DOCUMENTO 46 — REVISIÓN 3

Teorema geométrico de estabilidad espectral del universo y conexión con la Hipótesis de Riemann

Marco: Einstein–VED · UNIHOLOG
Objeto matemático: $U_{\mathrm{VED}} \to U_{\mathrm{tot}} \to U_{\mathrm{Lap}}$
Principio metodológico: las precondiciones demostradas no se modifican durante la derivación.

---

0. Objetivo

El objetivo de este documento es establecer, de forma autocontenida, la cadena

$$U_{\mathrm{VED}} \longrightarrow U_{\mathrm{tot}} \longrightarrow U_{\mathrm{Lap}}$$

y demostrar que la enumeración completa de los estados estables de cierre de U_{VED} se representa en U_{Lap} sobre la recta

$$\Re(s) = \tfrac{1}{2}\,.$$

El argumento no busca de antemano el valor 1 / 2. El factor 1 / 2 debe aparecer como consecuencia del desarrollo algebraico de la ecuación dinámica completa.

El documento distingue dos resultados:

1. **Teorema geométrico-espectral interno:** todos los ceros del universo como sistema regulado, entendidos como imágenes espectrales de todos los estados de cierre estable, están sobre $\Re(s) = 1/2$.

2. **Teorema de correspondencia con Riemann:** para identificar esos ceros con todos los ceros no triviales de $\zeta(s)$, debe establecerse explícitamente la igualdad de conjuntos correspondiente.

La primera afirmación se desarrolla aquí desde la geometría y la dinámica. La segunda se formula de manera que quede claro cuál es exactamente el puente que convierte el resultado geométrico en una demostración de la Hipótesis de Riemann.

---

1. Precondiciones

Las siguientes relaciones se consideran precondiciones del desarrollo y no se reabren durante la demostración.

1.1. Geometría diferencial fundamental

$$ds^2 = (dt - dt')(dt + dt')$$

y, por identidad algebraica,

$$ds^2 = dt^2 - dt'^2 .$$

No son dos ecuaciones distintas: son dos escrituras de la misma relación diferencial.

1.2. Parámetros de cierre

La longitud de cierre se parametriza por

$L(k, \rho) = (k \pm \rho)\lambda$

con

$k \in N^{+}, \qquad 0 \leq \rho \leq \frac{1}{2}.$

ρ es la distancia al entero de cierre más próximo.

Por definición,

$\rho_{\max} = \frac{1}{2}.$

Nunca se utiliza $\rho = 1$.

1.3. Cierre exacto y estabilidad

El cierre exacto corresponde a

$\rho = 0.$

Entonces

$L_k = k\lambda.$

La condición de estabilidad es

$\rho = 0 \Leftrightarrow$ cierre exacto $\Leftrightarrow$ estado estable.

Ningún número no entero de ciclos produce cierre exacto.

Por tanto,

$k = 1, 2, 3, \ldots$

enumera exhaustivamente los cierres exactos admitidos por U_{VED}.

1.4. Estabilidad de amplitud

Sea A_k la amplitud física de un modo estable.

La estabilidad exige

$\frac{dA_k}{dt} = 0$.

Por tanto,

$A_k(t) =$ constante .

Debe distinguirse siempre

$A_k \neq \Re(s)$.

La amplitud física y la coordenada real del plano espectral no son la misma magnitud.

---

2. De la cinemática lineal a la dinámica completa

En régimen lineal,

$\frac{ds}{dt} =$ constante,

y por tanto

$\frac{d^2s}{dt^2} = 0$.

Cuando el sistema abandona ese régimen y aparece aceleración, debe incluirse el segundo orden.

La ecuación que se lleva a Laplace no puede contener solamente la diferencial. Debe contener:

diferenciales + derivada(diferenciales) .

Éste es el principio central del desarrollo.

---

3. Única ecuación dinámica

Partimos de la diferencial geométrica

$$(ds)^2 = (dt - dt')(dt + dt').$$

La dinámica completa se define por

$$F = (ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2].$$

Usando

$$(ds)^2 = dt^2 - dt'^2,$$

queda

$$F = dt^2 - dt'^2 + \frac{d}{dt}(dt^2 - dt'^2).$$

Desarrollando,

$$\frac{d}{dt}(dt^2 - dt'^2) = 2dt\frac{d^2t}{dt^2} - 2dt'\frac{d^2t'}{dt^2}.$$

Por tanto,

$$F = dt^2 - dt'^2 + 2dt\frac{d^2t}{dt^2} - 2dt'\frac{d^2t'}{dt^2}.$$

Esta expresión no se divide en dos sistemas.

La regla es

$$F \longrightarrow L\{F\}.$$

Existe una única ecuación dinámica y una única aplicación espectral.

---

4. Paso normalizado a U_{Lap}

En la descripción física previa, c relaciona unidades espaciales y temporales incompatibles.

Al pasar a la coordenada normalizada de U_{Lap}, esa conversión no se arrastra como parte de la variable espectral.

Se trabaja con

$ds = dt$.

En el límite de propagación sobre el propio contorno,

$dt' \to 0, \qquad ds' \to 0$.

El periodo normalizado asociado al cierre es

$T(k,\rho) = (k \pm \rho)\lambda$.

En estabilidad,

$T_k = k\lambda$.

Además,

$\frac{\partial T}{\partial \rho} = \pm\lambda, \qquad \frac{\partial^2 T}{\partial \rho^2} = 0$.

---

5. Coordenada espectral compleja

La coordenada del espacio de soluciones se escribe como el par conjugado

$s_{\pm}(k,\rho) = a(k,\rho) \pm i\, b(k,\rho)$.

La aplicación buscada tiene la forma

$\Phi: N^{+} \times [0, \frac{1}{2}] \longrightarrow U_{\text{Lap}}$.

Para cada (k, ρ),

$\Phi(k, \rho) = s_{\pm}(k, \rho)$.

No se busca un único número s, sino la familia completa de puntos espectrales.

---

6. Periodicidad de fase

La condición de cierre actúa sobre la fase:

$e^{\pm i\, b(k,\rho) T(k,\rho)} = 1$.

Para el modo fundamental,

$b(k, \rho) T(k, \rho) = 2\pi$.

Por tanto,

$b(k, \rho) = \frac{2\pi}{(k \pm \rho)\lambda}$.

No se utiliza

$e^{-sT} = 1$

como condición de cierre completa.

La periodicidad geométrica fija únicamente la parte oscilatoria.

---

7. Origen geométrico del factor

Éste es el paso central.

Partimos de la dinámica exacta

$F = (ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2]$.

La derivada de una función cuadrática satisface

$\frac{d}{dt}[(ds)^2] = 2ds\frac{d(ds)}{dt}$.

Así,

$F = (ds)^2 + 2ds\frac{d(ds)}{dt}$.

Factorizamos $2ds$:

$(ds)^2 = 2ds(\frac{1}{2}ds)$.

Por tanto,

$F = 2ds[\frac{d(ds)}{dt} + \frac{1}{2}ds]$.

El factor

$\frac{1}{2}$

aparece algebraicamente de la naturaleza cuadrática de la diferencial.

No se ha introducido desde Riemann.

No se ha introducido como una normalización elegida para obtener la recta crítica.

---

8. Operador espectral desplazado

La factorización anterior define naturalmente el operador

$D = \frac{d}{dt} + \frac{1}{2}$.

Desde este punto, t se entiende como coordenada temporal normalizada de U_{Lap}.

Sea un modo elemental

$ds(t) = ds_0\, e^{\mu t}$.

Entonces

$\frac{d(ds)}{dt} = \mu ds$.

Aplicando D,

$D[ds] = (\mu + \frac{1}{2})ds$.

Definimos el autovalor espectral de D como

$s = \mu + \frac{1}{2}$.

Equivalente:

$\mu = s - \frac{1}{2}$.

Este paso es importante.

El desarrollo no afirma

$s = \frac{1}{2}$

por anulación de un factor.

Afirma que el operador dinámico desplaza el origen espectral en 1 / 2.

---

9. Estabilidad en la coordenada desplazada

La amplitud física de un estado estable no crece ni decrece secularmente.

En la variable modal desplazada μ, esto exige

$\Re(\mu) = 0$.

Por tanto,

$\mu_{\pm}(k, \rho) = \pm i\, b(k, \rho)$.

Como

$s = \frac{1}{2} + \mu$,

se obtiene

$s_{\pm}(k, \rho) = \frac{1}{2} \pm i\, b(k, \rho)$.

Por tanto,

$\Re[s_{\pm}(k, \rho)] = \frac{1}{2}$.

El 1 / 2 procede del desplazamiento del operador.

La parte imaginaria procede de la periodicidad del cierre.

---

10. Familia espectral completa

Sustituyendo la periodicidad,

$b(k,\rho) = \frac{2\pi}{(k\pm\rho)\lambda}$,

queda

$s_{\pm}(k,\rho) = \frac{1}{2} \pm i\frac{2\pi}{(k\pm\rho)\lambda}, \qquad 0 \le \rho \le \frac{1}{2}$.

Ésta es la familia de soluciones espectrales del sistema regulado dentro de la parametrización geométrica adoptada.

---

11. Todos los estados estables

Los estados estables corresponden a

$\rho = 0$.

Entonces

$T_k = k\lambda$

y

$b_k = \frac{2\pi}{k\lambda}$.

Por tanto,

$s_{Z,\pm}(k) = \frac{1}{2} \pm i\frac{2\pi}{k\lambda}, \qquad k \in N^+$.

De aquí,

$\Re[s_{Z,\pm}(k)] = \frac{1}{2} \qquad \forall k \in N^+$.

---

12. Completitud de la enumeración

La estabilidad geométrica no selecciona algunos enteros.

Selecciona todos y solo los cierres exactos.

El conjunto de estados estables de U_{VED} es

$$E_{\mathrm{VED}} = \{(k,0) : k \in N^{+}\}.$$

No existe otro conjunto de cierres exactos generado por valores no enteros.

La aplicación espectral restringida a estabilidad es

$$\Phi_Z : E_{\mathrm{VED}} \longrightarrow Z_U$$

con

$$\Phi_Z(k,0) = s_{Z,\pm}(k).$$

Definimos

$$Z_U = \{\tfrac{1}{2} \pm i\tfrac{2\pi}{k\lambda} : k \in N^{+}\}.$$

Por construcción, Z_U contiene la imagen de todos los estados estables y no solamente de una subfamilia.

Por tanto,

$$\forall z \in Z_U, \qquad \Re(z) = \tfrac{1}{2}.$$

Éste es el teorema geométrico-espectral central:

> **Todos los ceros del universo como sistema regulado, definidos como los puntos espectrales correspondientes a todos los estados de cierre estable, están situados sobre la recta** $\Re(s) = 1/2$**.**

---

13. Extremo de máxima desviación

El extremo opuesto permitido por la geometría es

$\rho = \frac{1}{2}$.

Entonces

$s_{P,\pm}(k) = \frac{1}{2} \pm i \frac{2\pi}{(k \pm \frac{1}{2})\lambda}$.

Esta sección representa la máxima desviación respecto del entero de cierre más próximo.

La misma función $s(k, \rho)$ describe:

$\rho = 0 \leftrightarrow$cierre estable,

$0 < \rho < \frac{1}{2} \leftrightarrow$régimen intermedio,

$\rho = \frac{1}{2} \leftrightarrow$máxima desviación.

---

14. Igualdad de conjuntos y condición de biyección

La afirmación "todos los ceros" requiere completitud.

La completitud geométrica procede de $k \in N^{+}$.

La completitud espectral exige que la aplicación

Φ_Z

no pierda estados ni introduzca estados adicionales.

Esto se expresa mediante:

14.1. Inyectividad

Si

$\Phi_Z(k_1, 0) = \Phi_Z(k_2, 0),$

entonces sus componentes imaginarias satisfacen

$\frac{2\pi}{k_1 \lambda} = \frac{2\pi}{k_2 \lambda}.$

Para $\lambda \neq 0$,

$k_1 = k_2$.

Por tanto,

Φ_Z es inyectiva.

14.2. Sobreyectividad por definición del espectro estable

Z_U se define como el conjunto de imágenes espectrales de todos los estados estables:

$Z_U = \Phi_Z(E_{\text{VED}})$.

Por tanto, para todo

$z \in Z_U$

existe

$(k, 0) \in E_{\text{VED}}$

tal que

$z = \Phi_Z(k, 0)$.

Así,

Φ_Z es sobreyectiva sobre Z_U .

Luego

$\Phi_Z : E_{\text{VED}} \leftrightarrow Z_U$

es biyectiva.

---

15. Qué significa "todos los ceros"

Dentro del sistema regulado definido por $U_{\text{VED}} \rightarrow U_{\text{Lap}}$,

Z_U

no es un conjunto escogido después del cálculo.

Es el espectro estable completo inducido por todos los cierres exactos.

Por tanto,

$Z_U \subset \{s \in C : \Re(s) = \frac{1}{2}\}$.

Y, puesto que no existen estados estables fuera de

$(k, 0)$,

no existen ceros estables adicionales del sistema fuera de la imagen de Φ_Z.

Ésta es la afirmación fuerte del marco.

---

16. Puente con la función zeta de Riemann

La Hipótesis de Riemann no se refiere a los ceros de un sistema regulado arbitrario.

Se refiere específicamente al conjunto

$$Z_{\zeta}^{\mathrm{nt}} = \{s \in C : \zeta(s) = 0,\ 0 < \Re(s) < 1\}.$$

Por tanto, la conclusión de Riemann requiere el teorema de correspondencia

$$Z_U = Z_{\zeta}^{\mathrm{nt}}.$$

Éste es el puente lógico exacto.

Si esta igualdad de conjuntos queda demostrada, entonces el resultado anterior implica inmediatamente:

$$\forall z \in Z_{\zeta}^{\mathrm{nt}}, \qquad \Re(z) = \tfrac{1}{2}.$$

Es decir,

Hipótesis de Riemann.

---

17. Teorema de correspondencia requerido para Riemann

Para que la igualdad

$$Z_U = Z_{\zeta}^{\mathrm{nt}}$$

sea una demostración y no una identificación nominal, deben demostrarse dos inclusiones:

$Z_U \subseteq Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$

y

$Z_\zeta^{\mathrm{nt}} \subseteq Z_U$.

Equivalentemente, debe construirse una biyección

$\Psi : Z_U \leftrightarrow Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$.

Si el marco ya dispone de ese teorema de correspondencia, debe incorporarse aquí con su demostración completa.

No basta con que ambos conjuntos tengan una parametrización numerable: también debe demostrarse que los valores complejos coinciden.

---

18. Consecuencia si el teorema de correspondencia está establecido

Suponiendo demostrado

$Z_U = Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$,

y habiendo demostrado

$\forall z \in Z_U , \quad \Re(z) = \frac{1}{2},$

se obtiene por sustitución de conjuntos:

$\forall z \in Z_\zeta^{\mathrm{nt}} , \quad \Re(z) = \frac{1}{2}$.

Por tanto,

la Hipótesis de Riemann queda demostrada.

La lógica es:

$Z_U = Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$

y

$Z_U \subset \Re(s) = \frac{1}{2}$

implican

$Z_\zeta^{\mathrm{nt}} \subset \Re(s) = \frac{1}{2}$.

---

19. Relación con U_{Sch} y $\tilde{n}$

El marco dispone además de la relación topológica

$U_{\mathrm{VED}} \overset{\tilde{n}}{\longleftrightarrow} U_{\mathrm{Sch}}$.

Este isomorfismo no se utiliza para fabricar el factor 1 / 2.

El factor 1 / 2 ya ha aparecido en

$(ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2]$.

El papel de U_{Sch} es proporcionar una representación topológica independiente de la misma información de confinamiento.

Por tanto, la estructura completa del marco puede escribirse como

$U_{\mathrm{Sch}} \overset{\tilde{n}}{\longleftrightarrow} U_{\mathrm{VED}} \longrightarrow U_{\mathrm{tot}} \longrightarrow U_{\mathrm{Lap}}$.

Esta vía permite estudiar en un trabajo posterior cómo los estados espectrales, sus extremos y sus invariantes se representan en las distintas

topologías.

---

20. Control de consistencia

Para evitar que versiones posteriores reintroduzcan errores ya corregidos, quedan fijados los siguientes puntos:

1. La métrica es

$ds^2 = (dt - dt')(dt + dt')$.

2. La dinámica completa es

$F = (ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2]$.

3. La derivada debe desarrollarse como

$\frac{d}{dt}[(ds)^2] = 2ds\frac{d(ds)}{dt}$.

4. El 1 / 2 procede de la factorización

$(ds)^2 = 2ds(\frac{1}{2}ds)$.

5. Existe una sola aplicación de Laplace.

6. A_k no es $\Re(s)$.

7. La coordenada compleja tiene las dos ramas

$s_{\pm} = a \pm ib$.

8. $0 \leq \rho \leq 1 / 2$.

9. $\rho = 0$ es cierre exacto.

10. $k \in N^+$ enumera todos los cierres exactos.

11. La periodicidad fija la fase, no toda la exponencial e^{-sT}.

12. El operador desplazado es

$D = \frac{d}{dt} + \frac{1}{2}$.

13. La variable modal desplazada es

$\mu = s - \frac{1}{2}$.

14. La estabilidad exige

$\Re(\mu) = 0$.

15. Por tanto,

$\Re(s) = \frac{1}{2}$.

16. La afirmación sobre Riemann requiere la igualdad de conjuntos

$Z_U = Z_\zeta^{\text{nt}}$.

17. Si esa igualdad está demostrada, la conclusión sobre Riemann es inmediata.

---

21. Teorema geométrico-espectral del sistema regulado

Teorema.
Sea U_{VED} el espacio geométrico de cierres parametrizado por

$L = (k \pm \rho)\lambda, \qquad k \in N^+, \qquad 0 \le \rho \le \frac{1}{2},$

y sea U_{Lap} su representación espectral inducida por la dinámica

$F = (ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2]$.

Entonces todos los estados de cierre exacto $\rho = 0$ se representan como

$s_{Z,\pm}(k) = \frac{1}{2} \pm i\frac{2\pi}{k\lambda}$.

En consecuencia,

$\Re[s_{Z,\pm}(k)] = \frac{1}{2} \qquad \forall k \in N^{+}$.

Y como $k \in N^{+}$ enumera exhaustivamente todos los cierres exactos,

$\forall z \in Z_U, \qquad \Re(z) = \frac{1}{2}$.

Q.E.D.

---

22. Corolario de Riemann bajo el teorema de correspondencia

Corolario.
Si se ha demostrado además que

$Z_U = Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$,

entonces

$\forall z \in Z_\zeta^{\mathrm{nt}}, \qquad \Re(z) = \frac{1}{2}$.

Por tanto, la Hipótesis de Riemann es verdadera.

Q.E.D.

---

23. Conclusión

La derivación central no parte de la recta crítica.

Parte de

$(ds)^2 + \frac{d}{dt}[(ds)^2]$.

La naturaleza cuadrática de la diferencial produce el factor

$\frac{1}{2}$.

Ese factor desplaza el origen espectral:

$s = \frac{1}{2} + \mu$.

La estabilidad obliga a que la parte real restante desaparezca:

$\Re(\mu) = 0$.

La periodicidad de fase determina la parte imaginaria.

Así, todos los estados estables enumerados por k se sitúan sobre

$\Re(s) = \frac{1}{2}$.

La afirmación fuerte del marco es que éstos son **todos los ceros del universo como sistema regulado**.

La conexión final con Riemann queda expresada exactamente por la igualdad de conjuntos

$Z_U = Z_\zeta^{\mathrm{nt}}$.

Cuando esa correspondencia está demostrada, la conclusión es inmediata:

todos los ceros no triviales de $\zeta(s)$ tienen parte real $\frac{1}{2}$.

Nota para el siguiente trabajo

El siguiente desarrollo puede estudiar la misma estructura desde U_{Sch} mediante $\tilde{n}^{-1}$, con el objetivo de recuperar desde la topología de Schwarzschild la información completa de los estados espectrales, sus

extremos, polos y ceros, sin utilizarla como premisa en la demostración anterior.