/\Omega_M = \sqrt{3}\pi$	5.4414 (0.86 σ)	[DER-AI] ✓	11
R-7.2	Energía oscura $w = -1$ exacto	exacto	[DERIVADO]	11
			✓	
R-7.3	EO como estado fundamental del medio	$\rho_{EO} = 0.5229\rho_P$	[DERIVADO]	11
R-7.4	Las densidades cósmicas	$\Omega_m = 0.3131$ (0.27 σ)	[DERIVADO]/[CALIBRADO]	
			✓	
R-7.5	Historia de expansión $E^2(z)$	$\chi^2 = 6.54$	[DERIVADO]/[CALIBRADO]	
			✓	
R-7.6	H_0 como cantidad posicional	$\Theta_0 = 1.66\text{e}-123$	[DERIVADO]/[DLF]1	
			✓	
R-7.7	Tres anomalías, un solo hecho	—	[DLF]	11
R-7.8	Arrastre ponderomotriz	signo local derivado	[DERIVADO]	11
R-7.9	Congelamiento de fase (Kibble-Zurek)	—	[DLF]/[CALIBRADO]	
R-7.10	Cuerpo negro y espectro primordial	$\mu = 0$; $n_s = 1$	[DERIVADO]	11
			✓	
R-7.11	Dilatación temporal SN Ia	$b = 1$ (0.27 σ)	[DERIVADO]	11
			✓	
R-7.12	Cota de Hubble dilatante	4.2709	[DERIVADO]	11
			✓	
Cadena VIII — Reología y termodinámica				
R-8.1	Índice de flujo Herschel-Bulkley	$n(x) = 1/(1-x)$	[DERIVADO]/[DLF]2	
R-8.2	Tasa máxima de deformación	$c/\ell_P = 1.8552\text{e}43 \text{ s}^{-1}$	[DERIVADO]	12
			✓	
R-8.3	Relatividad como rigidización reológica	$n(u) = \gamma^2$	[DERIVADO]	12
			✓	
R-8.4	Ecuación del ciclo (Gent amortiguado)	(E57)	[DLF]	12
R-8.5	El rebote es estructural	factor 4.26e5	[DERIVADO]	12
R-8.6	Regulación y asimetría del rebote	—	[DERIVADO]/[DLF]2	
R-8.7	Navier-Stokes y regularidad global	—	[DLF]	12
R-8.8	Punto crítico auto-dual S^*	1.0329	[DERIVADO]	12
			✓	
R-8.9	Corona de configuración	área 5.1977	[DER-IDI]	12
R-8.10	Temperatura como descoherencia	—	[DLF]	12
R-8.11	Bose-Einstein derivada	(E59)	[DER-ÁLG]	12
R-8.12	Stefan-Boltzmann por conteo	0.8772982 (13 cifras)	[DERIVADO]	12
			✓	
R-8.13	$T_{\text{máx}}$, piso de disipación y KSS	$R_{\text{piso}} = 0.7579726$	[DERIVADO]/[DLF]2	
			✓	
R-8.14	KSS como principio de no-vacío	—	[DLF]	12
Metarresultados				
R-9.1	Árbol de raíz única	—	[DERIVADO]	13
R-9.2	Rama cuántica derivada de extremo a extremo	—	[DERIVADO]	13
R-9.3	Rama cosmológica: un solo factor posicional	—	[CALIBRADO]	13
R-9.4	Tabla de confrontación: 22 contrastes	ninguno fuera	—	14
R-9.5	Enumeración del espacio de fórmulas	$K_c = 6.71\text{e}5$	[método]	14
R-9.6	Factor sobre el conjunto de resultados	BF = 3.4e4	[método]	14
R-9.7	Robustez del factor	> 10 hostil	[método]	14

15. Cierre: el estado del programa

Lo que el inventario muestra

Un solo enunciado —el universo es energía finita y conservada— fija la forma del campo y con ella el Lagrangiano F1. La evaluación de F1 da la red diamante y sus dos razones puras, el potencial con sus dos paredes, y las constantes G y $\hbar$ a menos del 0.1 %. De ahí emergen en cascada los modos, la gravedad con el coeficiente de Einstein completo, la mecánica cuántica con el piso $\hbar/2$ exacto y la cota de Tsirelson, el sector gauge, la materia como nudos topológicos, la cosmología con las razones del sector oscuro a menos de 1σ , y la termodinámica del propio medio derivada por conteo.

Son **72 resultados en ocho cadenas**, con **69 eslabones** derivados, **41 verificados numéricamente** sin valores precargados, y **un solo ingrediente calibrado** en todo el árbol —una cantidad de estado, no un parámetro ajustado a los datos. El programa no ajusta mejor: deriva, en una sola cadena continua, lo que el modelo estándar parametriza.

Las tres fronteras

Lo calibrado. $S_{\text{máx,eff}}^2$ es lo único anclado a dato en todo el árbol: el punto de retorno presente de la oscilación del módulo, una cantidad de estado análoga a H_0 en cualquier cosmología. La frontera [DERIVADO]/[CALIBRADO] es la frontera entre lo que el Pleno *es* y las unidades humanas que se necesitan para hablar de él en números.

Lo importado. Tres resultados entran de la literatura y se marcan como tales: el coeficiente $3/8$ de Klauder, el 2.0182 de Lane-Emden, y el momento de inercia de Skyrme. Se usan; no se presentan como derivaciones nativas.

Lo abierto. Catorce cabos declarados con su severidad. El de mayor relieve —la cascada electrodébil fermiónica que fijaría las masas de los leptones— está sin abordar. El único resultado del núcleo que no cierra del todo, el split $\Delta-N$ al 90 %, se publica con su cifra y su etiqueta [DLF].

Sobre el método

El programa se apoya en un cuerpo amplio de literatura establecida —matemática, física teórica y cosmología observacional—, citada en detalle en el corpus: no reinventa lo probado, lo integra. Un resultado externo se importa por su derivación, no por su fórmula final: si su derivación descansa sobre un supuesto que el programa niega —por ejemplo, un vacío trivial donde el campo se anula— el resultado arrastra ese supuesto aunque la fórmula encaje.

En la elaboración se usaron sistemas de inteligencia artificial como herramienta de apoyo: verificación de consistencia, revisión de literatura, cálculo y edición. Lo que da valor científico a un resultado no es la herramienta sino su gobierno: la concepción del marco, sus axiomas, las decisiones sobre qué seguir y qué descartar, y la responsabilidad final recaen enteramente en el autor.

Reproducibilidad

El script `verificar_PIU.py` recalcula las cuarenta y una cantidades marcadas desde sus fórmulas de primeros principios, sin valores precargados. El desarrollo completo está en el corpus PIU- Ψ (≈ 400 pp.) y el Compendio matemático (≈ 90 pp.). Todo el material está disponible para descarga en piuniversal.com y en Zenodo (DOI 10.5281/zenodo.21724390). La invitación es a reproducirlo.