

La Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada: Una Métrica Estructural Universal para Fenómenos Heterogéneos

(ORCID: 0009-0005-4079-7418)

Andrés Calvo Espinosa

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Email:
ace@optimeflow.com

Nota:
Este ensayo se inscribe en la línea conceptual iniciada en Elocuencia: la emoción de Coherencia Universal.

Resumen:
Este ensayo presenta la Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada (Escala CU) como el primer módulo operativo del Proyecto Coherencia Universal, proponiendo una métrica estructural universal para comparar fenómenos heterogéneos (físicos, biológicos, sociales, simbólicos y filosóficos) sin imponer reduccionismos disciplinarios. La Escala CU se define como una herramienta heurística: no busca sustituir métricas especializadas, sino complementarlas mediante una lectura transversal orientada a la reducción de ruido interpretativo y validada por el criterio de «fruto» (claridad y estabilidad sin violencia). Su principio distintivo es la medición relacional respecto a un centro asintótico ideal e inalcanzable, utilizado como referencia estructural y no como dato operable. El ensayo describe la arquitectura de la escala, su Ley de Escalado Coherente y modos básicos de uso, incluyendo ejemplos aplicados en fenómenos físicos y complejos. Finalmente, se desarrollan aplicaciones prácticas inmediatas basadas en una conversión reproducible de magnitudes a valores CU dentro de un rango operativo de precisión fija, incorporando lectura fractal/autoanidada y herramientas de cálculo para apoyar la consistencia procedimental y la colaboración interdisciplinaria. Se concluye con líneas de trabajo futuro orientadas a formalizaciones matemáticas y simulaciones cuantitativas, junto con una invitación abierta a su refinamiento comunitario.

Palabras clave:
Coherencia Universal; Escala CU; precisión limitada; centro asintótico; métrica estructural; medición relacional; escalado fractal; autoorganización; conversión CU (normalización); interdisciplinariedad; reproducibilidad; criterio de «fruto».

Safe Creative ID:
2602204638324

DOI (Zenodo):
10.5281/zenodo.18714577

La Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada: Una Métrica Estructural Universal para Fenómenos Heterogéneos — Fecha de publicación 2026-02-20

© 2026 Andrés Calvo Espinosa — Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

La Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada: Una Métrica Estructural Universal para Fenómenos Heterogéneos

Índice

1. Introducción	1
1.1. Contextualización en el Proyecto Coherencia Universal	1
1.2. Propósito de la Escala CU	1
1.3. Alcance y límites	1
2. Fundamentos Conceptuales de la Escala CU	3
2.1. Principio central	3
2.2. Esencia de la escala	3
2.3. Diferenciación con escalas tradicionales	3
3. Descripción Estructural de la Escala CU	5
3.1. Componentes clave	5
3.2. Ley de Escalado Coherente	5
3.3. Modos de uso básicos	5
4. Comparación interdisciplinaria	7
4.1. Fenómenos físicos	7
4.2. Fenómenos complejos	7
4.3. Ejemplos Aplicados	7
5. Aplicaciones Prácticas Inmediatas	8
5.1. Análisis estructural universal comparativo	8
5.2. Modelado fractal y autoorganización	9
5.3. Herramienta para investigación interdisciplinaria y colaboración	11
6. Conclusiones y Perspectivas	13
6.1. Contribución principal	13
6.2. Perspectivas y trabajo futuro	13
6.3. Invitación	13

1. Introducción

La Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada (Escala CU) representa el primer módulo operativo del Proyecto Coherencia Universal, introducido en ensayos previos como "*La Fuente y El Contenedor*" (Calvo Espinosa, 2025, DOI: 10.5281/zenodo.17219671) y desarrollado en sus fundamentos teóricos en "*Fundamentos ontológicos y epistemológicos de la Coherencia Universal (CU)*" (Calvo Espinosa, 2026, DOI: 10.5281/zenodo.18702121).

Esta herramienta heurística⁽¹⁾ busca transitar de lo conceptual a lo aplicable, ofreciendo una métrica estructural que permite medir y analizar fenómenos observables desde una perspectiva unificada, siempre con un enfoque humilde y no totalizante.

1.1. Contextualización en el Proyecto Coherencia Universal

El Proyecto Coherencia Universal, como se detalla en los trabajos citados, se basa en principios relacionales⁽²⁾ que identifican patrones de coherencia entre dimensiones heterogéneas sin colapso reduccionista⁽³⁾. La Escala CU surge como una extensión operativa de estos fundamentos, permitiendo cuantificar el grado de alineamiento o "fase" en fenómenos complejos. No pretende reemplazar métricas especializadas (e.g., en física o psicología), sino complementarlas con una lectura transversal que reduce ruido y genera sentido compartible, alineada con el criterio pragmático-ético de "fruto" (claridad, estabilidad sin violencia). Futuros módulos, como el modelo de funciones estructurales o el algoritmo de cálculo, profundizarán en aplicaciones más cuantitativas.

1.2. Propósito de la Escala CU

El propósito principal de la Escala CU es redefinir la forma en que observamos y cuantificamos la realidad, estableciendo una métrica estructural universal aplicable a cualquier fenómeno observable. Su esencia reside en medir respecto a un punto estructural ideal e inalcanzable —un centro asintótico⁽⁴⁾— que actúa como referencia heurística para evaluar expansión dinámica y coherencia interna. Esto permite analizar desde fenómenos físicos simples (como velocidades planetarias) hasta complejos (como acumulaciones históricas o proyecciones estructurales), facilitando una integración significativa de elementos que, aislados, parecen inconexos. La precisión limitada⁽⁵⁾ es intencional: reconoce que toda medición es relativa y contextual, evitando pretensiones de exactitud absoluta.

1.3. Alcance y límites

El alcance de la Escala CU es estrictamente heurístico: sirve como arquitectura de lectura⁽⁶⁾ para

(1) Lammin (2017) propone enfoques heurísticos no totalizantes en la no-filosofía, evitando hipostatizar identidades y permitiendo articulación relacional abierta. Lammin, H. E. (2017). *Staging community: A non-philosophical presentation of immanent social experience* [Tesis doctoral]. University of Greenwich.

(2) Wildman (2006) argumenta que en ontologías relacionales, las relaciones son más fundamentales que las entidades, alineando con principios que emergen de interacciones. Wildman, W. J. (2006). *An introduction to relational ontology*. Boston University.

(3) Capra (1996) critica el reduccionismo en teoría de sistemas, proponiendo enfoques holísticos que preservan la complejidad sin colapso a un solo nivel. Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor Books.

(4) Bar-Yam (2004) describe puntos asintóticos en complejidad multiescala, donde emergen patrones desde umbrales críticos. Bar-Yam, Y. (2004). *A mathematical theory of strong emergence using multiscale variety*. Complexity, 9(6), 15-24. <https://doi.org/10.1002/cplx.20029>

(5) Sivakumar y Boon (2024) enfatizan la precisión limitada en humildad epistémica para integración interdisciplinaria. Sivakumar, K., & Boon, M. (2024). *The role of intellectual humility in promoting epistemic fluency for interdisciplinary engineering education*. Frontiers in Education, 9, Article 1395265. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1395265>

(6) Korzybski (1933) propone arquitecturas de lectura relacional, distinguiendo mapa (descripción) de territorio (realidad). Korzybski, A. (1933). *Science and sanity: An introduction to non-Aristotelian systems and general semantics*. Institute of General Semantics.

identificar patrones transversales en ámbitos interdisciplinarios, promoviendo la colaboración entre física, filosofía, matemáticas y ciencias sociales. Sus límites explícitos incluyen: no reemplaza evidencia empírica en dominios cuantitativos rigurosos; sus metáforas (e.g., "punto asintótico") son pedagógicas, no literales; y no constituye una herramienta predictiva cerrada, sino abierta a refinamiento contextual. Este posicionamiento humilde la hace complementaria a enfoques existentes, invitando a su uso sin hegemonía epistemológica.

2. Fundamentos Conceptuales de la Escala CU

Los fundamentos conceptuales de la Escala de Coherencia Universal (Escala CU) se anclan en los principios relacionales establecidos en el Proyecto Coherencia Universal, extendiendo la heurística teórica⁽⁷⁾ hacia una aplicación operativa. Esta sección repasa los conceptos clave de la Coherencia Universal (CU) y describe la transición hacia su forma cuantificable, destacando la innovación del punto estructural ideal como referencia heurística.

2.1. Principio central

La Coherencia Universal (CU), como se detalla en "Fundamentos ontológicos y epistemológicos de la Coherencia Universal (CU)" (Calvo Espinosa, 2026, DOI: 10.5281/zenodo.18702121), se define como un principio estructural y dinámico que organiza fenómenos heterogéneos —físicos, cognitivos, emocionales, simbólicos, éticos y espirituales— sin reduccionismos disciplinarios. No es una sustancia ni agente externo, sino una condición subyacente que emerge de relaciones internas, reduciendo ruido⁽⁸⁾ y generando sentido compartible. Constructos centrales como la Emoción de Coherencia Universal (ECU) —dinamismo estructurante⁽⁹⁾ vivido— y el criterio de "fruto" (claridad, estabilidad sin violencia) sirven de base para la Escala CU, que operacionaliza estos principios en una métrica universal.

2.2. Esencia de la escala

La transición de la CU conceptual a operativa se materializa en la Escala CU como una herramienta de medición que cuantifica el grado de alineamiento relacional. Inspirada en la lectura relacional priorizada sobre la acumulación de signos (evitando el "error del contenedor"), esta escala permite transitar de lo cualitativo a lo cuantificable. Su enfoque multiescala⁽¹⁰⁾ —de lo micro (vibracional) a lo macro (estructural)— refleja la fractalidad inherente⁽¹¹⁾ a los fenómenos coherentes, permitiendo analizar expansiones dinámicas desde un punto central ideal. Esta operacionalización no busca hegemonía, sino complementar métricas existentes con una perspectiva unificada.

2.3. Diferenciación con escalas tradicionales

La innovación principal de la Escala CU radica en su referencia a un punto estructural ideal e inalcanzable, denominado centro asintótico⁽¹²⁾. Este punto actúa como umbral crítico heurístico (S₉ en teasers a módulos futuros), desde el cual se mide la expansión simultánea hacia una base vibracional fundamental (S₁) y una máxima expresión estructural (S₁₆). No es un valor absoluto, sino una referencia relacional que captura la dinámica de coherencia, permitiendo evaluar fenómenos en términos de fase compartida y reducción de fricción interna. Esta aproximación

(7) Gigerenzer (2008) describe heurísticas como herramientas teóricas para simplificar decisiones complejas en contextos inciertos. Gigerenzer, G. (2008). *Rationality for mortals: How people cope with uncertainty*. Oxford University Press.

(8) Kahneman et al. (2021) analizan el ruido en juicios como variabilidad indeseada, proponiendo métodos para su reducción en sistemas complejos. Kahneman, D., Sibony, O., & Sunstein, C. R. (2021). *Noise: A flaw in human judgment*. Little, Brown Spark.

(9) Damasio (1994) conceptualiza las emociones como dinamismos estructurantes que organizan la cognición y el comportamiento. Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. Putnam.

(10) Salthe (1993) propone jerarquías multiescala en teoría de sistemas, donde niveles interactúan sin colapso. Salthe, S. N. (1993). *Development and evolution: Complexity and change in biology*. MIT Press.

(11) West (2017) explora la fractalidad en leyes de escalado biológicas y físicas, reflejando patrones auto-similares inherentes. West, G. B. (2017). *Scale: The universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies*. Penguin Press.

(12) Crutchfield (1994) describe centros asintóticos en emergencia de complejidad computacional. Crutchfield, J. P. (1994). *The calculi of emergence: Computation, dynamics and induction*. Physica D: Nonlinear Phenomena, 75(1-3), 11-54. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(94\)90073-6](https://doi.org/10.1016/0167-2789(94)90073-6)

asintótica enfatiza la precisión limitada, reconociendo que la medición es siempre contextual y abierta a refinamiento.

3. Descripción Estructural de la Escala CU

La descripción estructural de la Escala de Coherencia Universal (Escala CU) detalla su arquitectura como una métrica heurística⁽¹³⁾ de precisión limitada, diseñada para capturar la dinámica relacional de fenómenos observables. Esta sección explora sus componentes principales, la ley de escalado coherente y modos de uso básicos, manteniendo un enfoque conceptual sin entrar en formalismos matemáticos avanzados, reservados para módulos futuros.

3.1. Componentes clave

La estructura general de la Escala CU se basa en una métrica universal que evalúa fenómenos respecto a un punto central asintótico, desde el cual se mide la expansión simultánea⁽¹⁴⁾ hacia múltiples escalas. No es una escala lineal tradicional, sino una heurística relativa que asigna valores basados en el grado de alineamiento relacional⁽¹⁵⁾ (o "fase compartida") entre dimensiones heterogéneas. Su precisión limitada es deliberada: reconoce que toda cuantificación es aproximada y contextual, evitando reclamos de exactitud absoluta. La escala opera en un rango conceptual de base vibracional (nivel fundamental, cercano a S_1 en teasers a modelos estructurales) a máxima expresión (nivel complejo, cercano a S_{16}), permitiendo analizar desde eventos microscópicos hasta macroestructurales.

3.2. Ley de Escalado Coherente

La Ley de Escalado Coherente es el principio operativo que guía la medición en la Escala CU. Esta ley postula que la coherencia emerge de un escalado fractal⁽¹⁶⁾ y multidimensional, donde cada nivel de complejidad se relaciona asintóticamente con el punto central ideal. En términos heurísticos, el escalado no es uniforme: aumenta en claridad y estabilidad a medida que el fenómeno "entra en fase"⁽¹⁷⁾ con relaciones internas, reduciendo fricción y ruido. Por ejemplo, en un fenómeno físico, el escalado podría medir la alineación entre variables vibracionales y estructurales; en uno social, la integración de dimensiones emocionales y éticas. Esta ley asegura que la métrica sea transversal, aplicable sin colapso reduccionista, y validada por el criterio de "fruto" (efectos observables de integración sin violencia).

3.3. Modos de uso básicos

Los modos de uso básicos de la Escala CU permiten una aplicación cualitativa y semicuantitativa, adaptable a contextos diversos. En modo descriptivo, se asignan valores relativos (e.g., bajo, medio, alto) al grado de proximidad al punto asintótico, basado en observación relacional. En modo comparativo, se evalúan múltiples fenómenos en paralelo para identificar patrones transversales. Por instancia, un modo simple podría involucrar la evaluación de un fenómeno observable mediante una

(13) Lakatos (1970) describe heurísticas como métodos progresivos para medir y resolver problemas complejos en matemáticas. Lakatos, I. (1970). *Proofs and refutations*. Cambridge University Press.

(14) Holland (1995) analiza expansiones simultáneas en sistemas adaptativos complejos, emergiendo de interacciones paralelas. Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*. Addison-Wesley.

(15) Latour (2005) conceptualiza alineamiento relacional en actor-network theory, donde entidades heterogéneas se alinean sin reducciones. Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press.

(16) Schroeder (1991) explora escalado fractal como principio de auto-similitud en caos y complejidad. Schroeder, M. (1991). *Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise*. W. H. Freeman.

(17) Pikovsky et al. (2001) describe "entrar en fase" como sincronización en sistemas osciladores. Pikovsky, A., Rosenblum, M., & Kurths, J. (2001). *Synchronization: A universal concept in nonlinear sciences*. Cambridge University Press.

rúbrica heurística⁽¹⁸⁾:

- (1) Identificar capas relacionales.
- (2) Medir alineamiento aproximado.
- (3) Validar por reducción de ruido.

Estos modos son flexibles, invitando a refinamiento colaborativo, y sirven como base para extensiones futuras en simulaciones fractales o análisis autoorganizados.

(18) Simon (1996) propone rúbricas heurísticas en racionalidad acotada para evaluación aproximada y adaptable. Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). MIT Press.

4. Comparación interdisciplinaria

La comparación interdisciplinaria⁽¹⁹⁾ resalta la utilidad de la Escala CU al unificar análisis entre dominios. Por instancia, comparando un fenómeno físico⁽²⁰⁾ (velocidad planetaria) con uno filosófico (acumulación ética en decisiones morales): un modo heurístico evalúa ambos respecto al punto asintótico, midiendo el grado de fase compartida⁽²¹⁾. En el primero, enfoca alineamiento vibracional-estructural; en el segundo, integración emocional-ética. La comparación revela patrones transversales (e.g., reducción de fricción común), facilitando puentes entre física y filosofía sin colapso reduccionista, siempre validada por efectos observables de claridad y estabilidad.

4.1. Fenómenos físicos

En fenómenos físicos, la Escala CU mide la coherencia estructural de variables observables, como velocidades planetarias. Por ejemplo, al evaluar la velocidad orbital de la Tierra (aproximadamente 30 km/s) respecto al punto asintótico ideal, un modo heurístico asigna un valor relativo bajo si el fenómeno se considera aislado (e.g., sin contexto gravitacional), pero aumenta al integrar relaciones con el Sol y otros cuerpos (reduciendo "ruido" cinético⁽²²⁾). Esto revela patrones transversales, como la alineación entre vibración fundamental (e.g., ondas gravitacionales) y expresión estructural (e.g., órbitas estables), validando por "fruto" (estabilidad sin violencia, como en sistemas dinámicos equilibrados).

4.2. Fenómenos complejos

Para fenómenos complejos como la acumulación histórica, la Escala CU cuantifica la expansión relacional⁽²³⁾ a lo largo del tiempo. Consideremos la acumulación de conocimiento en una civilización: un modo básico mide el alineamiento entre capas emocionales (e.g., motivaciones colectivas) y simbólicas (e.g., narrativas culturales) respecto al centro asintótico. Si la acumulación genera fricción interna (e.g., conflictos ideológicos), el valor es bajo; si reduce ruido y fomenta sentido compartible (e.g., avances científicos integrados), aumenta. Esto permite analizar proyecciones estructurales, como la evolución de sociedades, sin imponer uniformidad, y con precisión limitada⁽²⁴⁾ para reconocer contextos culturales variables.

4.3. Ejemplos Aplicados

Los ejemplos aplicados ilustran cómo la Escala de Coherencia Universal (Escala CU) se utiliza como herramienta heurística para medir y analizar fenómenos heterogéneos, destacando su versatilidad sin reclamos de exhaustividad. Estos casos demuestran la métrica en acción, evaluando el alineamiento relacional respecto al punto asintótico central, con énfasis en la reducción de ruido y generación de sentido compartible.

(19) Graff (2015) explora comparaciones interdisciplinarias como unificación de dominios sin pérdida de especificidad. Graff, H. J. (2015). *Undisciplining knowledge: Interdisciplinarity in the twentieth century*. Johns Hopkins University Press.

(20) Feynman (1963) describe fenómenos físicos como variables observables en contextos relacionales. Feynman, R. P. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Addison-Wesley.

(21) Acevedo (2000) analiza fase compartida en sincronización colectiva de sistemas. Acevedo, M. F. (2000). *Interdisciplinary models of ecosystems*. CRC Press.

(22) Wiener (1948) conceptualiza ruido cinético como variabilidad en dinámica cibernética. Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. MIT Press.

(23) Crossley (2006) propone expansión relacional en redes sociales a lo largo del tiempo. Crossley, N. (2006). *Reflexive embodiment in contemporary society*. Open University Press.

(24) Feyerabend (1975) enfatiza precisión limitada en epistemología anarquista, reconociendo contextos variables. Feyerabend, P. (1975). *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. New Left Books.

5. Aplicaciones Prácticas Inmediatas

Las aplicaciones prácticas inmediatas de la Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada (Escala CU) dependen de un punto operativo central: la conversión reproducible de una magnitud observable a un valor CU comparable. Esta conversión no pretende “capturar” el centro ideal (0.0000000000000000), sino usarlo como límite estructural asintótico y, por tanto, no operable como dato.

Bajo esta lógica, la escala trabaja con una precisión fija y un rango expresable (simétrico) definido por convención de resolución:

-Valor mínimo observable (no-cero): ± 0.0000000000000010

-Valor máximo observable (límite operativo): ± 0.9999999999999990

-Rango total operativo: $-0.9999999999999990 < \text{valor} < +0.9999999999999990$

En la práctica, la Escala CU puede emplearse mediante dos enfoques complementarios:

Modo Estructural Puro: el centro asintótico actúa como referencia absoluta; la lectura prioriza cercanía/lejanía al centro y el límite operativo.

Modo Normalizado por Referencia: se asigna a un fenómeno real de referencia el valor 1.0000000000000000 (p. ej., una magnitud “patrón”). A partir de ahí, el resto se interpreta proporcionalmente. Si un valor supera el referente, puede redefinirse el referente o registrarse en el límite operativo (0.9999999999999990) cuando se trabaje en lectura estrictamente acotada.

En ambos enfoques, lo que habilita el uso comparativo e interdisciplinar es que el valor CU se obtiene mediante una fórmula simple y una convención de precisión estable (ver 5.1–5.3).

5.1. Análisis estructural universal comparativo

El análisis estructural universal utiliza la Escala CU para comparar fenómenos físicos, biológicos, sociales, simbólicos o filosóficos desde una referencia común: la posición relativa de un valor observado dentro de un rango definido.

5.1.1. Fórmula general de conversión a CU

Para convertir cualquier magnitud al formato CU⁽²⁵⁾:

$$\text{Valor}_{CU} = \frac{\text{Valor Observado} - \text{Valor Mínimo Observado}}{\text{Valor Máximo Observado} - \text{Valor Mínimo Observado}} \times \pm 0.9999999999999990$$

Donde:

(25) Han et al. (2011) describen métodos de preprocesamiento y normalización min–max, útiles para mapear valores observados a una escala acotada comparable. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.

- Valor Observado: magnitud real medida del fenómeno.
- Valor Mínimo / Máximo Observado: rango definido dentro del fenómeno analizado.
- ± 0.99999999999999990 : factor de conversión que fija el límite operativo y define la dirección estructural (positiva = expansión / negativa = contracción).

5.1.2. Precisión operativa de entrada

Para que la conversión sea coherente y comparable (y para sostener la “precisión limitada” como convención estable), la aportación de valores sigue esta regla:

- Todos los valores aportados deben contener exactamente 16 cifras⁽²⁶⁾ en total, combinando cifras antes y después del punto decimal.
- Los dos últimos decimales deben ser $\geq$ “10” (evitando terminaciones “00–09” y garantizando un mínimo no-cero operable).

Ejemplos correctos (formato de 16 cifras totales):

7189.0000000000010

10.892000000000010

6.5200000000000010

Con esta convención, la Escala CU mantiene una resolución fija (y por tanto comparable) sin atribuir a la herramienta una exactitud absoluta no justificable.

5.2. Modelado fractal y autoorganización

El modelado fractal y la lectura de autoorganización⁽²⁸⁾ se apoyan en una propiedad clave del modelo: la Escala CU puede leerse como una estructura fractal decimal.

5.2.1. Estructura fractal decimal⁽²⁷⁾

Cada decimal de la Escala CU puede interpretarse como un nivel de resolución estructural. Entre dos valores consecutivos puede desplegarse una nueva Escala CU completa, haciendo que la métrica sea autoanidada:

- Cada cifra decimal = capa estructural.
- Cada nivel decimal = puede contener una escala CU de 16 cifras.

Esto permite tratar diferencias muy pequeñas no solo como “ruido”, sino como microestructuras coherentes (útiles para lecturas multiescala y simulaciones sensibles).

(26) Goldberg (1991) explica límites de precisión, redondeo y efectos de la aritmética en coma flotante, relevantes para justificar convenciones de cifras y evitar falsa exactitud numérica. Goldberg, D. (1991). *What every computer scientist should know about floating-point arithmetic*. *ACM Computing Surveys*, 23(1), 5–48. <https://doi.org/10.1145/103162.103163>

(27) Mandelbrot (1982) formaliza la noción de fractalidad y autosimilitud como estructura multiescala, base conceptual para lecturas fractales decimales. Mandelbrot, B. B. (1982). *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman.

(28) Nicolis y Prigogine (1977) desarrollan la teoría de autoorganización en sistemas fuera del equilibrio (estructuras disipativas), apoyando el uso del término en modelado multiescala. Nicolis, G., & Prigogine, I. (1977). *Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations*. Wiley.

5.2.2. *Ejemplo aplicado: observación fractal de π en niveles CU* Se analiza π ($\approx 3.141592653589793$) en dos perspectivas estructurales:

- 1) Desde el nivel CU base: usando π directamente como valor observado.
- 2) Desde un subnivel fractal: escalando π hacia abajo ($\pi \div 10$) para alojarlo dentro del rango operativo del nivel.

Primer caso: π como valor observado directo

Valor observado: 3.141592653589793

Valor mínimo observado: 0.0000000000000010

Valor máximo observado: 0.999999999999990

Factor de conversión: -0.999999999999990

Resultado (Valor CU): -3.141592653589810

Interpretación:

El valor de π queda fuera del rango operativo CU estándar (limitado a $\pm 0.999...990$). Al aplicar la fórmula, se produce una inversión estructural: el sistema “devuelve” prácticamente el mismo número, pero en signo negativo, operando como señal de desbordamiento estructural.

Metáfora conceptual (lectura pedagógica):

Como una “burbuja estructural” demasiado grande que, en lugar de romperse, se invierte sobre sí misma para estabilizar el sistema sin colapsarlo: la forma se conserva (π), pero se manifiesta en dirección contraria.

Segundo caso: π escalado a un subnivel fractal ($\pi \div 10$)

Valor observado: 0.314159265358980

Rango CU idéntico

Factor de conversión: $+0.999999999999990$

Resultado (Valor CU): $+0.314159265358970$

Interpretación:

Al escalar π hacia abajo, el valor entra dentro del rango operativo. La fórmula devuelve el mismo valor sin distorsión ni inversión: el sistema lo alberga de forma natural.

5.2.3. *Ley estructural emergente: Ley de Escalado Coherente*

“Todo valor que excede el límite operativo de un nivel CU puede encontrar expresión coherente dentro de otro nivel fractal, conservando su estructura proporcional relativa.”

En términos operativos: lo que no puede expresarse directamente en un nivel puede manifestarse como parte de una estructura contenida en otro; la coherencia no se pierde al cambiar de nivel estructural, solo cambia la manifestación de la forma.

Representación conceptual (caso π):

<u>Nivel CU</u>	<u>Valor observado</u>	<u>Valor CU</u>	<u>Estado estructural</u>
Nivel base (S_1-S_{16})	3.141592653589793	-3.141592653589810	Expulsado / Invertido
Nivel fractal +1	0.314159265358980	+0.314159265358970	Alojado / Coherente

5.3. Herramienta para investigación interdisciplinaria y colaboración

En entornos reales de investigación (y especialmente en uso interdisciplinar), el punto crítico no es solo la fórmula, sino la consistencia del procedimiento⁽²⁹⁾: selección del rango, validación, factor, y precisión de entrada/salida. Por ello, resulta útil formalizar la lógica del signo del factor y apoyarse en una herramienta de cálculo.

5.3.1. Sobre la lógica del signo del factor CU (selección automática)

En el desarrollo práctico del cálculo CU se observó que el signo del factor de conversión no necesita imponerse manualmente: puede seleccionarse automáticamente mediante una validación simple del valor observado respecto al rango definido.

Código de referencia (Game Maker Studio 2) tal como se usa para el factor visual:

```
// Factor visual de conversión con validación completa
draw_set_color(c_white);
var factor_conversion_visual = "+ 0.999999999999990";
if (campo_actual != "" && campo_min != "" && campo_max != "") {
    var valor_actual = real(campo_actual);
    var valor_min = real(campo_min);
    var valor_max = real(campo_max);
    if (valor_actual < valor_min || valor_actual > valor_max) {
        factor_conversion_visual = "- 0.999999999999990";
    }
}
draw_text(pos_x + 260, pos_y + espaciado * 3, factor_conversion_visual);
```

Esta lógica implica:

(29) Wilson et al. (2014) proponen buenas prácticas para computación científica reproducible (validación, trazabilidad, control de errores), alineadas con el uso de herramientas como el Conversor CU. Wilson, G., Aruliah, D. A., Brown, C. T., et al. (2014). *Best practices for scientific computing*. *PLoS Biology*, 12(1), e1001745. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001745>

· Si valor_actual está dentro del rango (valor_min a valor_max), el sistema usa: + 0.9999999999999990

· Si valor_actual está fuera del rango, el sistema usa: – 0.9999999999999990

Lo relevante no es solo el “cambio de signo” como decisión externa, sino que la propia estructura del cálculo CU tiende a producir lecturas coherentes:

- **Valores por encima del máximo** (desbordamiento) tienden a producir resultados negativos (lectura de contracción/perturbación).

- **Valores por debajo del mínimo**, aunque insuficientes, no generan valores negativos; tienden a conservar una expresión positiva mínima (efecto estructural neutro o reducido), dado que el signo del factor y el signo del numerador se compensan.

5.3.2. “Conversor CU” como soporte de precisión y comunicación

Dada la precisión exigida y la necesidad de consistencia operativa, se introduce una herramienta específica (Conversor CU) que facilita:

- La introducción de valores en formato de 16 cifras.
- La validación automática del rango.
- La selección del factor de conversión.
- La visualización estructural asociada a los resultados.

En términos de colaboración interdisciplinar, esto reduce errores manuales, mejora la reproducibilidad y permite compartir ejemplos “limpios” (misma convención numérica, mismo procedimiento, misma lectura estructural).

6. Conclusiones y Perspectivas

La Escala de Coherencia Universal de Precisión Limitada (Escala CU) propone un avance heurístico⁽³⁰⁾ para la medición relacional de fenómenos heterogéneos⁽³¹⁾, extendiendo los principios del Proyecto Coherencia Universal hacia aplicaciones prácticas. En este cierre se sintetizan sus aportes principales, se delinearán líneas de desarrollo futuras y se invita a la comunidad investigadora a su contraste y refinamiento colaborativo⁽³²⁾.

6.1. Contribución principal

La contribución central de la Escala CU reside en ofrecer una métrica estructural universal capaz de unificar la observación cuantitativa sin imponer reduccionismos disciplinarios. Al evaluar fenómenos en relación con un punto asintótico ideal y operar bajo un marco de precisión limitada, la herramienta se plantea como complemento —no sustituto— de enfoques existentes. En conjunto, favorece claridad y estabilidad interpretativa, articuladas mediante el criterio de «fruto», y facilita puentes interdisciplinarios al integrar dimensiones diversas en un marco deliberadamente humilde y no totalizante.

6.2. Perspectivas y trabajo futuro

Entre las extensiones previstas se contempla el desarrollo de módulos operativos complementarios, incluyendo un modelo de funciones estructurales simultáneas y algoritmos matemáticos detallados para cálculos más precisos. Estos desarrollos permitirán transitar desde una heurística principalmente cualitativa hacia simulaciones cuantitativas más avanzadas⁽³³⁾, con potencial aplicación en ámbitos como la inteligencia artificial o el estudio de dinámicas colectivas, manteniendo la cautela heurística y el reconocimiento explícito de límites contextuales.

6.3. Invitación

Se invita a investigadores de distintas disciplinas a explorar y refinar la Escala CU como herramienta abierta⁽³⁴⁾, aportando aplicaciones contextuales, evaluaciones críticas y propuestas de mejora. Su uso complementario con marcos existentes puede enriquecer el conocimiento humano al favorecer colaboraciones orientadas a identificar patrones transversales de coherencia.

Contacto: ace@optimeflow.com.

(30) Box (1976) defiende el valor de modelos/heurísticas como instrumentos útiles bajo límites explícitos, reforzando un enfoque metodológicamente humilde. Box, G. E. P. (1976). *Science and statistics*. *Journal of the American Statistical Association*, 71(356), 791–799.

(31) Repko et al. (2017) sistematizan la investigación interdisciplinaria como integración metodológica entre dominios, útil para justificar puentes sin reduccionismo. Repko, A. F., Szostak, R., & Buchberger, M. P. (2017). *Interdisciplinary research: Process and theory* (3rd ed.). SAGE Publications.

(32) Nosek et al. (2015) argumentan por una cultura de investigación abierta orientada al contraste, revisión y mejora colaborativa (transparencia y cooperación). Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., et al. (2015). *Promoting an open research culture*. *Science*, 348(6242), 1422–1425. <https://doi.org/10.1126/science.aab2374>

(33) Munafó et al. (2017) articulan un marco para avanzar hacia ciencia reproducible, clave cuando se proyecta pasar de heurística a simulación cuantitativa. Munafó, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., et al. (2017). *A manifesto for reproducible science*. *Nature Human Behaviour*, 1, 0021. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>

(34) Wilkinson et al. (2016) proponen los principios FAIR para que datos/métodos sean encontrables, accesibles, interoperables y reutilizables, alineado con la invitación a refinar la herramienta de forma abierta. Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J. J., et al. (2016). *The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship*. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Bibliografía

- (1) Lammin (2017) propone enfoques heurísticos no totalizantes en la no-filosofía, evitando hipostatizar identidades y permitiendo articulación relacional abierta. Lammin, H. E. (2017). *Staging community: A non-philosophical presentation of immanent social experience* [Tesis doctoral]. University of Greenwich.
<https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/23409/1/Hannah%20Lammin%202017.pdf> — pág. 1
- (2) Wildman (2006) argumenta que en ontologías relacionales, las relaciones son más fundamentales que las entidades, alineando con principios que emergen de interacciones. Wildman, W. J. (2006). *An introduction to relational ontology*. Boston University. https://people.bu.edu/wwildman/media/docs/Wildman_2009_Relational_Ontology.pdf — pág. 1
- (3) Capra (1996) critica el reduccionismo en teoría de sistemas, proponiendo enfoques holísticos que preservan la complejidad sin colapso a un solo nivel. Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor Books. — pág. 1
- (4) Bar-Yam (2004) describe puntos asintóticos en complejidad multiescala, donde emergen patrones desde umbrales críticos. Bar-Yam, Y. (2004). *A mathematical theory of strong emergence using multiscale variety*. Complexity, 9(6), 15-24.
<https://doi.org/10.1002/cplx.20029> — pág. 1
- (5) Sivakumar y Boon (2024) enfatizan la precisión limitada en humildad epistémica para integración interdisciplinaria. Sivakumar, K., & Boon, M. (2024). *The role of intellectual humility in promoting epistemic fluency for interdisciplinary engineering education*. Frontiers in Education, 9, Article 1395265. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1395265> — pág. 1
- (6) Korzybski (1933) propone arquitecturas de lectura relacional, distinguiendo mapa (descripción) de territorio (realidad). Korzybski, A. (1933). *Science and sanity: An introduction to non-Aristotelian systems and general semantics*. Institute of General Semantics. — pág. 1
- (7) Gigerenzer (2008) describe heurísticas como herramientas teóricas para simplificar decisiones complejas en contextos inciertos. Gigerenzer, G. (2008). *Rationality for mortals: How people cope with uncertainty*. Oxford University Press. — pág. 3
- (8) Kahneman et al. (2021) analizan el ruido en juicios como variabilidad indeseada, proponiendo métodos para su reducción en sistemas complejos. Kahneman, D., Sibony, O., & Sunstein, C. R. (2021). *Noise: A flaw in human judgment*. Little, Brown Spark. — pág. 3
- (9) Damasio (1994) conceptualiza las emociones como dinamisismos estructurantes que organizan la cognición y el comportamiento. Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. Putnam. — pág. 3
- (10) Salthe (1993) propone jerarquías multiescala en teoría de sistemas, donde niveles interactúan sin colapso. Salthe, S. N. (1993). *Development and evolution: Complexity and change in biology*. MIT Press. — pág. 3
- (11) West (2017) explora la fractalidad en leyes de escalado biológicas y físicas, reflejando patrones auto-similares inherentes. West, G. B. (2017). *Scale: The universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies*. Penguin Press. — pág. 3
- (12) Crutchfield (1994) describe centros asintóticos en emergencia de complejidad computacional. Crutchfield, J. P. (1994). *The calculi of emergence: Computation, dynamics and induction*. Physica D: Nonlinear Phenomena, 75(1-3), 11-54.
[https://doi.org/10.1016/0167-2789\(94\)90073-6](https://doi.org/10.1016/0167-2789(94)90073-6) — pág. 3
- (13) Lakatos (1970) describe heurísticas como métodos progresivos para medir y resolver problemas complejos en matemáticas. Lakatos, I. (1970). *Proofs and refutations*. Cambridge University Press. — pág. 5
- (14) Holland (1995) analiza expansiones simultáneas en sistemas adaptativos complejos, emergiendo de interacciones paralelas. Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*. Addison-Wesley. — pág. 5
- (15) Latour (2005) conceptualiza alineamiento relacional en actor-network theory, donde entidades heterogéneas se alinean sin reducciones. Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press. — pág. 5
- (16) Schroeder (1991) explora escalado fractal como principio de auto-similitud en caos y complejidad. Schroeder, M. (1991). *Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise*. W. H. Freeman. — pág. 5
- (17) Pikovsky et al. (2001) describe "entrar en fase" como sincronización en sistemas osciladores. Pikovsky, A., Rosenblum, M., & Kurths, J. (2001). *Synchronization: A universal concept in nonlinear sciences*. Cambridge University Press. — pág. 5
- (18) Simon (1996) propone rúbricas heurísticas en racionalidad acotada para evaluación aproximada y adaptable. Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). MIT Press. — pág. 6
- (19) Graff (2015) explora comparaciones interdisciplinarias como unificación de dominios sin pérdida de especificidad. Graff, H. J. (2015). *Undisciplining knowledge: Interdisciplinarity in the twentieth century*. Johns Hopkins University Press. — pág.

- (20) Feynman (1963) describe fenómenos físicos como variables observables en contextos relacionales. Feynman, R. P. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Addison-Wesley. — pág. 7
- (21) Acevedo (2000) analiza fase compartida en sincronización colectiva de sistemas. Acevedo, M. F. (2000). *Interdisciplinary models of ecosystems*. CRC Press. — pág. 7
- (22) Wiener (1948) conceptualiza ruido cinético como variabilidad en dinámica cibernética. Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. MIT Press. — pág. 7
- (23) Crossley (2006) propone expansión relacional en redes sociales a lo largo del tiempo. Crossley, N. (2006). *Reflexive embodiment in contemporary society*. Open University Press. — pág. 7
- (24) Feyerabend (1975) enfatiza precisión limitada en epistemología anarquista, reconociendo contextos variables. Feyerabend, P. (1975). *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. New Left Books. — pág. 7
- (25) Han et al. (2011) describen métodos de preprocesamiento y normalización min-max, útiles para mapear valores observados a una escala acotada comparable. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann. — pág. 8
- (26) Goldberg (1991) explica límites de precisión, redondeo y efectos de la aritmética en coma flotante, relevantes para justificar convenciones de cifras y evitar falsa exactitud numérica. Goldberg, D. (1991). *What every computer scientist should know about floating-point arithmetic*. *ACM Computing Surveys*, 23(1), 5–48. <https://doi.org/10.1145/103162.103163> — pág. 9
- (27) Mandelbrot (1982) formaliza la noción de fractalidad y autosimilitud como estructura multiescala, base conceptual para lecturas fractales decimales. Mandelbrot, B. B. (1982). *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman. — pág. 9
- (28) Nicolis y Prigogine (1977) desarrollan la teoría de autoorganización en sistemas fuera del equilibrio (estructuras disipativas), apoyando el uso del término en modelado multiescala. Nicolis, G., & Prigogine, I. (1977). *Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations*. Wiley. — pág. 9
- (29) Wilson et al. (2014) proponen buenas prácticas para computación científica reproducible (validación, trazabilidad, control de errores), alineadas con el uso de herramientas como el Conversor CU. Wilson, G., Aruliah, D. A., Brown, C. T., et al. (2014). *Best practices for scientific computing*. *PLoS Biology*, 12(1), e1001745. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001745> — pág. 11
- (30) Box (1976) defiende el valor de modelos/heurísticas como instrumentos útiles bajo límites explícitos, reforzando un enfoque metodológicamente humilde. Box, G. E. P. (1976). *Science and statistics*. *Journal of the American Statistical Association*, 71(356), 791–799. — pág. 13
- (31) Repko et al. (2017) sistematizan la investigación interdisciplinaria como integración metodológica entre dominios, útil para justificar puentes sin reduccionismo. Repko, A. F., Szostak, R., & Buchberger, M. P. (2017). *Interdisciplinary research: Process and theory* (3rd ed.). SAGE Publications. — pág. 13
- (32) Nosek et al. (2015) argumentan por una cultura de investigación abierta orientada al contraste, revisión y mejora colaborativa (transparencia y cooperación). Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., et al. (2015). *Promoting an open research culture*. *Science*, 348(6242), 1422–1425. <https://doi.org/10.1126/science.aab2374> — pág. 13
- (33) Munafò et al. (2017) articulan un marco para avanzar hacia ciencia reproducible, clave cuando se proyecta pasar de heurística a simulación cuantitativa. Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., et al. (2017). *A manifesto for reproducible science*. *Nature Human Behaviour*, 1, 0021. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021> — pág. 13
- (34) Wilkinson et al. (2016) proponen los principios FAIR para que datos/métodos sean encontrables, accesibles, interoperables y reutilizables, alineado con la invitación a refinar la herramienta de forma abierta. Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J. J., et al. (2016). *The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship*. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18> — pág. 13