

*Revisiting 21st century
cosmology*

. Ω -Vórtices y acoplamientos resonantes

*. Macro-Imagineering 21st Century
powerline scenario*

índice

ARTIGOS ORIGINAIS

Ω -VÓRTICES Y ACOPLAMIENTOS RESONANTES EN MODELO DE PATRÓN DE FLUJO
TOROIDAL REGENERATIVO MEDIANTE FÍSICA MODERNA Y ONDAS

Cecilia Sandoval-Ruiz

1-20

UNITARY ELECTRIFICATION OF THE AMERICAS AND ANTARCTICA
A MACRO-IMAGINEERING 21ST CENTURY POWERLINE SCENARIO

Richard B. Cathcart, Charles W. Finkl

21-30

TYPE-IA SUPERNOVAE, CLUSTERS OF GALAXIES AND A NEW INQUIRY ON THE
INHOMOGENEOUS LT COSMOLOGY

Nilo Serpa

31-57



Ω -Vórtices y Acoplamientos Resonantes en Modelo de Patrón de Flujo Toroidal Regenerativo Mediante Física Moderna y Ondas

Cecilia Sandoval-Ruiz

Facultad de Ingeniería / Dirección de Postgrado Universidad de Carabobo, Venezuela
cesandova@gmail.com

Received: _17 Out 2023_ / Accepted: _27 Dec 2023_ / Published: _24 Mar 2024_.

Abstract: The objective of the present study is to propose a structure for modeling the stages of a complex physical system and a technique for characterization of renewable energy collection systems, the case study being a wind kite system, using concepts of modern physics and waves in engineering applications. The method comprises the identification of the correspondence of the LFSR (linear feedback shift register circuit) convolution operator and the direct relationship through the interpretation of the system dynamics. A set of self-similar equations is obtained in stages and the harmonic oscillator model is applied to get the coefficient matrix of the wind system with flow feedback, reinforcing the contributions of the study for investigation of compensation of interference patterns by symmetrical geometry.

Keywords: Energy systems research, modern physics and waves, wake effect compensation.

Resumo: El objetivo del presente estudio es proponer una estructura para modelar las etapas de un sistema físico complejo y una técnica para la caracterización de sistemas de captación de energía renovable, siendo el caso de estudio un sistema de cometas eólicas, utilizando conceptos de física moderna y ondas en aplicaciones de ingeniería. El método comprende la identificación de la correspondencia del operador de convolución LFSR (circuito de registro de desplazamiento de retroalimentación lineal) y la relación directa a través de la interpretación de la dinámica del sistema. Se obtiene por etapas un conjunto de ecuaciones autosemejantes y se aplica el modelo del oscilador armónico para obtener la matriz de coeficientes del sistema eólico con retroalimentación de flujo, reforzando los aportes del estudio para la investigación de la compensación de patrones de interferencia mediante geometría simétrica.

Palabras clave: Investigación de sistemas energéticos, física moderna y ondas, compensación del efecto de estela.



1. Introducción

Una fórmula para interpretar un sistema complejo como lo son los sistemas fluidodinámicos es desglosar las etapas, construyendo un arreglo experimental para entender la difracción de un flujo eólico por un captador eólico rotacional (turbina) o elementos tensados (cometas).

Lo primero que se analiza es la experiencia con la dinámica de fluidos, ¿quién no ha percibido el efecto sobre un flujo de aire modificado a la salida de un ventilador? En este artículo se analizan aspectos del sistema físico de un captador de energía, en el cual ocurre un proceso inverso al ventilador (activo), es decir, que, en lugar de contar con un motor de accionamiento acoplado a su eje es un sistema pasivo propulsado por la energía eólica, donde se acopla un generador para la conversión de energía cinética a energía eléctrica.

Un aspecto poco estudiado corresponde al efecto que tiene el captador sobre el flujo de aire a la salida (aguas abajo de la turbina), siendo fundamental modelar la fluidodinámica del captador para compensar los vórtices, diferencial de presión y efecto estela, que afecta otros elementos del arreglo y llegan a tener impacto ambiental. Para compensar esta interferencia, se estudia un generador de secuencia por registros desplazamientos con realimentación lineal, para el modelado matemático de los vórtices [1] y las técnicas de compensación por simetría del sistema mecánico. Lo cual resulta un aporte valioso para la interpretación de aspectos cinemáticos y dinámicos, de la rotación asimétrica, radial, o torsional de un fluido homogéneo e incompresible.

Entonces cuando una masa de un fluido adquiere un movimiento de rotación alrededor de un eje, se forma un vórtice como resultado de la intervención de un elemento externo como es el caso de una turbina, estos pueden crear efectos de turbulencia en contra de la eficiencia del sistema o ser reordenados mediante lentes eólicos de captadores inteligente (creando un sumidero de energía a favor de la alineación del arreglo).

El ensayo propuesto en la presente investigación permite el desarrollo teórico de ecuaciones de generación de vórtices de compensación, mediante la aplicación del principio de correspondencia fractal. Se realiza un análisis de las etapas componentes del sistema objeto de estudio, para la síntesis de la ecuación del modelo, se establece la técnica de formulación mediante adaptación de los pesos sinápticos de optimización, mediante la aplicación de un algoritmo adaptativo LMS, tanto como filtro de componentes espectrales del sistema o estimador de la ganancia de flujo en secciones geométricas, interpretando el modelo en relación con los parámetros físicos, para establecer la generalización paramétrica.

En esta investigación se analiza una interpretación de los sistemas físicos, partiendo del concepto de relación fractal de los generadores de secuencia descriptiva. En el primer nivel de caracterización del sistema se puede recurrir a técnicas de análisis de interacción basadas en la respuesta a una perturbación, que permite conocer las frecuencias características del arreglo. En el segundo nivel de análisis, consta de la separación e identificación de patrones estructurales entre las etapas componentes, interpretando el comportamiento de estos en sus respectivas dimensiones. En el tercer nivel se presenta la síntesis, donde se reordenan los elementos analizados en una composición estructural compatible, acá es donde se valida la aplicación del generador de secuencia LFSR (*Linear Feedback Shift Register*) como modelador. En un cuarto nivel se obtiene un auto reconocimiento del sistema, para la formulación de los pesos sinápticos óptimos, en alineación con las variables de entrada. Finalmente, en un quinto nivel se accede a una conexión de información, en una etapa de entrelazamiento cuántico, donde el sistema es

parte de una matriz extendida y tiene lugar la sintonización de la frecuencia de resonancia, respecto a la frecuencia natural de los elementos de la red de difracción, sobre los que se ven reflejados los efectos del captador, que consta de una correlación de datos que permiten decodificar el sistema completo.

Aparecen dos conceptos interesantes, la concatenación fractal de la estructura modeladora por nivel, como circuitos anidados en cascadas y la selectividad del nivel de enfoque del modelo de las variables de entrada, interpretadas como variables de energía o información para la configuración. Se pueden definir redes de capas concéntricas de radio de cobertura extendido, representado como un filtro modelador de media móvil sobre el campo unificado del espacio de estudio $\pi \bar{n} a_i$, siendo su principal característica la fractalidad radial.

Desde la selección del conjunto de variables para la descripción del comportamiento de un mecanismo, por conversión de energía potencial a cinética (internas), hasta la consideración de efectos por entrelazamiento cuántico de variables y acoplamientos resonantes, incide en la complejidad de los modelos de los sistemas físicos, en la presente investigación se plantea el estudio por etapas para relacionar un modelo estructural compatible en cada nivel de comportamiento del sistema.

2. Definición del objeto de estudio

Los sistemas de dinámica de fluidos, tal es el caso de los parques eólicos presentan una problemática asociada al efecto estela que incide sobre otros elementos del sistema, modificando el patrón de viento y la dinámica de captación por parte de los aerogeneradores. Un aspecto poco estudiado corresponde a la simetría geométrica del efecto de patrones entre ondas estacionarias [2]. Es en tal sentido, que se plantea un modelo teórico y el diseño de ensayos práctico con el objetivo de minimizar el impacto de la red de difracción, a través de una etapa de acondicionamiento del flujo, mediante lentes de concentración en la entrada (flujo incidente) y lentes eólicos de flujo regenerativo a la salida de los elementos de la red de captadores definidos por *software* (es decir que la configuración del arreglo y los patrones geométricos son adaptativos sobre el modelo matemático), para restaurar las condiciones del flujo reflejado por el captador.

El objetivo de la presente investigación es construir una ecuación, expresada en parámetros de optimización, la cual pueda ser validada a través de ensayos prácticos. Se plantea una lente eólica [3] que corresponde a una superficie geométrica (imaginaria), resultante de la rotación de una catenaria (definida por arreglo de cometas) alrededor de un eje coplanario, creando una fuerza centrípeta de generación de vórtices de compensación, perpendicular al eje de simetría, sobre el cual se establece la dinámica de recirculación de flujo regenerativo. Los parámetros descriptivos de la catenoide definen la eficiencia del arreglo eólico y el efecto total del sistema físico, a fin de minimizar las pérdidas de energía residual y efectos ambientales, a la vez de maximizar los aportes de energía. Se analiza la capacidad de compensación entre dos vórtices relacionados por simetría geométrica, diseñados a través de un generador de secuencia LFSR.

La complejidad del sistema viene dada por el movimiento relativo de las cometas acopladas a una plataforma móvil, siendo un grado de libertad que permite el control de trayectoria para compensación geométrica del efecto a corregir, esto a través de los elementos del modelo correspondientes a un multiplexor de acoplamiento inducido resonante y un multiplexor de realimentación de energía potencial elástica interna.

Para el tratamiento pedagógico de los conceptos se definen tres etapas de modelado con variables por nivel de abstracción, sobre las cuales se analizan ensayos enfocados en el estudio de las fuerzas restauradoras, sistemas regenerativos de energía, resonancia en osciladores armónicos, así como la energía potencial de los sistemas dinámicos de energías renovables. En primer lugar, se discute el modelo del observador donde los componentes de medición modifican la dinámica del sistema.

1. Vórtices en secuencia Fibonacci espejos, se presenta un generador de vórtices a frecuencia natural de resonancia de la forma: 1,1,2,3,5,8,13,21 y su secuencia espejo: 21,13,8,5,3,2,1,1, con lo que se logra compensar de modo simétrico el efecto, por geometría proyectiva del patrón de flujo.

2. En el modelo físico no se ve reflejado el efecto de entrelazamiento cuántico, es como si se está en presencia de una lente eólica (invisible e inmaterial), que depende del modelo del observador, según los postulados de física moderna. Se interpreta como un arreglo de ondas de energía, dispuestos en un patrón generado por secuencias con memoria de entrelazamiento de información. En este caso, el lente eólico se reconoce por la estela (rastro) que se mide en un acelerador de partículas. Cuando se estudia el comportamiento discreto, a nivel de partículas, corpúsculos o bloques de energía (unidad de flujo) muestra, la onda de energía se convierte en una entidad concreta. Al observar se altera el sistema, el término incorporado mide el efecto a nivel cuántico, pero a su vez introduce una variable de interacción que afecta al sistema.

3. Se inicia desde la inferencia del término que permite introducir la consideración del efecto Coriolis, de velocidad relativa sobre el modelo de planta piloto, para los ensayos de generadores de vórtices correlacionados, a fin de presentar un enfoque teórico, considerando la entropía a través de datos probabilísticos en los efectos de turbulencia y compensación simétrica, para describir el comportamiento de sistemas fluidodinámicos, extrapolando conceptos de álgebra de campos finitos aplicados en teoría de la información. Así se establece la conjetura sobre el término de realimentación externa por efecto de vorticidad. A lo que se suma un aporte de interés que corresponde a la mitigación de un efecto natural sobre un sistema móvil (de velocidad relativa), un sistema cerrado y un sistema abierto, donde se busca no afectar la dinámica ambiental mediante la técnica acoplamiento inductivo.

3. Principios de física moderna y ondas

Se inicia por entender los componentes del sistema de conversión de energía, los arreglos para unificar el modelo a un sistema con acoplamientos por resonancia, definir los parámetros de caracterización de frecuencia, estudiar los acoplamientos y la aplicabilidad del enfoque para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental del sistema, mediante conceptos de física moderna [4].

Caracterización de sistemas resonantes

Las ráfagas de viento en sistemas eólicos, así como las olas marinas en undimotriz, son fuerzas periódicamente aplicadas al captador de energía, con una frecuencia o componentes de Fourier, que pueden estar sintonizados con la frecuencia natural del sistema dinámico (definida por su masa m y coeficiente elástico k), por lo que pueden estar en resonancia aumentando su amplitud (debido al almacenamiento de energía vibratoria), para crear trabajo útil, de forma análoga se pueden atenuar componentes de frecuencia concretos (filtros de frecuencia).

Tal como ocurre en las cuerdas de un instrumento musical, donde unas vibran como eco de la cuerda accionada, se puede interpretar un arreglo eólico como un sistema resonante donde la fuerza del flujo incidente induce un efecto ondulatorio sobre los otros elementos, que puede ser autosostenida por el almacenamiento de energía (donde la energía mecánica se convierte, de forma periódica, de cinética a potencial), así la eficiencia del sistema estará dada por la configuración óptima de sus parámetros m y k .

Patrón de proyección en mecánica de fluidos

La definición de la geometría proyectiva que definen los elementos del arreglo captador y lente eólica de la red de difracción tendrá un efecto en el patrón del flujo a la salida de los elementos del arreglo (Fig.1).

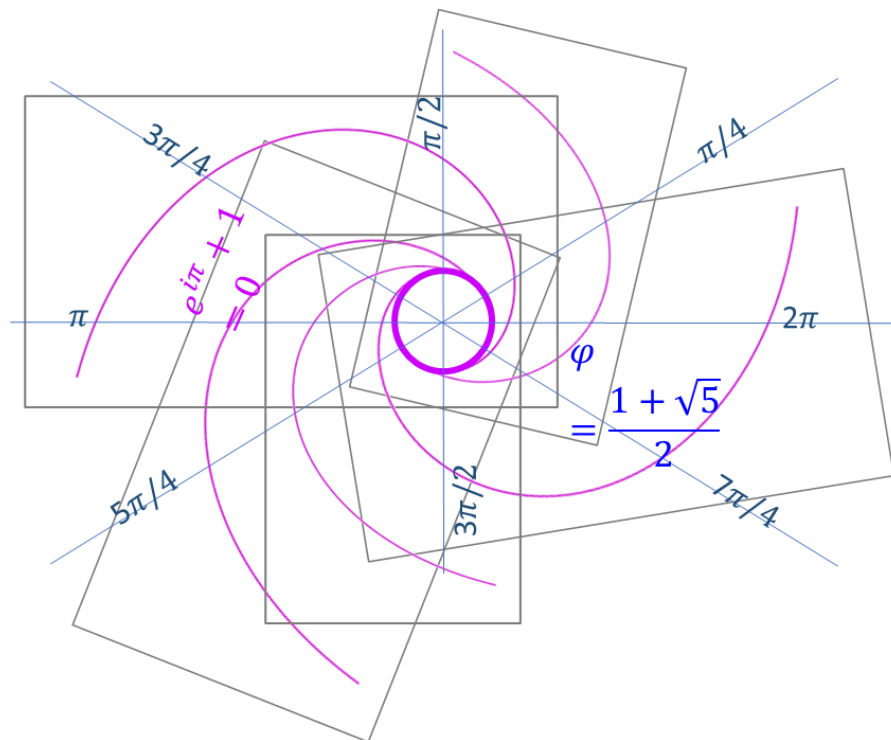


Figura 1. Red de difracción de un sistema eólico

Si se crea una corriente de flujo eólico en una tubería helicoidal (circuito interno, virtual formada por trayectorias cíclicas de una lente eólica), las líneas de flujo toroidal inducen un flujo en el núcleo (sumidero central), acelerando la velocidad de viento incidentes (circuito externo) sobre el captador, este principio se propone para desarrollar un circuito de control sin intercambio de materia con el entorno.

En este sentido, además del acoplamiento mecánico (mediante el eje de transmisión), se estudia el acoplamiento inductivo resonante, que se produce cuando dos objetos intercambian energía a través de la oscilación de sus campos ondulatorios. Cuando las frecuencias naturales de los dos objetos son aproximadamente las mismas, tiene lugar el acoplamiento resonante.

Por otra parte, se puede considerar un arreglo de álabes o elementos del arreglo captador orbitando en resonancia de $n:k$ (1:2, 2:3, 3:5, 5:8) ciclos entre sí, formando una cadena de resonancia de k elementos, similar a los sistemas planetarios sintonizados. Se parte del principio que las secuencias que surgen del generador de ondas SR (n,k) mantienen un enlazamiento matemático resonante, sobre las curvas cíclicas concatenadas.

Una pregunta de interés es por qué seleccionar una estructura de base del generador de secuencia LFSR, en lugar del estudio de los sistemas físicos de manera aislada, esto entendiendo

la naturaleza fractal de los sistemas y el objetivo de identificar un patrón autosimilar en el comportamiento de las variables. Veamos un ejemplo, al estudiar la dinámica y geometría de un patrón de proyección, encontramos una onda mecánica cíclica, que presenta un vector de fuerza motriz $\vec{F}_m$ y un vector de velocidad $\vec{v}$, dando lugar a un flujo que describe una forma geométrica que coincide en secciones con la espiral Fibonacci, creando una superposición de patrones.

Partiendo de esto se plantean las interrogantes: ¿La geometría del flujo incidente puede tener relación con la geometría de formaciones estructurales?, ¿las estructuras son eco de la energía y viceversa?, ¿Se puede afirmar que un patrón de flujo contiene información para la configuración de un tejido estructural? Se puede considerar que lo contrario también se cumple, es decir, ¿un arreglo captador de energía eólica con estructura Fibonacci crea vórtices con la misma secuencia?, ¿existe una correlación de información en la conformación de patrones por geometría de una red de difracción, el flujo y la energía?

La selección de las variables geométricas puede ser fundamentales en la interpretación de un sistema físico, así como de la complejidad del modelo matemático y el nivel de detalle y controlabilidad que puede manejar el modelo de acuerdo con su estructura fractal, creando k niveles estructurales sobre los que fluye una cascada de energía.

Este enfoque de estudio de los sistemas físicos tiene como propósito en primer lugar mejorar la eficiencia desde el modelo matemático, modificando parámetros sobre la base de desarrollo dinámico y aún más relevante corregir la interferencia e impacto ambiental generado por las variables a la salida del sistema.

Es importante mencionar que en los métodos de modelado algunos términos son desestimados por las magnitudes de las variables y en otros casos, las etapas del sistema se encuentran concatenadas en el modelo de los coeficientes característicos o modelos de las variables (por su dinámica), de tal manera que presentan autosimilitud fractal, lo cual es considerado en la presente investigación.

El estudiante de física requiere reconocer patrones estructurales en las ecuaciones que modelan los sistemas físicos, con el objetivo de facilitar su aplicación a nuevos sistemas y extrapolación de los conceptos comprendidos. Algunos temas como la dualidad onda-partícula ha sido objeto de estudio por la complejidad de interpretación de la observación de fenómenos a nivel de física y mecánica cuántica, sin ser parte del alcance del presente estudio, lo que acá se propone es una interpretación compatible para sistemas clásicos y conceptos de física moderna y ondas.

Se considera la necesidad de diseñar técnicas pedagógicas para identificar analogías en la descripción de la dinámica de sistemas de física clásica, discretizando componentes y analizando su interacción mediante acoplamientos: rígidos, flexibles, fluidodinámica, ondulatorios, enlaces, entrelazamiento cuántico y correlación de datos, a fin de entender estos modelos desde una perspectiva generalizada.

En primer lugar, se aborda el estudio sin una postura preestablecida, con el fin de ampliar las alternativas de asociación de los conceptos con las etapas del sistema entre sí, a partir de un operador básico. Para el ensayo se presenta un generador de código basado en el producto de convolución, que permite establecer una relación espacial y temporal, a partir de la ecuación de una progresión geométrica o polinomio generatriz.

En la literatura no se ha encontrado un modelo de la dinámica de los sistemas físicos que considere las etapas a nivel clásico y cuántico, a partir de estructuras autosimilares. Por tal motivo, se ha planteado la aplicación del operador matemático LFSR que permita describir

cualquier sistema físico. Para ello se seleccionó un sistema con una dinámica compleja como es un arreglo de captadores eólicos flexibles (cometas eólicas), el cual es abordado como una red de osciladores acoplados [2] a diferentes escalas, sobre una arquitectura LFSR (n, k), logrando una descripción sencilla que puede ser aplicada en el laboratorio de física, para modelar casos específicos según los objetivos de caracterización y optimización de las etapas.

4. Hipótesis de la investigación

Si un mecanismo puede ser representado por un modelo de partículas y muelles, y los arreglos de osciladores acoplados presentan correspondencia con la arquitectura de un arreglo de registros desplazamiento con realimentación lineal, entonces los sistemas físicos (mecánicos y atómicos) pueden ser modelados por el operador LFSR(n, k), por principio de correspondencia entre física clásica, física moderna y ondas.

El operador es implementado por un circuito LFSR, donde cada rama se corresponde con los coeficientes característicos de un polinomio generador $G(x)$ que se multiplica con la señal de entrada, asociada a la variable del sistema físico (Fig.2), generando patrones en respuesta a la función del sistema, siendo estos patrones de interés para caracterizar el sistema y plantear optimizaciones en su eficiencia, orientado a mitigar efectos del sistema sobre su entorno.

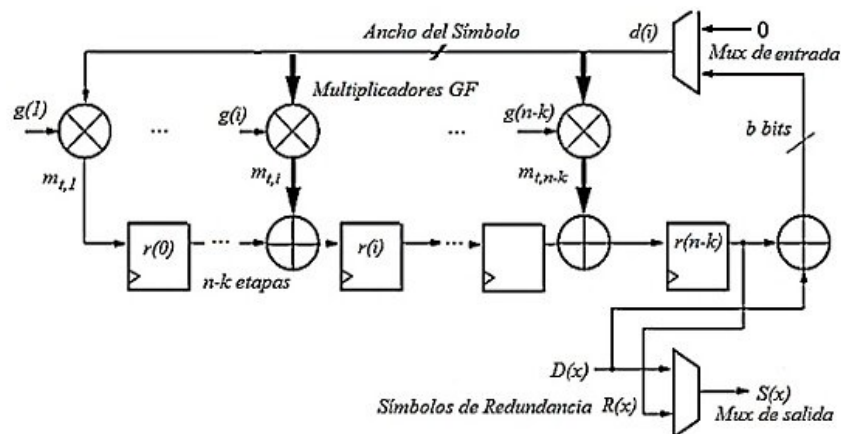


Figura 2. Circuito LFSR del operador de convolución.

El operador de convolución en su definición formal permite estimar la respuesta impulsiva que caracteriza al sistema físico a través de las frecuencias de resonancia. Siendo estas frecuencias relacionadas con el comportamiento inercial, elástico y disipativos del sistema mecánico (MRA: masa, resorte y amortiguador), su equivalente electromagnético RLC u óptico.

Una vez entendido estos aspectos y considerando que el estudio de un sistema físico a partir de su respuesta impulsiva es un asunto relevante y vigente en el mundo de la física aplicada y la ingeniería, a partir de las frecuencias naturales complejas de resonancia (FCNR), se puede caracterizar un sistema sin conocer los parámetros propios del modelo [5], permitiendo al estudiante de física proponer soluciones para el modelado. En tal sentido, el objetivo de la presente revisión es proponer la caracterización de los sistemas físicos mediante un modelador LFSR y su optimización por ajuste de las frecuencias de resonancia, a través de la configuración de los parámetros físicos del sistema y su distribución geométrica.

5. Compensación simétrica y generación de vórtices

Analicemos algunos métodos de optimización para compensar el impacto de las turbinas en los sistemas de energías renovables, el arreglo de álabes captadores y mecanismo rotor crea un movimiento rotacional que genera un diferencial de presión, temperatura y crea un patrón de flujo, relacionando la vorticidad con la velocidad angular de rotación del mecanismo.

Recientes estudios plantean el método numérico de segmentos discretos de vórtices VFMW para la ecuación de transporte de vorticidad [6], permite el análisis de rendimiento de los parques eólicos, en función de la dinámica de la estela sobre el flujo eólico y el diseño de álabes aerodinámicos generadores de vórtice, con tecnología biomimética, donde se estudia la dinámica de viento respecto a la relación de radio r y la frecuencia angular ω , que permite obtener la ecuación de vorticidad Ω . Algunas soluciones están planteadas a partir de la adaptación del mecanismo captador, lo cual tiene un elevado costo energético y resulta una actualización de componentes de gran envergadura.

Por lo que se propone un esquema de actualización basada en *software*, en una etapa previa de lentes eólicas (ultralivianos) para el control de flujo regenerativo, a partir de la proyección de un patrón geométrico del arreglo eólico como una lente [7], [8], o red de difracción (aplicada sobre un patrón de onda de energía incidente y la relación de patrones de interferencia), incorporando términos descriptivos de fenómenos ondulatorios como difracción y reflexión de onda.

Se aplica el *mux* de entrada (realimentación por acoplamientos resonantes) para realizar la cancelación de componentes de frecuencia característicos del sistema físico, sobre las ondas periódicas de interacción entre los elementos, a través de la superposición de los correspondientes patrones de proyección, a la salida de la etapa i , y patrón de captación, a la entrada de la etapa consecutiva $i+1$ del sistema. Donde el filtrado se realiza mediante la incorporación de una etapa, de ganancia adaptativa, que, en lugar de restar, suma un componente simétrico [9], para la anulación del efecto específico y por ende se logra la mitigación del impacto sobre los elementos del arreglo inteligente y del ambiente.

Se parte del estudio de un sistema clásico para proponer el almacenamiento interno en un mecanismo conformado por una matriz aeroelástica. Un cuerpo en movimiento ejemplo un cometa deja un rastro que describe una trayectoria en el medio, la aplicación de los conceptos de física de la estela, pueden ser de utilidad para definir un espacio confinado, una masa de fluido delimitado por una envolvente de ondas en el medio en un instante de tiempo, e incluso a través del control de estas ondas, diseñar dispositivos ondulatorios, con la capacidad de acelerar un fluido creando una tobera inducida. Si bien los conceptos son algo abstractos, podemos ilustrar su concepción en ensayos donde se escribe con un objeto que se desplaza en un medio físico sin modificación de materia, algo que desde niños se realiza con frecuencia.

Su principal ventaja es el diseño de sistemas que no producen residuos materiales y su dinámica está dada por el control de trayectoria de las ondas producidas por el movimiento de un objeto inductor de órbita. Así colocar una cometa en un espacio, dibujando un dispositivo funcional como es el caso de una tobera, permitiría crear una aerodinámica tal que produce un patrón de estela, con el control de parámetros como posición y velocidad de barrido del cometa, se puede establecer una lente eólica, donde se presentan un conjunto de fenómenos ondulatorios como difracción, reflexión, refracción (por velocidad del medio) que interactúan generando una respuesta de aire acelerado por un vórtice de aire inductor, todo esto sin la necesidad de la infraestructura física equivalente y sin producir residuos materiales en el control de flujo de aire. El principio físico aplicado es la configuración del medio físico a partir del movimiento de un dispositivo inductor de flujo, por ondas.

6. Método de construcción del Modelo SRCE

Se revisaron los métodos de caracterización de los sistemas lineales y la estructura de la ecuación de ondas, mediante rangos de escala: (i) Etapa de captación diagrama de fuerzas (física clásica), (ii) Etapa de composición estructural del captador (masa-muelle), (iii) Etapa de interferencia por vórtices (física moderna y ondas).

Ensayo 1. Lente eólico por principios fluidodinámicos

Temática: Fluidodinámica y mecánica de fluidos

Principio Físico: Vórtices y estela de flujo en toberas

Se plantea la modificación de velocidad de un flujo, al colocar un reductor de área, considerando la densidad del fluido constante se cumple el *principio de continuidad*, que relaciona la velocidad del fluido y área de la sección transversal en dos puntos de análisis, se puede observar el incremento de energía cinética, representado en el aumento de velocidad, dado por el trabajo del diferencial de presión creado por la reducción de área. Este ejemplo permite ilustrar el comportamiento de un dispositivo como lo es la tobera (Fig. 3), que convierte la presión de un fluido en energía cinética, aumentando la velocidad por reducción de área (adaptación del parámetro geométrico).

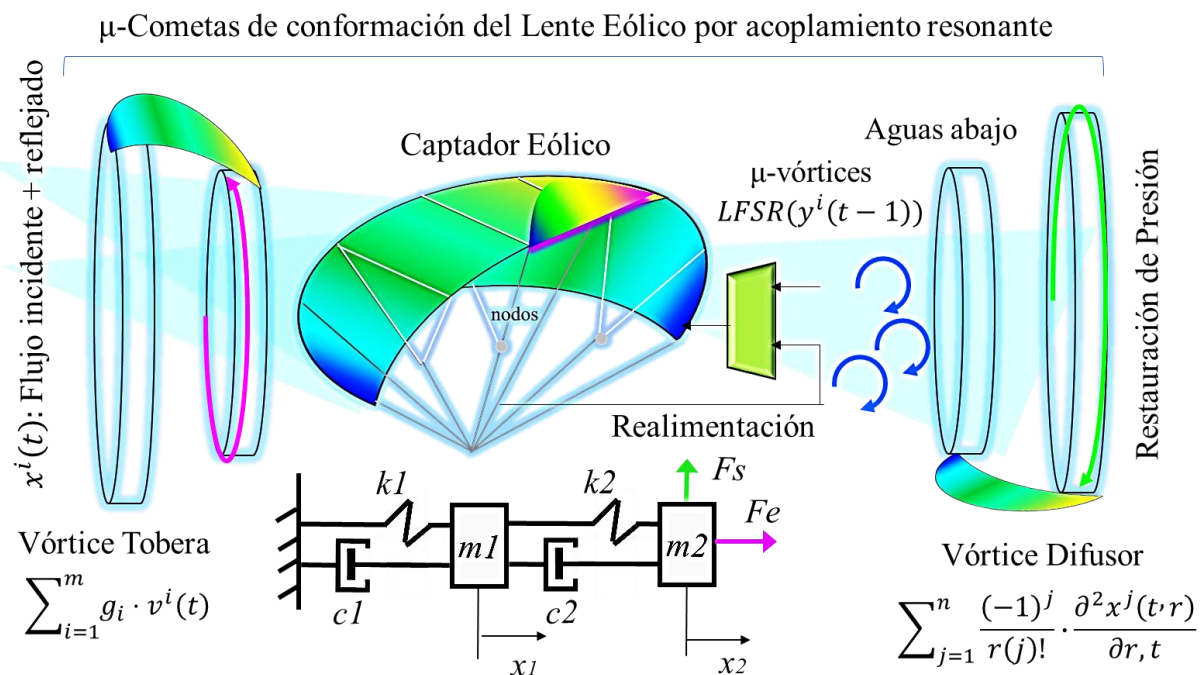


Figura 3. Lente Eólica de Concentración de flujo $x(t)$.

El operador de convolución LFSR, permite obtener un modelo sintetizado de las etapas de aplicación de la ecuación de Bernoulli, a través de una matriz paramétrica de presiones, temperaturas, coeficientes de viscosidad, densidad del fluido (según altura y temperatura), incorporando un término de recirculación de energía elástica en el volante de inercia del rotor – realimentación interna, así como recirculación de flujo y energía reflejada en los elementos del parque eólico – realimentación externa, del arreglo captador eólico.

La presión en un fluido se puede ver como una medida de la energía por unidad de volumen por medio de la definición de trabajo. En nuestro ejemplo se debería aplicar la ecuación de Bernoulli en cada etapa de la tobera discretizada, para lo cual se propone un modelo matemático LFSR que permite ponderar la ganancia de cada etapa en la secuencia del flujo axial.

Interpretación del tensor de Inercia del Sistema Físico

El tensor de inercia es un vector que rota alrededor de un eje, corresponde a tensor simétrico de segundo orden que caracteriza la inercia rotacional de un sólido rígido a una velocidad angular es $\omega = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$. En mecánica clásica el momento angular de un sólido rígido se puede expresar en términos del tensor de inercia, donde el primer término en la ecuación representa la energía cinética resultante del movimiento translación de la masa m , mientras que el segundo término representa la energía cinética resultante de la rotación alrededor del centroide.

Un aspecto interesante es la interpretación del tensor de inercia, de forma didáctica, a través de un operador matemática de convolución. Se puede entender la operación del producto escalar entre variables $v(t)$, un producto vectorial en el espacio para los componentes xyz y un producto de convolución multidimensional para un campo en el espacio-tiempo.

En el cálculo del tensor de inercia se divide el cuerpo continuo en elementos diferenciales y el integrando se construye multiplicando la masa del elemento diferencial por el cuadrado de la distancia el elemento geométrico respecto al que se define el momento de inercia. En este punto se puede considerar cada uno de los elementos finitos como las masas del modelo discreto del cometa eólico, representado como un arreglo de osciladores acoplados y se realiza la operación de convolución sobre un circuito LFSR(n, k) para los n elementos del captador eólico, respecto a los k puntos de acoplamiento del arreglo geométrico, que rotan en referencia al eje de transmisión.

Comprende el análisis de un ejemplo para validar un principio físico, la discretización de un sistema complejo (como el caso de un sistema eólico), la deconstrucción de etapas, la identificación de compatibilidad entre el fenómeno estudiado y las etapas, la síntesis del concepto, hasta la consideración de efectos más elaborados, que a través de la dualidad onda-partícula [10], pueden ser interpretados, dando lugar a la controlabilidad de las variables, compensación simétrica y estudios de materiales ferromagnéticos, toberas magnéticas de plasma, control de fuerza de fricción en el rotor del captador, aplicación de superfluidos como condensado de Bose-Einstein y nuevos conceptos emergentes. Donde se destaca un primer paso de desaprender los límites conceptuales de la mecánica clásica y la extrapolación de conceptos avanzados de teoría de la información para formular modelos extendidos compatibles en física moderna y ondas.

El lente eólico planteado permite canalizar el flujo eólico como una tobera o túnel de viento, a través de la descripción de una trayectoria descrita en el espacio a una velocidad v^i , formando así un vórtice de flujo eólico que redirecciona el flujo incidente hacia el captador.

Ensayo 2. Almacenamiento intermedio de energía potencial elástica en sistemas resonantes

Temática: Osciladores armónicos simples

Principio físico: Fuerzas restauradoras

Se ha seleccionado el mecanismo (Fig. 4) para estudiar los componentes, se tiene una pieza de soporte para el resorte de coeficiente de elasticidad k y el eje de acoplamiento al disco de giro, una pieza de accionamiento que transmite el vector de fuerza impulsora F^i generando un desplazamiento en el resorte x^i , en el estado accionado, al eliminar la fuerza el sistema se ve sometido a una fuerza de restauración, para alcanzar el punto de equilibrio x_0 en k pasos de

posición del eje.

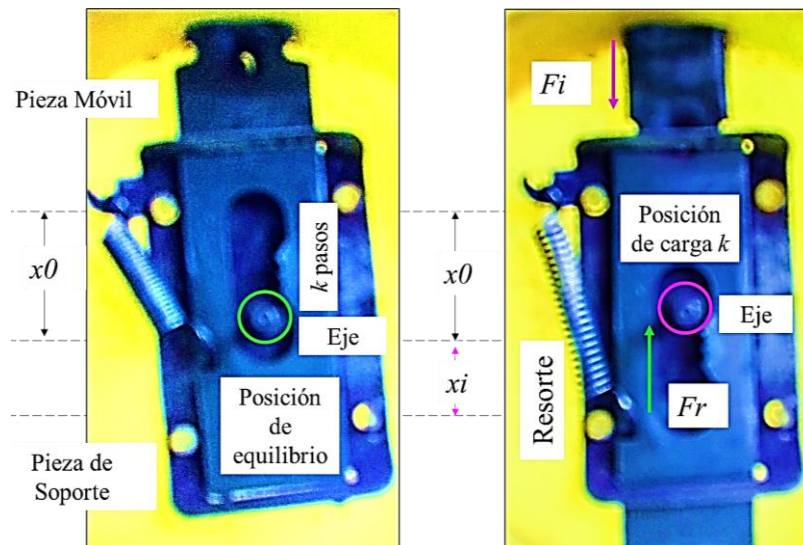


Figura 4. Realimentación de energía potencial $y(t-1)$.

Un sistema MRA puede convertirse en un sistema resonante, creando un circuito espejo, para reflejar la fuerza impulsor por una fuerza restauradora, esto acoplando un elemento simétrico de almacenamiento de energía potencial elástica mediante un resorte o su equivalente óptico-geométrico.

Interpretación de sistemas de movimiento armónico

Se parte de una fuerza impulsora externa (senoidal), la cual se disipa en función del coeficiente de amortiguación c , se modela la dinámica de resonancia del oscilador:

$$F_i \sin(\omega t) = m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx.$$

De esta manera, el resorte se interpreta como un registro de almacenamiento de energía, en pasos discretos, que se retorna al sistema a través de la fuerza restauradora, contraria a la fuerza impulsora, generando un torque τ , que hace girar el disco acoplado al eje a una velocidad angular ω , actuando como un multiplicador de momento en el disco de giro, lo que permite optimizar la eficiencia de convertidores de energía mecánica a energía eléctrica acoplando al eje un dinamo, turbina, etc., mediante la incorporación de un acople elástico (carga del resorte por pasos), para maximizar el momento angular, a partir de la máxima elongación x (desplazamiento desde el punto de equilibrio) en el resorte para almacenar energía potencial que se convertirá en energía cinética prolongando el tiempo de giro (Fig. 5.a). Lo que se puede interpretar como un acoplamiento mecánico resonante. Donde m es la masa, x el desplazamiento de la masa desde el punto de equilibrio, F_i la amplitud, ω es la frecuencia angular, k es la constante del resorte, y c los coeficientes de viscosidad del eje. Esto puede tomar la forma de:

$$\frac{F_i}{m} \sin(\omega t) = \frac{d^2 x}{dt^2} + 2\xi\omega_0 \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x$$

Donde, se tiene que la frecuencia natural del sistema es: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, y el factor de amortiguación dado por: $\zeta = \frac{c}{2\sqrt{mk}}$

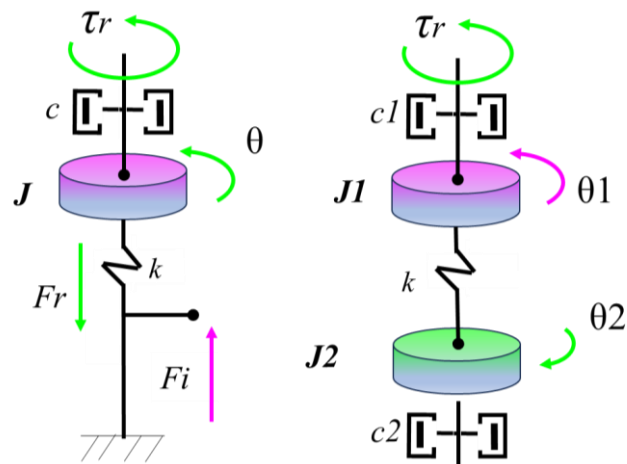


Figura 5. Mecanismo de compensación resonante.

Igualmente, se puede optimizar a través de la anulación del efecto de vorticidad a la salida del rotor de la turbina, acoplando un mecanismo en contragiro, para compensar el efecto del captador aguas abajo de la turbina (Fig. 5.b). El disco $J2$ se puede modelar como un volante de inercia de restauración y permite convertir el mecanismo en un sistema resonante. Donde la fuerza impulsora genera un desplazamiento $\theta1$ en $J1$ y a través del acoplamiento elástico k , se transfiere energía a $J2$ donde se almacena la energía potencial, se produce un desplazamiento $\theta2$. Siempre que la frecuencia de la fuerza externa esté en resonancia con la frecuencia natural del sistema se producirán oscilaciones de mayor amplitud respecto al punto de equilibrio, tal como ocurre en un columpio.

Este ensayo permitió valorizar las fuerzas restauradoras que se producen la energía almacenada en elementos elásticos y la aplicación de estas fuerzas para optimizar la eficiencia y cancelación de un efecto, a través de un elemento simétrico de compensación, donde las especificaciones técnicas de estos elementos se definen a partir de los coeficientes del modelo. La solución de la ecuación diferencial del oscilador armónico se puede realizar a través de exponentes complejos, definiendo el factor de arreglo (ecuación 1), lo que resulta más oportuno para su interpretación en función de la descripción mediante un vector rotativo del movimiento armónico simple MAS, como la suma de dos vectores que giran en sentido horario y antihorario, respectivamente [2]. Lo que permite enunciar que puede producirse un movimiento armónico rectilíneo mediante la superposición de dos movimientos circulares reales iguales y opuestos. Esto en nuestro estudio nos permite concluir respecto a la cancelación de vórtices por compensación simétrica.

Inferencia del factor de arreglo del sistema eólico

De esta manera si observamos la correspondencia entre las perturbaciones o turbulencia y la interferencia inter simbólica, los conceptos de antenas inteligentes y códigos correctores de errores pueden ser extrapolados para los captadores inteligentes de energías renovables. Un captador inteligente es la combinación de un arreglo de cometas con una unidad de procesamiento, en tiempo real con tecnología FPGA (*Field Programmable Gate Arrays*), a fin de optimizar el diagrama de captación eólico. Por lo que se busca así desarrollar tecnología con relación al campo de control adaptativo. Del concepto de factor de arreglo se interpreta para el arreglo de cometas, como el producto del diagrama de radiación de un elemento del arreglo multiplicado por un factor que considera la interferencia de las n ondas generadas por los n

elementos del arreglo, que depende de la separación entre los elementos del arreglo;

$$FA(\psi) = \sum_{i=1}^n r_i e^{j(i-1)\psi}, \quad (1)$$

con r_i el radio de barrido del captador eólico, n : número de elementos del arreglo, $\psi = kd\cos(\theta) + \beta$ la función de onda que representa la diferencia de fase entre los n elementos, β fase progresiva que permite controlar la directividad del arreglo de cometas, k : número de elementos reflectantes, d : separación entre cada elemento del arreglo.

Ensayo 3. Cálculo ángulo de salida de una lente de refracción para alineación y transporte de energía.

Tema: Fenómenos ondulatorios y resonancia óptica. Principios Físicos: Difracción, refracción, reflexión.

La superficie crea una cámara de resonancia óptica [2], con un radio de curvatura, que se plantea establecer en el lente de proyección de onda. Se logra definir la estabilidad del arreglo de resonancia óptica mediante las relaciones geométricas de los radios de curvatura de los arreglos reflectantes y la distancia entre estos. El resonador óptico es estable si logra confinar la luz en ciertas posiciones de su radio de curvatura [11], en caso contrario el haz de luz saldrá de la superficie reflectante, luego de unas oscilaciones y presentará pérdidas de potencia en algunos ciclos de oscilación, este principio óptico puede ser aplicado en arreglos fotovoltaicos [12], [13] y extrapolado al sistema fluidodinámico, a través de lentes eólicos, mediante laboratorios de investigación en tecnologías sostenibles [14]. Se tiene una esfera (Fig. 6) con índice de refracción entre el rango 1.32 a 2.10, por presentar superficies traslucidas y opacas, se tomará $n = 1.58$, inmersa en aire, con un índice de refracción 1. El parámetro b es la distancia a la que pasa el haz de luz del centro de la esfera, de radio $r = 3$ cm, coincide con el seno de α , ángulo con que incide la luz en la superficie esférica. El cociente de los senos de los ángulos α y α' es inversamente proporcional a los índices de refracción de la luz en los medios respectivos.

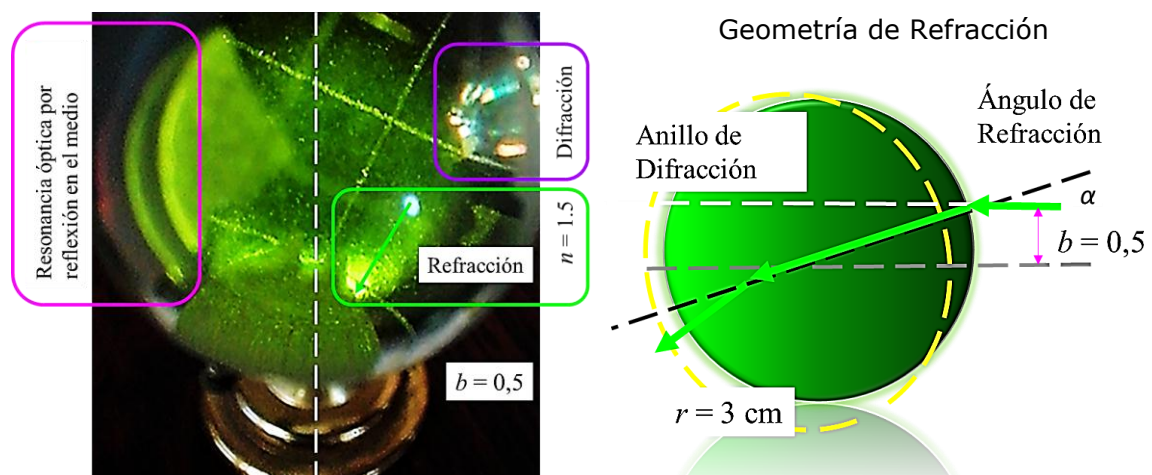


Figura 6. Cálculo del ángulo de salida de onda incidente.

Se realiza el cálculo del ángulo de salida α' respecto al ángulo de incidencia, por la relación de los índices de refracción del aire (medio externo) y el lente (cristal de la esfera), $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'}$ en

función de la relación geométrica, siendo $\sin(\alpha)$ la longitud b (distancia entre la recta de entrada al centro), de donde se obtiene $\alpha' = 30^\circ$.

Igualmente se puede calcular los ángulos para la refracción de onda sobre un lente, con una composición de materiales de superficie traslúcida y un medio de plasma, para definir un índice configurable.

Reflexión: El redireccionamiento de una onda incidente (haz de luz, flujo eólico), junto a la modificación de la velocidad de propagación, al pasar a través de un medio a otro, ¿qué función tendría en un arreglo de cometas de captación de energías renovables?

7. Análisis de los principios estudiados

En este punto se han introducido los tres conceptos asociados a la ecuación desarrollada: (1) vorticidad en mecánica de fluidos, (2) compensación simétrica, (3) sistemas con acoplamiento resonante, en base al enfoque de física moderna y ondas, dualidad onda-partícula, interpretación discreta de bloques de energía, correlación de secuencia en flujo dinámica clásica y cuántica. La estrategia didáctica comprende la discretización de un flujo eólico en una trama de bloques de energía, donde se propone el tratamiento de la trama mediante un codificador de bloques, creando una correlación, esto permite emular el fenómeno de entrelazamiento cuántico, ya que la trama codificada se ha generado en una red de difracción común y la secuencia mantiene una memoria estructural entre los bloques según el polinomio generador de código.

El ensayo propone desde desensamblar la tobera sólida (despiece del dispositivo), por un arreglo de etapas, en una secuencia de anillos con diámetro configurable (mecanismo replegable) o apantallamiento en la entrada del captador, para crear un concentrador de flujo eólico híbrido, hasta la interpretación desde la perspectiva de física moderna y ondas.

Lo que permite construir dispositivos cinéticos basados en vórtices funcionales aplicando principios de mecánica de fluidos, una discretización del sistema físicos y en los espacios vacíos de la secuencia se aplican los conceptos de desprendimiento de capa límite y efecto estela, que permiten mantener el patrón desde la salida de un anillo hasta el próximo. De esta manera, se puede aplicar el efecto estela a favor de la construcción de un patrón de flujo óptimo para la entrada del captador eólico, considerando el comportamiento del flujo como una secuencia de etapas. Es importante mencionar que la tobera se comporta como un mecanismo con memoria, tal como cuando escribimos con un lápiz imaginario, y se retiene la trayectoria previa, pues la tobera mantiene un patrón de flujo remanente que describe el comportamiento sobre una línea de tiempo, por el corrimiento de elementos discretos secuenciales.

Se ha propuesto así, revalorizar el espacio entre los elementos de la secuencia de flujo, luego la sustitución de estos elementos por un arreglo de lentes eólicos conformados por el control de difracción y reflexión del flujo y la energía, desde un enfoque más orientado a conceptos de física moderna y ondas. Lo que constituye el concepto de un arreglo definido por *software* o tobera virtual, con las ventajas de implementación y minimización de materiales. Para ilustrar la dinámica del parque eólico, se plantea una comparación con una guitarra, siendo la cámara de resonancia el circuito confinado por el lente eólico. Observar la amplitud y frecuencia de las ondas senoidales que se producen ante una vibración de cuerdas acopladas al modificar la distancia y parámetros de la caja de resonancia y registrar las observaciones sobre el efecto. ¿La geometría de la caja de resonancia incide en la amplificación?, ¿qué fenómenos ondulatorios se presentan dentro de la caja de resonancia?, ¿las vibraciones entran en resonancia con la cámara de aire?, ¿la forma (8) inciden en los modos de vibración?, ¿dónde se presenta la difracción de las ondas?, ¿qué ocurre al modificar la tensión de las cuerdas acopladas mediante el puente? ¿Se puede definir un lente eólico en forma de ocho?, ¿se puede modificar el

coeficiente de elasticidad mediante la tensión de las cuerdas de las cometas del arreglo captador? Todo esto se plantea para optimizaciones dinámicas.

La sucesión Fibonacci ha sido considerada como herramienta para modelar sistemas físicos, se puede estudiar esta progresión geométrica, a través del circuito generador de la secuencia, tal es el caso de los registros desplazamiento con realimentación lineal LFSR en configuración Fibonacci o Galois, que guardan estrecha correspondencia con las etapas componentes de los sistemas físicos fractales.

Resultados de la Investigación

Se definió el sistema físico de estudio (captadores eólicos y lentes geométricos de flujo regenerativo) para conversión de energía a partir de ondas mecánicas, donde se deduce un conjunto de términos componentes, considerando la energía potencial y la realimentación dinámica por reflexión, donde la variable del tercer término corresponde a la energía del acoplamiento resonante, donde se plantea la consideración adicional de una realimentación de la variable de salida difractada y una variable de acoplamiento resonante, dada por la onda reflejada sobre elementos del arreglo de la forma: $y(r,t)$, siendo una variable predictiva del sistema.

$$\frac{\partial y(r,t)}{\partial t} = \sum_{i=1}^m g_i \cdot x^i(t) + \frac{1}{\phi} \cdot [x^i(t-1) + y^i(t-1)] \pm \sum_{j=1}^n \frac{(-1)^j}{r(j)!} \cdot \frac{\partial^2 \psi^j(r,t)}{\partial r, t}, \quad (2)$$

la cual puede ser reescrita de la forma:

$$y(r,t) = \sum_{i=1}^m g_i \otimes x^i(t) + \frac{1}{\phi} [y^i(t-1) + LFSR[\Omega^i(t-1)]] \pm \sum_{j=1}^n \frac{(-1)^j}{r(j)!} \cdot e^{i(j-1)\psi}. \quad (3)$$

El primer término corresponde a una reinterpretación de la ecuación clásica de dinámica de fluidos, para transporte de energía por flujo laminar y flujo turbulento, según el número de Reynolds. A este modelo se suma el transporte de energía por vorticidad, que corresponde al estudio de patrones geométricos y consideraciones de energía reflejada por los elementos del parque de captadores eólicos, todo esto se agrupa en un concepto de patrón de flujo regenerativo. De esta manera, se identifica el operador de convolución entre el flujo incidente con la función de transferencia del captador eólico y la función de transferencia del sistema que comprende la envolvente del lente eólico, red de difracción y flujo reflejado, que se corresponde con un patrón de flujo en n_{xy} .

Un ejemplo de esto se puede evidenciar al contrastar un arreglo eólico con un arreglo de antenas inteligentes, para identificar el tratamiento entre los patrones espaciales de rosa de viento (patrón de captación y patrón de proyección) y los patrones de radiación de antenas con haz direccionable. Todo esto con la finalidad de aplicar las técnicas de compensación y adaptación del arreglo.

A partir del principio de correspondencia postulado por Niels Bohr, donde los modelos de los sistemas clásicos se aproximan a particularizaciones de la teoría cuántica, que han sido desarrollados de manera independiente por la observación del sistema objeto de estudio. Se plantea ahora la observación de los sistemas físicos para identificar patrones de correspondencia entre las estructuras del modelo y las ecuaciones, a fin de construir la interpretación física de

los coeficientes del modelo y las variables correlacionada.

Con este análisis de correspondencia, el estudiante de física está en capacidad de identificar analogías entre mecanismos independientes, así como autosimilitud entre etapas concatenadas de un sistema físico complejo y realizar inferencias de compatibilidad de modelos sobre la base de las ecuaciones descriptivas, relacionando los operadores y estructura del circuito con los componentes del sistema estudiado.

A partir de esta interpretación, se define un modelo de correspondencia del captador y conjunto de ondas de la red de difracción con los patrones de proyección (Fig. 7) modificando la órbita de los elementos móviles del lente eólico, cuya entrada estará desfasada en relación del ángulo de ataque del captador, un coeficiente de ganancia o atenuación de componentes de flujo.

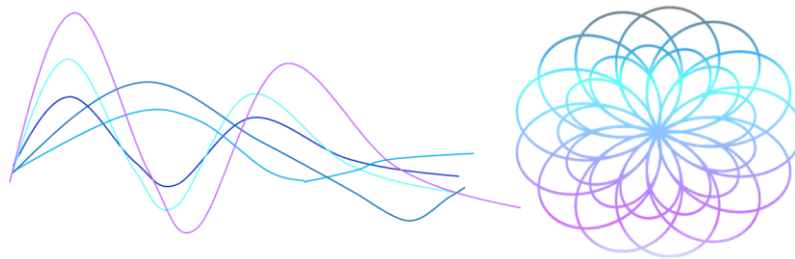
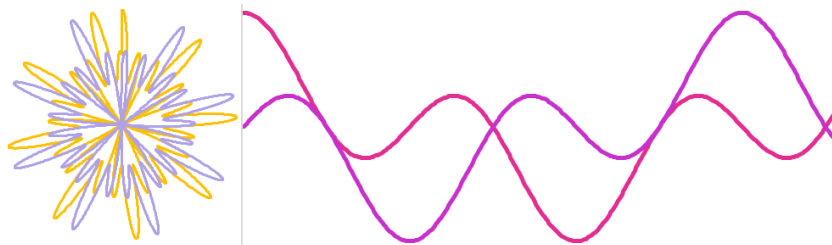


Figura 7. Patrón de proyección de ondas del SRCE

Para el diseño del lente eólico se tiene un elemento generatriz de la superficie que corresponde con el arreglo de cometas eólicos (catenaria) y una directriz que corresponde con la curva de trayectoria, siendo el LFSR un circuito que se interpreta como la operación (catenaria) sobre un polinomio generatriz del campo finito o curva directriz (orbital).

El modelo desarrollado en VHDL permitió realimentar un flujo reflejado en una proporción de φ respecto al flujo incidente, por los elementos que conforman el sistema compuesto por un lente eólico (cometa con trayectoria cíclica a una velocidad de barrido que permite describir la circunferencia de reflexión de onda de la tobera de reducción de área) y una red de difracción de k elementos captadores alineados en el espacio en distribución Fibonacci. Para la descripción de la generación de vórtices de compensación se tiene un LFSR (acoplamiento resonante) de ganancia 1.618, que está compuesto por k elementos en la secuencia (Fig. 8).



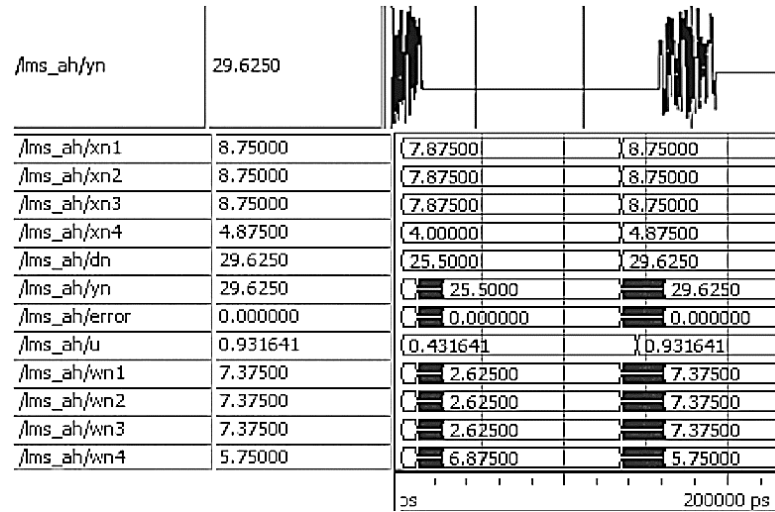


Figura 8. Patrón de difracción compuesto LFSR (n,k).

La descripción del modelo VHDL, permitió validar los resultados, optimizando el comportamiento del sistema mediante la incorporación del término de realimentación externa, con un coeficiente del término $wn4$ que aproxima a 6.88, el cual se desglosa en el generador de vórtices, para una potencia objetivo de 25.5 MW.

A partir del análisis de la ecuación propuesta se desarrolla un modelo fractal de generador de secuencia LFSR [15], [16] con parámetros geométricos variables, en función de una optimización objetivo por términos (en relación con las condiciones de la dimensión, estado y etapa del sistema). En resumen, se presenta una ecuación de modelo para la etapa de física clásica con pesos sinápticos relacionados con la ganancia del sistema w_i , que concatena la onda modulada: $X_i(w_m \cdot \Omega + \theta_m)$, es decir la onda incidente que presenta una rotación en fase θ_m con parámetros de control, para anulación o filtrado de componentes y amplificación de componentes a la frecuencia Ω resonante para la optimización de desempeño, sumando un término que modela la envolvente de radio r del sistema, que acota la reflexión de ondas del conjunto

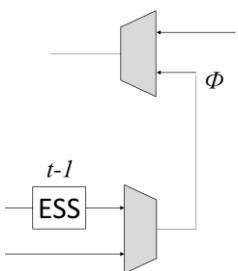
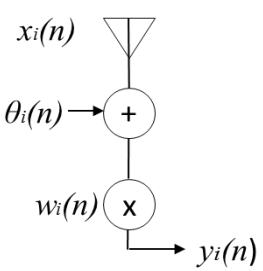
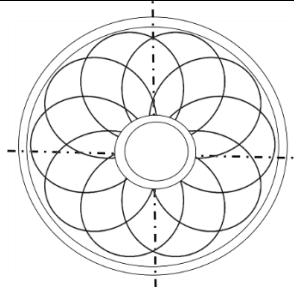
$$W \otimes X = w_i \cdot X_i(w_m \cdot \Omega + \theta_m(r)) + w_0 \epsilon_0 \frac{\partial x(r, t)}{\partial r, t}, \quad (4)$$

donde se puede observar la analogía entre el sistema fluidodinámico y su equivalente en un arreglo de antenas de ondas electromagnéticas (Tabla I), destacando que la fase pasa de ser una constante a ser un parámetro en función del radio y el objetivo de optimización, lo que representa una alta controlabilidad del sistema y su condición fractal, en base al estudio de biomimética de compensación en sistemas eólicos [17], tal como se presenta en la Figura 9.

Se realizó el diseño de una estructura de análisis práctico de post laboratorio (Tabla II) para análisis de sistemas de energías renovables sobre la arquitectura Ω -LFSR aplicando redes fractales de capas radiales. El objetivo de la práctica diseñada es modelar un sistema físico a nivel clásico mediante patrones de campo sobre la interpretación matemática de la función de onda. Para un conjunto $GF(2^m)$ con m capas de una red de difracción radial LFSR(r, θ), que coincide con el patrón de la dirección de flujo de energía del sistema físico de energías eólica estudiado, con el fin de aportar una simplificación en el modelado, un término de compensación

y una técnica de optimización dinámica.

Tabla I. Etapas de modelado LFSR mediante analogía de arreglo de antenas con un sistema físico fluidodinámico.

Objetivos	Diseño de patrones de optimización por convolución con patrones proyectados de rosa de viento			
Recirculación	Ganancia	Ω -resonancia	Fase de polarización	Patrón de difracción
 $\Phi^{-1} \cdot x^i(t-1)$	 $w_i \cdot X_m(n \cdot \Omega + \theta_m)$	 $\sum_{j=1}^n \frac{(-1)^j}{r(j)!} \cdot \frac{\partial^2 x^j(r, t)}{\partial r, t}$		

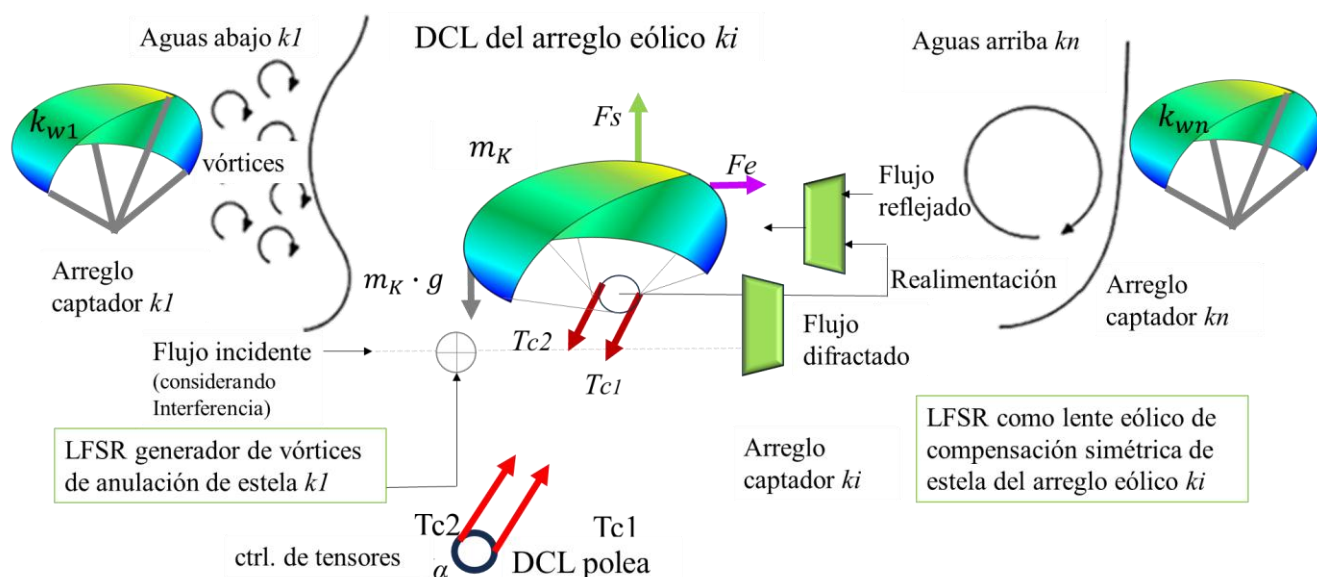
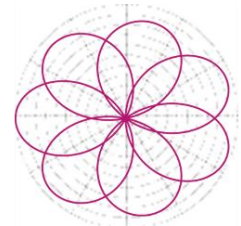
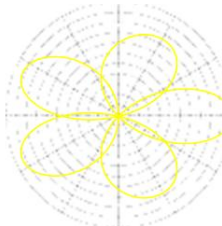
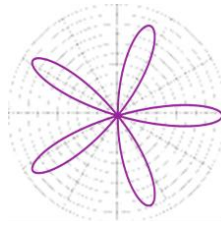
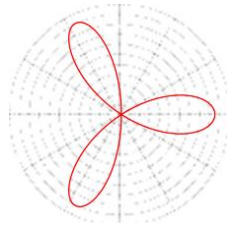


Figura 9. Representación del sistema físico fluidodinámico interpretado en el modelo LFSR (n, k) .

Tabla II. Diseño de actividad de post laboratorio de compensación mediante patrones de flujo proyectado

Objetivos	Comparación de métodos de optimización de sistemas resonantes			
Fundamentos	Análisis del modelo de optimización y estimación de parámetros			
Modelo $\Omega(n, k)$	Ganancia clásica	Ω -resonancia	Fase de polarización	Fase de reflexión
Técnicas	Modelo VHDL	LFSR	Patrón polar	Híbrido
Paso 1.	Levantamiento de datos sobre modelos teóricos o mediciones			
Patrones polares	$\Omega(3, 1)$	$\Omega(5, 1)$	$\Omega(5, 3)$	$\Omega(7, 5)$

Paso 2.
Método gráfico:
Estudio de
patrones



Paso 3.
Compensación
simétrica,
establecer fase de
compensación

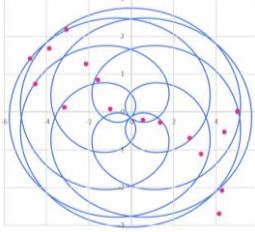


Paso 4. Superponer los patrones de estudio: (a) Turbinas eólicas patrón de difracción de los elementos del arreglo. (b) arreglo de lentes eólicas para recirculación de flujo reflejado.



Paso 5.

Aplicación de un modelo LFSR(n,k) fractal para el modelado del sistema físico y optimización dinámica de los coeficientes del modelo.

Arreglo Experimental de caracterización (Código VHDL)	Algoritmo de control del arreglo inteligente con 3 cometas captadoras y compensación <i>Cálculo de coeficientes:</i> $factor(n) = \mu * \varepsilon(n) * x(n)$; For $i=1$ to 4 (orden del filtro 4) <i>Salida estimada:</i> $y(n) = w_{UV}(n) * x1(n) + w_{IR}(n) * v2(n) + w_{LV}(n) * v3(n) + wf(n) * vf(n)$;
Resultados 	Relacionar cada término del modelo con su correspondiente variable del sistema físico, presentación de gráficas de estimación de parámetros e interpretación de resultados. Establecer un patrón de optimización definido como meta del algoritmo de optimización, por adaptación de coeficientes del modelo del sistema físico, logrando medir la desviación de los puntos de muestras, que conforman la constelación. Registro de mediciones del ensayo: (1) Pruebas de vibraciones de los acoplamientos con y sin flujo regenerativo. (2) Medición de desgaste en piezas metálicas y sellos con lente eólica. (3) % de eficiencia η del sistema aplicando curvas de compensación geométricas.
Conclusiones	Establecer análisis de resultados para las aplicaciones de sistemas de energía, considerar la técnica de estimación de parámetros con menor error y máxima velocidad de respuesta, proponer la extrapolación de los resultados a otras aplicaciones.

La selección de este esquema para modelar sistemas de energías renovables viene dada por la facilidad para el análisis de la salida del sistema. Esto quiere decir que en un sistema fluidodinámico se puede obtener la ecuación de generación de vórtices (considerando los parámetros propios) y lo más importante se puede definir la generación de vórtices de compensación para efectos del captador de energía aguas abajo de su intervención.

Para la compensación se propone la aplicación de análisis de datos empíricos, recolectados a través de cometas eólicas de investigación sobre un laboratorio móvil de barrido de área de cobertura, utilizando redes neuronales para la predicción de efectos por solapamiento de áreas

proyectadas entre captadores y evaluación dinámica de las variaciones de parámetros. A fin de obtener modelos basados en la física y herramientas de aprendizaje profundo DNN.

Hay algo importante que observar, se mencionaron 5 niveles, lo que no es igual a 5 capas en la ecuación del modelo. Esto porque en una capa se pueden abordar 2 o 3 niveles, incluso, pueden solaparse, ya que en una operación de convolución sobre la red LFSR pueden haber operaciones anidadas $LFSR(n, k-GF(m))$, así como operaciones superpuestas de la forma: $nLFSR+1/n!LFSR$, lo que se evidencia en el estudio de los ensayos que involucran principios concatenados en el modelo fractal.

Análisis del aporte didáctico de los ensayos

Se planteó la tesis de una memoria estructural, que, a través de fuerzas de restauración para recuperar el equilibrio del sistema, permiten almacenar energía potencial mediante elementos elásticos, muelles neumáticos, aplicados en circuitos multietapas.

Se modeló la salida del sistema con auto compensación de vórtices y restauración de las condiciones de presión del flujo regenerativo, además del factor de arreglo diseñado para establecer acoplamientos por parámetros de resonancia del sistema físico, considerados en el argumento de la exponencial del factor de arreglo resonante, permiten restaurar el patrón de flujo óptimo, como una aplicación de ingeniería desde física moderna y ondas. Cada ensayo estudiado aporta una interpretación en los componentes del modelo, por variables físicas: $x(t-1)$, $y(t-1)$, Ω -vórtices generados por compensación simétrica, acoplamientos resonantes entre los k elementos del arreglo, todo esto enmarcado en fenómenos ondulatorios.

Se valorizó el efecto estela, para crear una masa de aire (por centrifugado) a través de la trayectoria de una cometa que funciona como lente eólica, a una velocidad de barrido, que permite confinar un flujo incidente creando una tobera por fluidodinámica. De forma análoga, se propone la creación de un difusor aguas abajo para restablecer el flujo laminar y reordenar el flujo de salida.

El modelo predictivo de la estela de salida del sistema permite tomar acciones directas para corregir el impacto sobre elementos del arreglo, asociados a la responsabilidad en los criterios de diseño colaborativo, ya que las variables de salida dependen de la red de difracción del captador y la dinámica aguas abajo del captador, lo que requiere de un estudio sobre un campo extendido.

8. Conclusiones

Gracias al análisis desarrollado para la identificación de correspondencia entre la arquitectura del operador fractal de convolución y las etapas del sistema, se logra un aporte para sistemas con acoplamiento de resonancia y compensación de vórtices definidos por *software*, entre los aportes alcanzados se tiene:

1. Desarrollo del concepto de una tobera fluidodinámica basada en conceptos de efecto estela, desprendimiento de la capa límite y velocidad de barrido de un elemento móvil para la creación de un vórtice de flujo confinado como reductor de área en el espacio previo al captador.
2. Interpretación de unidades discretas de flujo eólico en el transporte de energía (bloques de masa de aire), considerando la realimentación de flujo reflejado.
3. Obtención de una relación de realimentación de flujo reflejado con ganancia de $1/\phi$, siendo la salida de un ϕ -LFSR que modela una secuencia de generador de vórtices: 1, 1,

2, 3, 5, 8, 13, 21,..., con proporción 1.618.

4. Sistematización del modelo con una ecuación que integra la dualidad onda-partícula, para definir la proporción fractal de interacción entre los elementos del arreglo de captación.

Referencias

- [1] F. J. Manjón, J. M. Villalba, E. Arribas, A. Nájera, A. Beléndez and J. A. Monsoriu, "Vórtices no estacionarios en un vaso de agua," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 35, no. 3, p. 3304, 2013.
- [2] A. P. French, *Vibraciones y Ondas.*, Curso de Física del M.I.T. Primera Edición. Editorial Reverté. ISBN 8429140980., 1974.
- [3] C. Sandoval-Ruiz, "Wind Turbine with Configurable Feedback Scheme for Minimal Environmental Impact and Maximum Efficiency," *Universidad Ciencia y Tecnología*, vol. 26, no. 113, pp. 123-136, 2022.
- [4] W. E. Gettys, F. J. Keller, M. J. Skove and L. A. Lopez, *Física clásica y moderna*, España: McGraw-Hill. Capítulo 40, mecánica cuántica: 1063-1085., 1991.
- [5] R. Barroso and A. Zozaya, "Prony's method and matrix pencil method performance on determining the complex natural resonance frequencies of a linear system," *Revista RIMNI*, vol. 38, no. 3, 2022.
- [6] C. Sandoval-Ruiz, "xyz Modelo de optimización de arreglos de cometas captadoras de energías sostenibles," *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 46, no. 2, 2023.
- [7] C. Sandoval-Ruiz, "YPR-ángulos de alineación para arreglo de cometas de captación de energía eólica: α, β, γ -coeficientes de control y mantenimiento de patrones de flujo regenerativos," *Revista Científica UCSA*, vol. 10, no. 3, pp. 3-15, 2023.
- [8] C. Sandoval-Ruiz, "ZPF para arreglo de proyección de onda: ϕ -LFSR en modelado $F_p[x]/f(x)$ de sistemas de energías renovables," *Revista Universidad del Zulia*, vol. 15, no. 42, 2024.
- [9] K. Brading and E. Castellani, "Symmetries in Physics: Philosophical Reflections," *Cambridge Univ. Press.*, 2023.
- [10] A. T. G. D. Carvalho, R. F. Pimentel, R. S. Carvalho and C. Laburu, "A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 45, p. e20220339, 2023.
- [11] C. Sandoval-Ruiz, "JK-ESS renewable energies storage with hybrid feedback," *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 44, no. 3, pp. 287-296, 2023.
- [12] C. Sandoval-Ruiz, "LFSR Optimization Model based on the Adaptive Coefficients method for ERNC Reconfigurable Systems. Ingeniare," vol. 29, no. 4, pp. 743-766, 2021.
- [13] C. Sandoval-Ruiz, "Arreglos fotovoltaicos inteligentes con modelo LFSR-reconfigurable," *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, vol. 30, no. 2, pp. 32-61, 2020.
- [14] C. Sandoval-Ruiz, "Tecnología R-IEDs para ERNC, teletrabajo y mitigación de impacto ambiental," *Industrial data*, vol. 23, no. 2, pp. 151-167, 2020.
- [15] C. Sandoval-Ruiz, "Operador matemático LFC(n,k) en campos finitos basado en concatenación fractal para GF (2m)-Extendido," *Ciencia e Ingeniería*, vol. 41, no. 2, pp. 197-204, 2020.
- [16] C. Sandoval-Ruiz, "Fractal mathematical over extended finite fields $F_p[x]/(f(x))$," *Proyecciones (Antofagasta)*, vol. 40, no. 3, pp. 731-742, 2021.
- [17] C. Sandoval-Ruiz, "Biomimética Aplicada a Modelos de Sistemas de Energías Renovables Reconfigurables Basados en Estructuras Autosimilares," *Rev. Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 46, no. 1, 2023.



Unitary Electrification of the Americas and Antarctica

A Macro-Imagineering 21st Century Powerline Scenario

Richard B. Cathcart

GEOGRAPHOS, Burbank, California, USA

rbcathcart@gmail.com

Charles W. Finkl

The Coastal Education & Research Foundation, Inc., Asheville, North Carolina, USA

Received: _02 Mar 2024_ / Accepted: _10 Mar 2024_ / Published: _24 Mar 2024_.

Abstract: The development of a proposed means to physically connect the electricity grids of North and South America requires the linkage of two intercontinental macro-projects. In order to conform such an electrifying linkage requires two major international implementations: (1) a submarine cable spanning the stormy Drake Passage which should integrate a coast-sited encircling linear Antarctica wind-power collecting installation, the Bolonkin-Cathcart proposed Fabric Aerial Dam and Wind Turbine Stations, plus (2) at least one insulated cable-transmitted HVDC electricity passing safely and efficiently around the Darien Gap. Because the latter environment is a still significantly pristine 100-120 km-wide Tropic Zone landscape, it is critical to protect it by mostly preventing further intrusive schemed or unplanned real-estate development of the extant remaining, but vulnerable, inhabited rainforest therein. Critical to this macro-imagineering project is the requirement for a massive and reliable power source. We suggest the possibility of a basic North American single-source for electric energy generation at Yellowstone National Park's huge caldera that was produced by an ancient super-volcano eruption. Such an amalgamation macro-imagines a 21st Century Americas and Antarctica electrical power generation and distribution system, a demi-globality planning scenario, that results in one completed infrastructure totality.

Key words: Drake Passage, submarine power cables, Darien Gap, the Americas, HVDC grid links, Brazil, California, Yellowstone volcano caldera, Alexander A. Bolonkin (1933-2020), Antarctica.

Resumo: O desenvolvimento de uma proposta para unir fisicamente as redes elétricas da América do Norte e do Sul requer a ligação de dois macroprojetos intercontinentais. Para configurar tal ligação, são necessárias duas grandes implementações internacionais: (1) um cabo submarino que atravessa a tempestuosa Passagem de Drake, o qual deve integrar uma instalação de coleta de energia eólica linear na Antártica, localizada na costa, a *Fabric Aerial Dam* proposta por Bolonkin-Cathcart e estações de turbinas eólicas, e (2) pelo menos uma transmissão elétrica HVDC, passando de forma segura e eficiente em torno do Darien Gap. Dado que este último ambiente é uma paisagem ainda significativamente intocada e vulnerável da Zona Tropical, com 100-120 km, é fundamental protegê-la, evitando principalmente o desenvolvimento imobiliário intrusivo, planejado ou não. Fundamental para este projeto de *macro-imagineering* é o requisito de uma fonte de energia massiva e confiável. Sugerimos a possibilidade de uma fonte única básica na América do Norte para geração de energia elétrica na enorme caldeira do Parque Nacional de Yellowstone, originada pela erupção de um supervulcão. Tal amálgama “macro-imagina” um sistema de geração e distribuição de energia elétrica para as Américas e a Antártida do século XXI, um cenário planejado que congrega infraestruturas completas.

Palavras-chave: Passagem de Drake, cabos de energia submarinos, Darien Gap, Américas, ligações de rede HVDC, Brasil, Califórnia, caldeira do vulcão Yellowstone, Alexander A. Bolonkin (1933-2020), Antártida.



1. Introduction

Because rural, suburban, and urban people in Central and South America have little or zero access to low-cost electricity, millions of these inhabitants are essentially disempowered citizens. It is an indisputable fact that from a global perspective and not only from the geographic regions of the Americas, the availability of electricity pervasively affects people's health and wealth [1]. For those who are served by electricity service, the occurrence of blackouts (to prolonged total loss of power) emphasizes that urbanists are physically dependent on many kinds of electrical equipment and functioning machines that include, for example, life-support devices [2]. How to generate and configure the electrical infrastructure for the Americas is perhaps the principal long-term Macro-imagineering challenge facing modern civilization in the 21st Century. Developmental scenarios are central to technology that connects geophysical and social research that includes projected effects (adverse impacts) as well as underpinning discussions of adaptation and mitigation. Sometimes considerations of intentionally extreme scenarios, such as exploratory syntheses and public policy-relevant verbal projections, are required to digest remedial possibilities that can be realistically applied to potential outcomes. In brief, this cursory synthesis focuses on the concept of "omission reduction," according to a recent request by prominent editors at the international journal *Nature*: "Engineering and science are like two ships that have set sail close together, but in many ways have gradually drifted apart. We can't let that continue. Having engineers back in *Nature's* pages is long overdue, not least for the health of our planet and the well-being of all people" [3]. Extrapolation of this plea introduces the exposition of a macro-engineering idea that focuses on the potential for seamless, high-voltage, direct-current power transmission line connections joining every country in the Americas? Already, grand proposals have been made to implement an electric grid for nearly all the states of Africa south of the Sahara [4] to ensure empowerment by linkage of generation locations with places of consumption [5].

2. Looking North from the South Pole

Antarctica is defined, both etymologically and by common geographical imagination, in opposition to the Arctic [6-7]. The potential development of a trans-polar shipping route, one that transits the North Pole region, will allow the commercial cargo and passenger movement industry to circumvent legally demarcated central Arctic nation-state delimited territorial waters and their mandated Exclusive Economic Zones as well. Currently, Antarctica exhibits ~29 airports, uncounted Southern Ocean-facing ice-ports for various mobile and immobile watercraft types, and a 1,600 km-long seasonally-compacted snow road (the so-called "South Pole Traverse" or "McMurdo-South Pole Highway" marked by pole-flags) used to deliver supplies to South Pole outposts during the Southern Hemisphere's summer. Remarkably, only ~0.35% of Antarctica is ever ice-free! The lowest air-temperature at the Earth-surface (an incredibly cold minus 89.20 C), was recorded on 21 July 1983 at the 1,300-km inland Vostok Station at an elevation of 3,488 m. By way of stark contrast, Antarctica's highest surface air-temperature (17.50 C) ever recorded occurred on 24 March 2015 at the Argentine Research Base Esperanza which is situated opposite the tip of South America close to the northernmost point of the Antarctic Peninsula. However, despite its status as a continent where the autonomy of *Homo sapiens* requires virtually a total disengagement of the living human body from the environment's below ice-cold physiological insults, predicted global atmospheric warming as well as inevitable technological impacts, especially Antarctic energy production facilities operated during the 21st Century, can modify that tenuous current continental status rather quickly [8-9]. In other words, accurate descriptions of humanity's essential deliberate technical survival requires alterations of regional climatic regimes and water-based topography. Beneficially imagined and common applications of material-moving drone equipment is nowadays increasingly hastening the tempo of reshaping, construction, and erasure of transformable

landscapes almost everywhere. Perhaps comprehensible “Global Climate Change” policies might be usefully redefined as any Earth-bioshell event-process that overwhelms humanity’s already in-place, being assembled, or planned infrastructure by sharply decreased asset value? That is, it seems advantageous for macro-imagineers to demand from infrastructure developers some exact non-arbitrary statistical limitation concerning what actualized amount of natural damage (to completed and forecast infrastructure) can be tolerated by megaproject owners.

3. Exportable Commercial Wind Turbine-Generated Electricity, Coastal Antarctica

Established in AD 2002, the government-owned utility State Grid of China, is building the world’s first 1.1-million-volt HVDC transmission cable (an estimated 3,200 kilometers-long) that will connect Xinjian Region located in China’s northwest to Anhui in the east. Coordinated electricity generation stations, sited within the interior of that vast ecosystem-nation, will soon be connected to densely populated coastal cities [6]. Because State Grid of China is currently Brazil’s biggest electric-power distributor, it seems that there is organizational capability for optimization of investment costs for imaginative long-term interregional electrical power integration. That is, South America’s incompletely-networked national electrical power systems have potential to be linked with Antarctica. This engineering feat could potentially utilize multiple long HVDC mass-impregnated or extruded bipolar cables with double-layer armoring to withstand tensional forces during laying across the intervening ~1,000 km-wide Drake Passage [10-11] (Figure 1, below). This proposal seems possible because the cost-effect limit for electricity transmission is often assumed to be ~1,200 km. Widespread builder experience with laying submarine cables on the deep-sea bottom is historical, adapted from the technology of tele-communication undersea cables (telephone, Internet fiber-optics). China, for example, has a demonstrated technical interest in emplacing a reliable fiber-optic cable onto the Arctic Ocean’s seafloor for direct communication with Europe. This proposal becomes especially attractive if prolonged (and recurrent) El Niño climate regime effects cause persistent future droughts that permanently reduces the Panama Canal’s major role in world shipping routes [12].

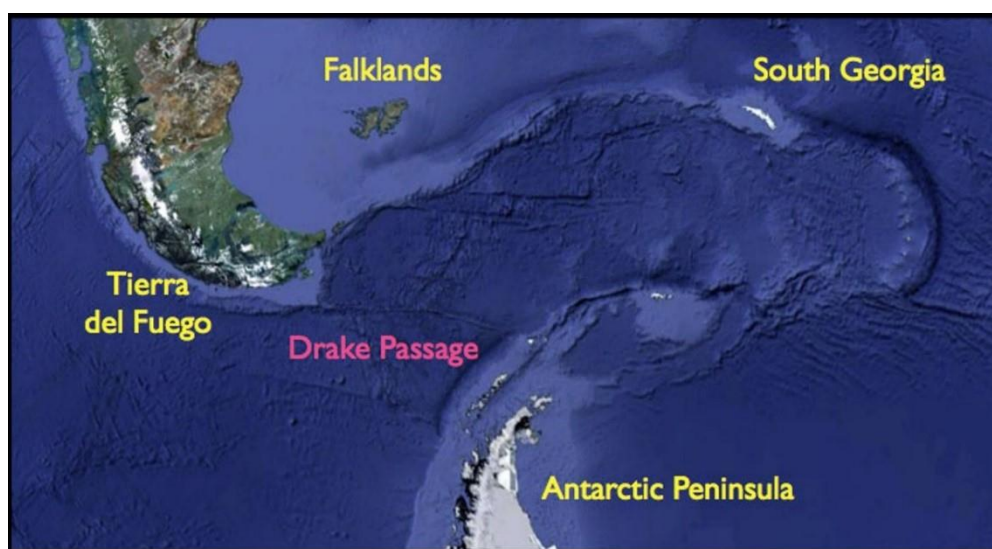


Figure 1. Situated between Antarctica and Argentina-Chile, the Drake Passage is a formidably deep shipping waterway. (Google image.)

Macro-imagineering scenario amazements have resulted from comparison of the anticipatory foresight of an 20th Century article [13] with a 21st Century article [14]. In particular, the design of ice-phobic material surfaces for powerlines and windmills has advanced markedly. With an average wind speed of ~22 meters/second, the most sustained katabatic wind regime anywhere in the Earth-bioshell close to sea-level occurs at Cape Denison (670 S. latitude by 142.70 E. longitude) and was discovered almost a century ago by courageous explorers; since then, >100 differently located Antarctic automatic weather stations operate today to help define Antarctica's surface wind-flow.

Coastal weather stations, located near the base of an ice-cap fully exposed to katabatic wind flow oceanward, indicate that the periphery of Antarctica is suitable for an operationally unified linear wind-farm. This integrated facility would be of enormous geographical extent, possibly of ~18,000 km unified length, since the persistent katabatic winds blow all year and supply the boundary-layer with unsaturated air which causes significant low-level sublimation of snowfall. Wind turbines at remote sites under extreme climatic circumstances (e.g., very low temperatures and high winds) must be manufactured to tolerances that accommodate the severity of environmental conditions that generally reduces the stiffness and toughness of fabricated materials. Basically, successful harnessing at commercial scales, our postulated Earth-bioshell's wind-power resource becomes an air-movement technology-attunement action by energy-needful humans. By means of numerous networked Alexander A. Bolonkin-Cathcart Fabric Aerial Dam and Wind Turbine Stations [15], it may become possible soon to generate at least ~6 TW of exploitable and exportable HVDC electricity transmittable to southernmost South America and thence, by hard-wired interconnection, to the entire Americas! Non-commercial scientific research infrastructures at the South Pole are also potential customers [16]. Exported power to South America (Figure 2) simply adds to the pre-existing capacity, which is enormous and increasing. For instance, the Itapúa Binational Hydroelectric Dam straddles the Parana River border of Brazil and Paraguay and could generate >0.014 TW [17].

4. HVDC and other appurtenances, Darien Gap, Central America

The Hitchhiker's Guide to the Galaxy, a 1979 AD-published novel by Douglas Noel Adams (1952-2001), purported the whole Earth's environmental demolition by uncaring Aliens for the installation of their "hyperspace bypass". (Note: the word "hitchhiker" is a circa 1920 AD tautological compound with both elements meaning the same, as in "pathway".) If placed entirely underground, a horizontally bored electric-cable carrying tunnel cannot be responsible for the despoliation of the tropical rainforest landscape in the Darien Gap that is rudimentarily controlled by Panama and Columbia. English and Spanish languages differ in the meaning of "gap": anglophones prefer "gap" whilst hispanophones prefer "tapon" ("stopper"). In any case, the Darien Gap is a preserved zonal landscape because it is an intentional biogeographical barrier against disease-carrying insects [18]. Many spin-offs and unrelated macroproject organizations, which are proliferating globally, all originate from just a few European, American, and Chinese innovational catalyst groups that are devising new tunneling machines.

Contrary to Figure 2, here, we propose using the offshore bypassing rights-of-way principle to legally facilitate the transmission of cabled HVDC power underwater across substantial distances, yet less than that of the Drake Passage. This proposal would constitute for Panama and Columbia a significant means of transmission and routing that differs from other previous Central American macroprojects that are comparable in scope. For example, including Panama's early-days Camino Real route [19] and the region's first interoceanic canal (built in Columbia by Antonio Cerezo) during approximately the same era of recorded human history [20]. Although the Darien Gap is not a wind-gap or a water-gap, it remains an infrastructural blank-slate (the controversial so-called "gap") due to the absence of an international highway [21] and

electrical grid connections between Columbia and Panama. Unfortunately, post-2020 AD unmanaged migration has somewhat despoiled sections of the Darien Gap's landscape.



Figure 2. The cooperatively managed electricity grid of South and Central America as it might appear by mid-21st Century. (Google image.)

This CALIBRE report is meant as a provocative minimalist Macro-imagineering scenario or “White Paper.” That is, this brief and transitory documentation is presented as a hybrid of organizational expertise, journalistic-styled published article communication, and institutional advocacy; in other words, a potential news-media focus and, subsequently, a dialogue high-lighting the convergence of all 21st Century electrical infrastructure R&D with modern-day Macro-Imagineering/Macro-Engineering promulgation. Obviously, one of our goals, in part, is to “re-brandscap” both Panama and Columbia as ecosystem-countries with unique infrastructural and geopolitical co-ordination possibilities (blending? melding? sharing?) that are inevitably impending. (Neither the positivist terms “brandscap” or “re-brandscaping” were exposed by philologist David L. Gold in his otherwise thorough examination of then-known English-language words terminating in the productive suffix “-scape” [22].) For sure, indifference to the practical societal costs related to the proposed twin Central America submarine HVDC cablings as well as, perhaps, the additional enclosed vital

associated appurtenances are intolerable. If imprecise oversight is present in our CALIBRE “White Paper”, it might unfortunately invite future-projection scenarios and realizations that cannot be seriously enjoyed by those in electrical power management who require a sound basis for promulgation of public policy.

Both Panama and Columbia were once considered obvious worksites for a new transisthmian sea-level canal that could be excavated with multiple nuclear explosive row-charges that would create an inter-ocean shipping route serving ever-more gigantic oceanic ships as well as naval vessels. In most instances, even using supposedly “clean nuclear explosive excavation” [23] entails the implication of “cratering” by fracturing and ejecting huge volumes of rock and soil almost in an instant. Implementation of this proposal would have been an unmatched ecological fiasco! Science and technologically skeptical social movements backed by wise legislators foreclosed the proposed effort to dig a sea-level canal in Central America. More recently as of 2024 AD, there are many national leaders that are incapable of visualizing non-classical outcomes (e.g., Macro-Imagineering projects) and who exhibit an apparently natural tendency to relate other person-proposed future real-world infrastructural outcomes to previous experience [24]. The fact that so-called potentially clean nuclear blasting explosives may be technically feasible, sadly serves to maintain, and perhaps even reinforce, some time-worn opinions of influential radical public opinion-leaders. However, so far, no publicized postulation to promote regional infrastructural development in Central America outdoes the Chilean engineer Jorge Cortines Delfino’s macroproject concept of a tunneled 50 km-long transisthmian ship canal that, unrealistically, neglected to project the increasing enormity of ship volumes because today’s containerized ships were just beginning to be developed at that time [25]!

The bizarre science-fiction movie *Battle Beneath the Earth* (1967), available for payment-free viewing on YouTube, featured a stereotypical Chinese NGO madman boring an enormous system of secret transpacific tunnels below the continental USA’s ground surface. The concomitant planting of thermo-nuclear bombs below strategic locations was intended to blackmail one of the world’s several supposed Superpowers. In contradistinction to the madman plan just outlined, the voices and normal everyday activities of the native population living on both sides of the Darien Gap rainforest landscape will be supplemented by an unavoidably amplified and slightly industrialized soundscape at both ends of the submarine electricity transmission cables where they come ashore and are connected to industrial infrastructures. For the Darien rainforest landscape, the ideal conserved natural tropical ecosystem features maintenance of the pre-exploitation vegetation and associated dependent biota as well as the “primordial” aerial and geological background. Preservation activities by the power cable-protective HVDC builders would ideally prolong the existence of such a high-quality mostly still “natural” region. The power transmission cables must be immune to seismically-induced severe seabed sediment liquefaction damage owing to local earthquakes. Of course, there is social risk of disruptive post-installation behavior by influential state actors in Panama and/or Columbia. These risks might focus on legal, economic, and geopolitical outlooks because each ecosystem-nation could adopt a diplomatic posture of intransigence focused on throughput rent, once the marine macroproject circumventing the Darien Gap (Isthmus of Panama) is completed. In other words, there is a remote possibility of a financial battle for supremacy of immediately offshore oceanic crust by two countries necessarily trapped in a trust situation where both must take a national risk to learn how trustworthy the other is. Certainly, resolute geopolitical certainty might ruin bilateral progress since a time could come where the governments of both states realize that they have spent tax and loan monies to install submarine infrastructure could become obsolete (by, say, post-3 March 2023 space-based broadcast solar power) [26]. Such is the always the risk of opting on any technology because with progress, essentially all technology becomes socially ephemeral.

5. North America Geothermal Power-Plant Unifies the Antarctica-Americas Grid

South America's first geothermal powerhouse, Chile's 48 MW Cerro Pabelion Project constructed by 2017 AD, proves that the Americas are rich in geothermal potential. Magma, molten rock material that moves within the Earth and onto its surface as lava, is the purest form (highest grade) of geothermal "ore." The world's first magma-enhanced geothermal system was created in Iceland by drill penetration during 2009 AD [27]. In effect, artificial lava eruptions have occurred and, consequently, Anthropic Rocks derived from deep volcanic sources are nowadays present in some places [28]. Therefore, volcanic eruptions that are technically unmanageable have potential to damage or destroy infrastructures that are vital to modern civilization, That is, the potential exists for disruption of engineering structures wherever they are located, within or atop the planet's fractured and many types of fluid-lubricated rocky crust segments [29-30]. This critical realization has prompted, as well as initiated, academic formulations of new ethical exploitative paradigms [31] as well as an explosive "Method for Dispersing or Arresting Lava Flow" (US Patent 4,451,178 awarded on 29 May 1984) and heated pipes to regulate "Magma Evacuation Systems for the Prevention of Explosions from Supervolcanoes" (US Patent 7,284,932 B2 awarded 23 October 2007).

Some researchers who anticipate dangerous global climate change are currently seeking to concentrate all the officially-designated "excess" aerial carbon dioxide gas by using geothermal energy [32]. By way of a poignant example, Portugal has examined in-situ mineral carbonization in a partially buried offshore composite volcano. Although evidently dormant, these Late Cretaceous volcanic basalts near the West Iberian coast, are viewed for permanent storage of self-determined and documented air-mined national aerial carbon dioxide gas emissions because, once the mined gas is mineralized, it is presumed geologically emplaced permanently [33]. The permanency of this emplacement is, however, suspect because relatively nearby lies the epicenter of the famously devastating 1755 AD earthquake tsunamigenic site. Nevertheless, during 2022 AD, CGG Services SAS, in its 13 October 2022 application for a patent (WO2022214867-Geothermal Plant for Extracting Energy from a Geothermal Reservoir Located Below the Ocean Bottom), sought future control of a technology that can allow access and harvesting of magma heat upwelling at, for example, the mid-Atlantic Ocean Rift Zone which terminates on land in Iceland! Some researchers hope that geothermal energy under the seafloor, a capacious high-temperature resource that has never been accessed to generate electricity, might provide enough baseload energy to stabilize atmospheric carbon dioxide gas buildup attributable to fossil fuel combustion.

The Yellowstone National Park "super-volcano" caldera (in Wyoming, USA) is unpredictable like other continuously monitored active volcanoes. Yellowstone's most recent "catastrophic" eruption occurred about 640,000 years ago but magma has been noted burring about below the surface preceding the last Ice Age about 10,000 years ago [34]. It is commonly thought that, by using a modern-day geothermal energy extraction system, perimeter wells of this super-volcano could cheaply generate at least 3.46 GW of electrical power. More ambitiously, two expert researchers have strongly suggested that "...given the (potential) interconnected nature of the American continent's power grid, excess power could be supplied to Canada and possibly Mexico and Central and South America as well" [35]. Additionally, as an aside, Iceland could export geothermally generated electrical power to Europe and Hawaii could become self-sufficient using the same technology. The proposed gargantuan Yellowstone machine could conceivably deliver twice the 0.6 TW amount expected to be required by the USA's 2050 AD population, or ~1.255 TW! So, approximately 0.6+ TW can be fed into the macro-imagineered intra-America Electricity Grid.

6. Conclusions

This macro-imagineering proposal features an hypothetical postulation that is based on developing geothermal electrical power generation. Heat sources for power generation occur in the geographic vicinity of the Yellowstone hotspot where molten rock (magma) from the mantle rises toward the ground surface. With an unlimited heat source in the northwest corner of Wyoming (USA), it is proposed to physically connect the electricity grids of North and South America, forming an integrated Americas bicontinental connection, and eventually with a linkage to Antarctica. This potential tricontinental linkage of electricity grids includes an environmental safety valve in the Darian Gap (Panama) and a subsea connection from the southernmost tip of South America to Antarctica via the Drake Passage. This narrowest stretch of water in the Southern Ocean extends between the southern tip of South America and the northern tip of the West Antarctic Peninsula. In addition to the geothermal power-plant unification of the Antarctica-Americas Grid, this macro-imagineered project receives an additional potential benefit of sequestering officially-designated “excess” atmospheric carbon dioxide gas by underground injection for in-situ mineral carbonization in volcanic deposits. Modern-day geothermal energy extraction systems using perimeter wells of the Yellowstone hotspot could conceivably generate at least 3.46 GW of inexpensive electrical power, which would be a boon to industrial, commercial, and domestic users. The interconnection of national power grids, such as proposed for the Americas and Antarctica, stir the imagination for the development of macro-imagineering projects. For advanced societies that depend on reliable electrical power generation at economical costs, this proposal seems to be a prudent consideration.

References

- [1] Romanenko, S. et al. (2017) “The interaction between electromagnetic fields at megahertz, gigahertz and terahertz frequencies with cells, tissues and organisms: risks and potential” *Journal of the Royal Society Interface* 14: 20170585.
- [2] Byrd, H. and Mathewman, S. (2014) “Exergy and the City: The Technology and Sociology of Power (Failure)” *Journal of Urban Technology* 21: 85-102.
- [3] Editor (15 February 2024) “Calling all engineers: Nature wants to publish your research” *Nature* 626: 455-456.
- [4] Mukhtar, M. et al. (2023) “Juxtaposing Sub-Sahara Africa’s energy poverty and renewable energy potential” *Scientific Reports* 23: 11643.
- [5] Alcayde-Garcia, F. et al. (2022) “Power Transmission Lines: Worldwide Research Trends” *Energies* 15: 5777. SEE also: Watson, N.R. and Watson, J.D. (2020) “An Overview of HVDC Technology” *Energies* 13: 4342.
- [6] Leane, E., *South Pole: Nature and Culture*, Reaktion Books (2016), 224 pages.
- [7] Bravo, M., *North Pole: Nature and Culture*. Reaktion Books (2019), 208 pages.
- [8] Viebahn, J.P. et al. (2016) “Effects of Drake Passage on a strongly eddying global ocean”, *Paleoceanography* 31: 564-581.

- [9] Lazarus, E.D. and Goldstein, E.B. (11 February 2019) “Is there a bulldozer in your model?”, *Journal of Geophysical Research* 124: 696-699.
- [10] Brooks, S.T. et al. (2018) “What is ‘footprint’ in Antarctica: proposing a set of definitions”, *Antarctic Science* 30: 227-235.
- [11] Liu, H. et al. (2019) “The role of hydro power, storage and transmission in the decarbonization of the Chinese power system”, *Applied Energy* 239: 1308-1321.
- [12] Batista, R.A.V. (2024) “Impact of the Panama Canal on the Panamanian economy: analysis with input-output tables” *Arts & Humanities Open Access Journal* 6: 6-12.
- [13] Bowden, G.J. et al. (1980) “The Potential of Wind Energy in Antarctica” *Wind Engineering* 4: 163-176. SEE also: Wang, K-S. et al. (2023) “Climatic Trend of Wind Energy in the Antarctic” *Journal of Marine Science and Engineering* 11: 1088.
- [14] Chatzivasileiadis, S. et al. (2013) “The Global Grid”, *Renewable Energy* 57: 372-383.
- [15] Bolonkin, A.A. and Cathcart, R.B. (2008) “Antarctica: a southern hemisphere wind power station?” *International Journal of Global Environmental Issues* 8: 262-273.
- [16] Cho, A. (23 June 2023) “Infrastructure woes could slow South Pole experiments” *Science* 380: 1208-1209. (NOTE: The consultative parties of the Antarctic Treaty, in a Ministerial Declaration dated 6 April 2009, announced their intent to work together to better understand changes to the Earth’s climate and to actively seek ways to address the effects of climate and environmental change on the Antarctic environment and dependent and associated ecosystems. On 2 June 1988 a Protocol which came into effect during 1998 declares that “Any activity relating to mineral resources other than scientific research shall be prohibited”. Electricity is not a mineral.)
- [17] Berkhout, P. and Warner, J. (Winter 2023) “Transboundary water relations of the Itapúa Dam: Unveiling Brazilian consensual hydro-hegemony” *Regions & Cohesions* 13: 1-28.
- [18] Alford, J.G. (May 2015) “A reaction-diffusion model of the Darien Gap Sterile Insect Release Method”, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 22: 175-185. SEE also: Runk, J.V. (2015) “Creating Wild Darien: Centuries of Darien’s’ Imaginative Geography and its Lasting Effects” *Journal of Latin American Geography* 14: 127-156.
- [19] Strassnig, C. (2010) “Rediscovering the Camino Real of Panama: Archaeology and Heritage Tourism Potentials”, *Journal of Latin American Geography* 9: 159.
- [20] Howarth, S. (April 1977) “Atrato canal revealed”, *The Geographical Magazine* XLIX: 420-423. SEE also: Anon. (7 October 1976) “Columbia plans inter-ocean canal 19 miles long joining Atrato and San Juan rivers near headwaters”, *Engineering News Record* 197: 43.
- [21] Rutkow, E., *The Longest Line on the Map: The United States, the Pan-American Highway, and the Quest to Link the Americas*, Scribner (2019). 439 pages.
- [22] Gold, D.L. (2002) “English Nouns and Verbs Ending in -scape”, *Revista Alicantina de Estudios Ingleses* 15: 79-94.

- [23] Seifritz, W. (May 2004) “A clean nuclear blasting technique for the excavation of a new isthmus canal in Central America” *Kerntechnik* 69: 132-134.
- [24] Winthrop, H. (December 1969) “Social costs and studies of the future”, *Futures* 1: 488-499.
- [25] Delfino, J.C. (June 1956) “Why Not Build a Tunnel for Ships from Atlantic to Pacific?”, *Popular Mechanics Magazine* 105: 85-88.
- [26] Ayling, A. et al. (27 January 2024) “Wireless Power Transfer in Space using Flexible, Lightweight, Coherent Arrays”. Posted at arXiv.org as paper 2401.15267v1. 19 pages.
- [27] Elders, W.A. et al. (2014) “Drilling into magma and the implications of the Iceland Deep Drilling Project (IDDP) for high-temperature geothermal systems worldwide” *Geothermics* 49: 111-118.
- [28] Peloggia, A.U.G. (2018) “The Rock Cycle of the Anthropocene: Inserting Human Agency into the Earth System” *Revista do Instituto Geologico, San Paulo* 39: 1-13.
- [29] Wilson, G. et al. (2014) “Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review” *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 286: 148-182.
- [30] Cirkovic, M.M. and Cathcart, R.B. (May-June 2004) “Geo-Engineering Gone Awry: A new Partial Solution of Fermi’s Paradox” *Journal of the British Interplanetary Society* 57: 209-215.
- [31] Cassidy, M. et al. (2023) “The Ethics of Volcano Geoengineering” *Earth’s Future* 11: e2023EF003714.
- [32] Leveni, M. and Bielicki, J.M. (2024) “A potential for climate benign direct air CO₂ capture with CO₂-driven geothermal utilization and storage (DACCUS)” *Environmental Research Letters* 19: 014007.
- [33] Pereira, R. and Gamboa, D. (2023) “In situ carbon storage potential in a buried volcano” *Geology* 51: 802-807.
- [34] Maguire, R. et al. (1 December 2022) “Magma accumulation at depths of prior rhyolite storage beneath Yellowstone Caldera” *Science* 378: 1001-1004.
- [35] Archiuolo, T.F. and Faezipour, M. (2022) “Yellowstone Caldera Volcanic Power General Facility: A new engineering approach for harvesting emission-free green volcanic energy on a national scale” *Renewable Energy* 198: 415-425.



Type-Ia Supernovae, Clusters of Galaxies and a New Inquiry on the Inhomogeneous LT Cosmology

Nilo Serpa

l'Académie de Bordeaux; l'Académie de Paris; Centro Universitário ICESP, Brasília
nilo.serpa@icesp.edu.br



Received: 11 May 2023 / Accepted: 04 Oct 2023 / Published: 28 Mar 2024.

Abstract This article discusses some features of modern astrophysical cosmology in light of what "is not known" about type-Ia supernovae, clusters of galaxies and the evolution of the universe. The study summarizes a work begun in 2007 plus observational updates over the last 10/12 years, and disruptive personal theoretical propositions. On the trail of a critical thinking, it seeks to point out pivotal questions to which we will only find answers from a broad and careful review of the premises currently accepted at the heart of cosmology, today more observational than ever, and still pending a theoretical structure globally consistent with the universe observed on large scale.

Key words: Astrophysical cosmology, type-Ia supernovae, clusters of galaxies, structures, sub-Plankian domain, general relativity.

Resumo. Este artigo discute alguns aspectos da moderna cosmologia astrofísica à luz do que "não se sabe" sobre supernovas tipo-Ia, aglomerados de galáxias, e sobre a evolução do universo. O estudo resume um trabalho iniciado em 2007 acrescido das atualizações observacionais dos últimos 10/12 anos, e de proposições teóricas pessoais disruptivas. Na trilha de um pensamento crítico, procura apontar questões básicas para as quais somente encontraremos respostas a partir de uma ampla e cuidadosa revisão das premissas atualmente aceitas no cerne da

cosmologia, hoje mais observacional do que nunca, e ainda pendente de uma estrutura teórica globalmente consistente com o universo observado em larga escala.

Palavras-chave: Cosmologia astrofísica, supernovas tipo-Ia, aglomerados de galáxias, estruturas, domínio sub-Plankiano, relatividade geral.

Introduction

My interest in type-Ia supernovae started with the research I conducted on inhomogeneous models of the universe — exact solutions of Einstein's equations in which quantities such as curvature and expansion field vary point-to-point in space-time —, during the development of my master's dissertation, for which several works provided important subsidies ([6], [7], [8], [9] and [10]). The general context of this interest, as it could not be otherwise, was based on the classical cosmology of Friedmann, Lemaître, Robertson, Walker (FLRW), from which inhomogeneity was introduced.

The FLRW cosmology arose by the assumption of a homogeneous and isotropic universe at large scale and, ultimately, is characterized by two functions: an average expansion rate of the universe (H) and the density parameter (ω), both of which depending on time. Their values, although not observed directly, are deduced as of information extracted from the light that reaches us since the past through the "cone of light". There is, as in all physical science, a subjective element of interpretation in the construction of this information, which met the evidence well until the arrival of a copious collection of data obtained from type-Ia supernovae, the distribution of galaxies and the anisotropies found in cosmic radiation background. It is in the scenario of discrepancies arising from the new discoveries that "dark energy" emerged as the redeemer of order. Through the reintroduction of a cosmological constant, until now without any theoretical model that explains its origin and magnitude, it warrants an accelerated expansion of the universe and a "justification" for the apparent dimming of luminosity seen in distant type-Ia supernovae.

Til then, all theoretical and interpretative efforts characterized an obstinacy to preserve a homogeneous description, in my opinion quite controversial, and has given rise to a range of works aimed at increasingly affirming the inhomogeneous image that technological

modernity, in obtaining precise data, has allowed us to glimpse, especially with regard to the study of type-Ia supernovae. At the time I started the first work, my main task was to describe an inhomogeneous Lemaître-Tolman (LT) universe viable with the same level of detail achieved in the description of its homogeneous alter ego FLRW, highlighting the definition of a gravitational refractive index in LT cosmology due to a weak lensing effect.

Regarding type-Ia supernovae (hereinafter SNIa), over the early years of the current century, it was prevailed the theoretical representation of a thermonuclear explosion of a carbon/oxygen white dwarf star in the process of dredging up material from a companion, usually a red giant (for some time now, a binary model of two white dwarfs interacting in a deadly dance has been considered). The mass of the dwarf star tends to the Chandrasekhar limit, at the same time that its temperature and density converge to the melting point of carbon. The energy released during this process ends up exceeding the cooling rate due to the expansion and loss of neutrinos, so that the star is unable to maintain its integrity, exploding violently. This scenario is independent of cosmological parameters — which means that such events could have occurred at any time —, leading us to believe that SNIa would be standard candles, from which it would be possible to infer distances on cosmological scales.

In summary, this article is dedicated to an analysis of cosmology in an inhomogeneous scenario. The proposed models do not assume perturbative methods. Some aspects inherent to the nature of the universe which are independent of solutions to Einstein's equations are discussed. Much of the basic theory explained was inspired on results transmitted by Garfinkle [6] and Enqvist [10] (always taking into account the examples of the three typical functions of LT modeling given by the first), forming the background of my recent contributions. With respect to SNIa and galaxy cluster data, the most current compiled surveys available at the time of preparing the graphs presented were assumed.

The essentials of SNIa

SNIa are characterized by no hydrogen in their spectra and strong lines of Si, Ca and Fe. They are among the largest thermonuclear explosions in the universe. The light from such explosions is capable of traveling very long distances. Although they led to the discovery of the acceleration of the expansion rate of the universe, a large number of uncertainties remain in current theoretical models. With no

doubt, calibration and size of SNIa samples at low redshifts have been substantially enhanced during the first two decades of the 21st century. Furthermore, computational modeling has offered excellent perspectives, mainly with regard to the distribution of these phenomena, despite the challenging task of dealing with the immensity of distances and time scales. However, we do not know of a robust theoretical model capable of reproducing the power observed in explosions, which are even brighter than the host galaxies. Also, the simulations only account for events with very low luminosity compared to the mean luminosity deduced from the available sample. Lastly, although the most accepted model of the genesis of these events considers a binary progenitor system, there is no consensus on which star would be the donor in the matter accretion process. Because of this gap in knowledge regarding the progenitor system, it is to be expected the appearance of light curves (magnitude as a function of time) that are not as similar to each other as we would like, hence the need to “standardize” these curves. Taking into account the errors and factors that contribute to the dispersion of the light curves of different SNIa, it is possible to adjust them so that they indicate the same absolute magnitude, i. e., the same total emitted power, making it viable to use them as standard candles. Therefore, the more of them are observed, the better the accuracy of the luminosity estimate.

In recent times, an intense process of investigation began with the aim of verifying whether realistic inhomogeneous models without a cosmological constant could account for the weakening of the light emitted by SNIa, in such a way as to interpret it as an epiphenomenon capable of mimicking the acceleration of the universe. It is known that LT models can be fit to a wide set of observational data, which means it is possible to fit them to SNIa data. However, if the model does not fit other sources, the cosmological problem will remain unsolved. The set of observational data has modified the state of cosmological knowledge inasmuch that, considering the three main sources of data currently recognized, we have the following values for the average density of matter:

- Cosmic radiation background $\rightarrow \Omega_M \sim 1$,
- Surveys of galaxies $\rightarrow \Omega_M \sim 0,3$,
- Type-Ia supernovae $\rightarrow \Omega_M = 0,28 \pm 0,10$.

To banish similar discrepancies, it was agreed to introduce a cosmological constant Λ , or vacuum energy Ω_Λ , into Einstein’s equations. This artifice leads to an accelerated expansion of the universe. Consequently, the apparent weakening of SNIa finds its natural expla-

nation in a homogeneous universe. Although this ensures excellent agreement of the Λ CDM model with the observational data, the procedure brings with it some disturbing aspects. Viewed from the perspective of Planckian units, the cosmological constant appears as an absurdly small quantity (smaller by around 120 orders of magnitude). Several theories have been used to clarify the reasons for this value. The role of supersymmetry, for example, in evaluating the cosmological constant requires the incorporation of gravity into its theoretical framework, something that is done by introducing supergravity. With it, ordinary particles are complemented by a gravitational multiplet comprised by the graviton and its supersymmetric partner, the gravitino. The graviton, with spin 2, is the mediator of gravity just as the photon is the mediator of electromagnetism. Gravitino is a spin 3/2 particle. If there is no supersymmetry breaking, both particles remain massless. In the simplest supersymmetry-breaking scheme, the gravitino becomes massive. As soon as supersymmetry is broken, the vacuum energy assumes values of the order of 10^{40} GeV, far above what would be expected for a plausible physical driver of the cosmological constant as currently estimated. These conclusions, however, are based on the subsumption of two particles whose existence has never been proven, and perhaps a broad review of the accepted model is necessary here (for a complementary discussion on related subjects, see references [2], [11], [12], [15], [17] and [18]). Furthermore, the Λ CDM model requires that we live in a *sui generis* cosmological era in which matter and dark energy have comparable densities. Finally, all the effort spent over decades by particle physicists to show that the cosmological constant must be zero will fall apart if we definitively accept it with its astonishingly tiny, but not zero, value in the bases of cosmological knowledge. It was above all these disturbing facts that motivated the search for alternative models to the standard model. However, the astonishing smallness of some physical magnitudes may not be as strange as it seems. I will briefly review what has been done in terms of SNIa, comparing the accepted findings with my recent propositions.



One of the streams of research consists of assuming a LT model as simple as possible, verifying the impact of the inhomogeneous distribution of matter and the non-uniform expansion of the universe on the propagation of light [2]. Apparently, the first analyzes showed

that on small scales variations in density actually induce variations in brightness; the same does not occur on large scales. Brightness fluctuations decrease with distance, a fact that makes an explanation without cosmological constant unfeasible once very high redshifts are considered. Due to the great uncertainties involved and the relative scarcity of SNIa, the subject is still a source of controversy.

Astronomical observations of the "local universe" indicate that its density varies from low values related to voids to high values related to agglomerations. Table 2 displays five models that illustrate this fact. Measurements on the distribution of matter imply that the density contrast ($\delta = \rho/\rho_b - 1$, ρ_b = density of the background) varies by $\delta \approx -1$ in voids up to δ equal to several tens in clusters. Such structures exist in diameters from several Mpc to tens of Mpc . However, if the average is considered on large scales, the density remains between $0.3\rho_b$ and $4.4\rho_b$, with the sizes of the structures being on the order of several tens of Mpc . To date, there is no observational evidence of structures larger than superclusters, that is, with diameters on the order of hundreds of Mpc or more.

Table 2: Form of the functions used for different LT density models (ρ_b = background density).

Model	Function
1	$\beta = 0; \rho/\rho_b = 0,5 + 0,2 \cos(10^{-5} \pi r Mpc^{-1}) + 0,5 \cos^2(10^{-5} \pi r Mpc^{-1})$
2	$\beta = 0; \rho/\rho_b = 0,4 + 0,6 \cos(2 \times 10^{-5} \pi r Mpc^{-1}) + 1,8 \cos^2(2 \times 10^{-5} \pi r Mpc^{-1})$
3	$\beta = 0; \rho/\rho_b = 1 + 0,4 \cos(10^{-5} \pi r Mpc^{-1})$
4	$\beta = 0; \rho/\rho_b = 1 + (8 \times 10^{-6} r Mpc^{-1})^{0,55}$
5	$\rho/\rho_b = 1$

The models presented in table 2 provide preliminary estimates of density behavior. The symbol β represents the time function of the Big-Bang. Note that the assumption of $\beta = 0$ was made for the early stages of the universe and arises from observations of the cosmic microwave background. Such observations imply that the universe was quite homogeneous until the moment of the great final dispersion of the Big-Bang. Therefore, the amplitude of β could not be greater than a few thousand years, which compared to the current age of the universe is negligible. In summary, if β assumed a high value under initial conditions, temperature fluctuations would be greater than those observed in the cosmic microwave background.

In model 1, most of the regions through which supernova light propagates are of low density. In model 2, the densities found are, for

the most part, higher than the background density. In model 3, the average density is on the order of the background density itself. In particular, I will only focus on models 4 and 5, which deserve more attention. In model 4, the initial value of the Big-Bang time function, $\beta = 0$, is consistent with the cosmic microwave background. The density distribution, monotonically increasing from a mean value $\rho = \rho_b$ at the origin to $\rho = 2.5\rho_b$ at about 3 Gpc, was chosen in order to fit the supernova observations. An increase in density leads to a decrease in expansion. However, even though it is expected to obtain good approximations from much more accurate surveys, there are no systematic observations of the density distribution, or even expansion, at distances on the Gpc scale. All we know boils down to the fact that the Milky Way's motion with respect to the cosmic microwave background is small. Therefore, to account for the relatively small movement in contrast to the cosmic background radiation, taken as a reference at rest, we have to admit the increase in the expansion of the universe at large distances. It is worth highlighting once again that the great flexibility of the LT models allows the choice of functions that satisfy the adjustment to data originating from the cosmic background radiation. In model 5, the density distribution is assumed to be equal to the background value, $\rho = \rho_b$. This indicates that there are no structures on the Gpc scale. The Big-Bang time function is quite inhomogeneous, making it strongly inconsistent with observations of the cosmic microwave background.

A universe that folds in on itself: The reentrant galaxies model

Once upon a time, the idea of a Big-Bang sounded naturally human, a kind of scientific creationism, the anthropoethical intuition that everything has a beginning and, probably, an end. This may be so, but I think the conjecture of a universe that repaginates itself throughout eternity is inevitable. I believe it is sensible, given the most current information, to speak not of an absolute origin but of the beginning of an evolutionary stage that culminated in the first galaxies and that allowed the emergence of life as we know it. The dynamics of the universe is complex and may even be unintuitive.

It's worth a reflection here. Disruptive thinking in physics has never been more necessary than now [23], after the reiteration, through the James Webb telescope, of the existence of mature galaxies where they should not be, according to the standard model. At this point, the term "Big-Bang time" seems a bit embarrassing, so perhaps it is more prudent to speak of a conventional "ground zero time", much

earlier than current model predicts, designating the theoretical beginning of a certain peculiar phase of the universe that we do not yet understand well.

Taking a closer look at the situation, the so-called ‘impossibly early galaxy’ problem became more serious after recent confirmation of many massive galaxies in twilight of their lives observed at $z \approx 3$ (see the massive quiescent galaxy ZF-UDS-7329 with photometric redshift > 3 [27]) when the universe was only 2 Gyr old. This unexpected and disconcerting fact contrasts to the prediction consensus of the hierarchical Λ CDM model, in which galaxy assembling, a long term gradual merging of several progenitors, took place at $z \approx 0.7$, when the universe was 7 Gyr old. Given such inconsistencies, I have been working on a hypothesis, which I called the "reentrant galaxies" model. This is a topological approach.

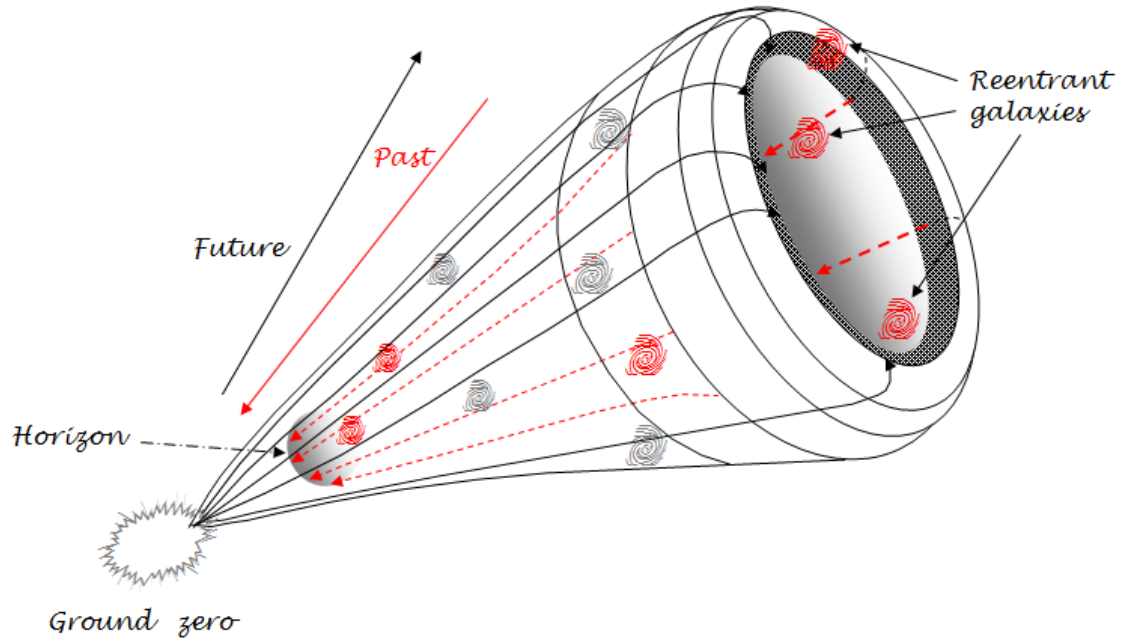


Figure 1: *Schematic model of reentrant galaxies. Note that the time-bulb expands into the future with the galaxies in black emerging from a time after the horizon of approach of the galaxies in red, towards the past. For this reason, we see mature galaxies where they could not be if we considered only the most intuitive evolutionary part of the universe.*

Intuitively, we think of the simplest forms of expansion, imagining something like an almost perfect spherical symmetry, for example. But there are other possibilities. Suppose that the cosmic woof expands within a time-bulb (Figure 1), an imaginary cosmic conduit

along which from a given moment the four-dimensional sphere begins to fold inwards on itself¹, as if we were pressing a rubber balloon with a finger (this is not a rupture, but rather a depression in space-time woof). Then, we get a sphere with a "hilo". We can recall Poincaré's conjecture, whereby if a three-dimensional manifold has no topological "holes" and all its parts are continuously connected, then it must be a three-dimensional sphere (any closed arc on the manifold surface can be continuously reduced to a point). Similarly, our *hiosphere* is homeomorphic to a four-dimensional sphere. So, the first oldest galaxies would be dragged by the hilo — the reentrant warp — "toward the past", diving into the depression asymptotically until a horizon that inexorably separates us from the ground zero (even without thinking about a cosmological constant, we may consider decreasing rate of expansion towards the horizon). Note that the theoretical time-bulb expands in all directions, including the reentrant direction — the hilo — which leads to exotic compositions between redshifts (between a normal and a reentrant galaxy, there is the redshift referring to the deviation due to the global expansion of the bulb, and the redshift referring to the deviation due to the reentrant expansion, i. e., the inner expansion of the hilo). It seems to me that it is a model capable of shedding light on several issues, but at the cost of some review in the essence of the standard model. By homeomorphism, we can map all galaxies spherically, more or less as if we were constructing a *galasphere*. Obviously, someone will ask why there would be a sphere with a hilo! The answer is very simple: we don't know, this is only a model. It's not very different from asking why the Big-Bang. The fact is that new records of old galaxies will probably populate our compiled surveys, perhaps not many. In any case, the hierarchical model of galaxy formation is currently in check.



The above results and conjectures suggest that the only way to fit supernova data is to assume the decreasing expansion of the universe toward the past. This can be done either by considering a decrease in acceleration with the radial coordinate (models 4 and 5) or by adopting a cosmological constant (standard approach). The first hypothesis does not require the introduction of the cosmological constant, however, it requires that we are located in a privileged

¹ The conduit represents the historical sequence of expansion states of the quadrisphere.

position within the universe, as well as the existence of structures on the Gpc scale. The second hypothesis admits that the models suggested here support the acceleration of the universe as a justification for the observations made on SNIa. Within the framework of such models it is impossible to fit supernova data with a realistic distribution of matter, where variations in the contrast of density were similar to those observed locally. Apparently, the two alternatives are equivalent from the point of view of observational analysis. The difference lies rather in philosophical assumptions. There's no way to decide if we really are in a special place. Due to the flexibility of LT cosmology, models 4 and 5 can be fitted to the cosmic microwave background data by simply assuming that the structure in Gpc is compensated by external regions. The reader should note that for such models a distribution of matter in spherical symmetry was assumed, with the exception that this assumption is suitable for the propagation of light in a short time interval. For longer periods, the evolution of matter becomes important. It is generally accepted that the universe evolves very little up to redshifts of approximately 0.5, so the analysis mentioned here does not differ significantly from reality.



Dark energy as expansion energy

Do we fear a revision of the standard model? If so, it's understandable. After all, many scientific careers were based on ideas, representations and interpretations anchored in the concept of the Big-Bang and in the belief of a universe with a primitive inflationary stage, later evolving in a homogeneous and isotropic condition. If someone, after so many decades, raises the suspicion that perhaps we are misinterpreting the redshift, this will not be easy to digest. Resistance to change is normal, as long as it does not fall into the sad situation described by Arp in 1987:

"[...] recientemente se han producido, por parte de determinadas personas, intentos de hacer desaparecer nuevos resultados que no concuerdan con sus particulares puntos de vista" [1].

Science is not immune to the flaws of human character. For me, I like to think of a science that is open, detached and ready to give way to new suspicions.

So, if there is no disruptive thinking in physics, we will remain embarrassed for a long time in fundamental questions. My endeavor to understand dark energy has led to imagine it as the energy

of the sub-Planckian expansion of space-time itself, which makes us deal with uncomfortably small things. It is not easy to overcome the taboo of cosmic censorship because we know the limitations of instrumental sensibility, but if we assume a four-dimensional space-time continuum it would be absurd to limit it to our finite observation capacity. According to the sub-Planckian expansion model of the continuum that I have been developing for some years, the discrepancy in magnitude compared to the theoretical LT curve certainly includes the locally inhomogeneity related to the interactions between dark energy and the energy released by SNIa, which points to an inhomogeneous expansion in the vicinity of the event. However, it will be difficult to separate the part of expansion corresponding to this interaction until both the explosion model and dark energy are better understood.

The hypothesis of a homogeneous universe can be interesting, and certainly simplifies the theoretical foundation and brings promising results, but there is an ontological problem in the intimate relationship between man and the universe: we are inside the universe and cannot encompass it completely. Furthermore, inhomogeneities occur in everything we reach with our instruments. A persuasive example is the so-called *KBC* void, referring to the large vicinity of the Milky Way, whose average density of matter is notably lower than the average in the observable universe. The photometric characteristics of SNIa themselves seem to depend on the environmental conditions of their birthplaces, whether their host galaxies are found in clusters or in open fields. Also, as I reported in previous work [24], an accurate work by Migkas and colleagues [20] discusses the common assumption of isotropy of the late Universe, testing the anisotropy on the X-ray galaxy cluster scaling relations (Figure 2) with important outcomes following many studies reporting deviations from isotropy under different cosmological probes. It is also evident that life is a rare phenomenon, so that biological activities constitute a largely inhomogeneous scenario. So, a homogeneous universe is defended, but it is the inhomogeneities that bring us knowledge about the most impressive nuances of its evolution.

Warping geodesic intervals

I think of dark energy as forming a faint uniform distribution exotically exerting negative pressure, manifesting from sub-Planckian levels of space-time. Dark energy as expansion energy was introduced from the postulate that a sub-Planckian interval of space-time expands spontaneously as a natural characteristic of its own,

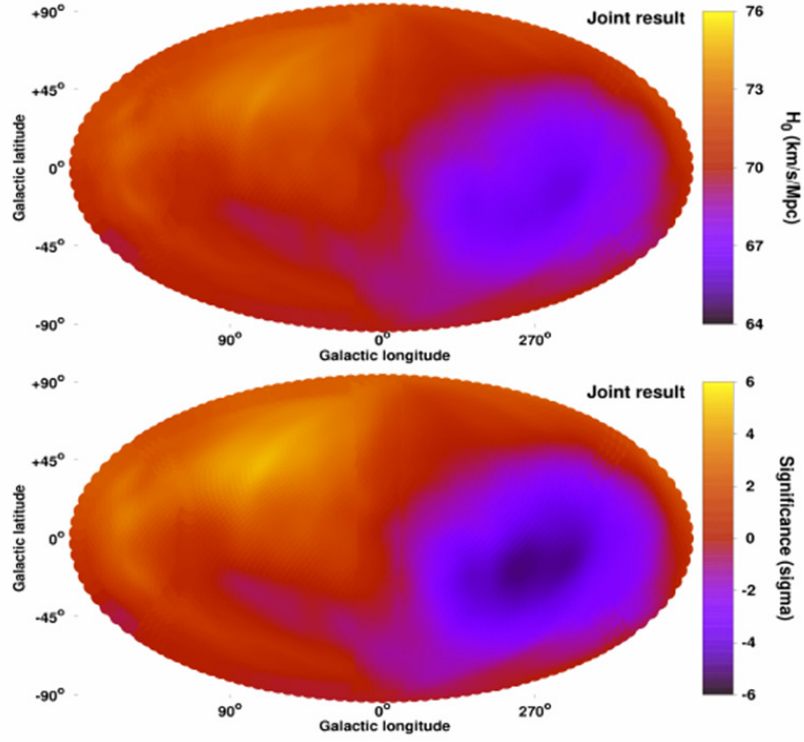


Figure 2: H_0 anisotropy map on the X-ray galaxy cluster scaling relations (courtesy of K. Migkas, *Astronomy & Astrophysics*, 2021).

and is blind to cosmology. In other words, the intrinsic behavior of space-time is independent of solutions to Einstein's equation. The role played by that dark energy can be well understood from the expression of the Euler-Lagrange modified sine-Gordon type equation of the geodesic line referring to the static metric $ds^2 = -e^{2\phi(X^1, X^2, X^3)} dt^2 + \zeta_{ij}(X^1, X^2, X^3) dX^i dX^j$, in which an arbitrary sub-Planckian interval subject to expansion or contraction is warped by a soliton [21], say

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds} \left(\zeta_{ij} \widetilde{X}^j \right) + \frac{\partial \phi}{\partial X^i} e^{2\phi} \widetilde{t}^2 - \frac{\partial \zeta_{jk}}{\partial X^i} \frac{\widetilde{X}^j \widetilde{X}^k}{2} + \\ + m^2 \widetilde{t} E \sin \vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial X^i} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

corresponding to the Lagrangian density

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \left(-e^{2\phi} \widetilde{t}^2 + \zeta_{ij} \widetilde{X}^i \widetilde{X}^j \right) - m^2 \widetilde{t} E (1 - \cos \vartheta) \quad (2)$$

for

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \widetilde{X}^i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X^i} = 0. \quad (3)$$

For the sake of physical meaning and not of pure mathematical manipulation, the soliton in the theory presented is a pulse in the very woof of space-time, an eventually spontaneous excitation, and not an inference from a solitonic solution of Einstein's equation. It was introduced as an external physical motivation acting on the natural and spontaneous expansion. As I pointed out early, "the arbitrary constant E matches the freedom of the null geodesics affine parameter and is interpreted as the expansion energy contained in the worldline intervals". Analyzed in such small intervals, the energy inherent to the natural expansion of space-time will be unimaginably small [21].

The structure of a time-like piece of a geodesic is typified by the continuously expanding interval $X^0 = \langle \forall | \tau - \tau_0 \rangle$ (read "no matter the scale of $\tau - \tau_0$ ") as a finite time-like path (always expanding, no matter what scale we consider it) holding an intrinsic stretching thermal energy as a sub-Planckian thermal container.

That interval was firstly defined and analyzed according to a correlation function that states the invariant measure of the rate in which the arc element evolves,

$$\begin{aligned} \langle 0 | g_{\mu\nu} d \langle \forall | x - \varepsilon \rangle_\mu d \langle \forall | x - \varepsilon \rangle_\nu | 0 \rangle = \\ = -d \langle \forall | t - \varepsilon \rangle_0^2 + R_{\langle \forall | t - \varepsilon \rangle_0}^2 d \langle \forall | \vec{x} - \vec{\varepsilon} \rangle d \langle \forall | \vec{x} - \vec{\varepsilon} \rangle, \end{aligned} \quad (4)$$

which can obviously be replicated for any cosmology. The dynamics of the continuous expansion of space-time at any scale, working by differential operations on intervals, identifies a physical feature of creative fluxion in real physical regions demarcated by the brackets which are, so to speak, "fluxionant" per se, not dependent on cosmologies.

As the soliton warps the space-time, we may interpret the $\widetilde{X}^j$ as the transformation components coupled to the metric. The terms in $\widetilde{X}^j$ provide information about the way in which the metric distorts by the solitary wave.

In the context of warp-drives, the energy of space-time expansion could bring remarkable theoretical support to interstellar transport engineering in the future. For instance, at the junction of an Alcubierre warp bubble with the external space-time, the null-diagonal metric field matrix ζ_{ij} includes the corresponding shape function and has components ζ_{i4} of the form $-4E^{-1}\sqrt{1 - e^{2\phi}}$. The components ζ_{i4}

of the metric field matrix,

$$\zeta_{lk} = \begin{bmatrix} 0 & 2E^{-1} & 2E^{-1} & -4E^{-1}\sqrt{1-e^{2\phi}} \\ 2E^{-1} & 0 & 2E^{-1} & -4E^{-1}\sqrt{1-e^{2\phi}} \\ 2E^{-1} & 2E^{-1} & 0 & -4E^{-1}\sqrt{1-e^{2\phi}} \\ 2E^{-1} & 2E^{-1} & 2E^{-1} & 0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

show how the expansion energy at the junction inflects the shape function.

When dealing with the sub-Planckian structure of the inherently expanding geodesic, it may be convenient to work with the energy density associated with the expansion. Assuming that the expansion energy density slowly decreases with time as the universe expands, we can consider it "temporarily" constant in each epoch, and, definitely constant in a sub-Planckian interval of each epoch.

The expansion energy density

Once the nature of the expansion of space-time is understood, we can get a representative expression for the expansion energy — or dark energy — *via* energy density.

According to the purpose of this study, let us concentrate on an inhomogeneous cosmology. Standard LT metric space provides a geometry embedded in a universe supposedly inhomogeneously filled with pressureless dust, a type of incompressible gaseous fluid. This assumption is not grounded in perturbative relations to any FLRW cosmology. Assuming spherical symmetry, that is, $(r \in]0, \infty[, \theta \in]0, \pi[, \phi \in [0, 2\pi[)$, the associated arc element is given by

$$ds^2 = -dt^2 + \frac{R'(r, t)^2 dr^2}{1 + f(r)} + R(r, t)^2 d\widehat{\Omega}^2, \quad (6)$$

with $d\widehat{\Omega}^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2$ and $\{r, \theta, \phi\}$ synchronous-comoving with matter ($dx^i/dt = 0, i = 1, 2, 3, 4$). In a static LT universe, $R = R_0(r)$ is independent of time, and geodesic equation (1) matches the FLRW limit case where $f(r) = -kr^2$ (this observation is only to emphasize the fact that the deductive reasoning that led to equation (1) remains the same).

A suggestion in progress is to take the continuity equation in LT cosmology and combine it with the state equation of an exotic background Chaplygin gas, supposing the universe not dominated by a

cosmological constant (for an assessment of the constraints arising from SNIa, please see references [4] and [5]). Then, in a basic hydrodynamic scheme, we may consider the field equation

$$\ddot{\Xi} + \frac{3}{4}p(t)\Xi = 0, \quad (7)$$

with inhomogeneous solution

$$\Xi = \hat{a}(r)f(t) + b(r)g(t), \quad (8)$$

where $\hat{a}(r)$ and $b(r)$ are arbitrary functions, $f(t)$ and $g(t)$ are two independent particular solutions. Since $\mathcal{B} = \mathcal{B}(r) \equiv \frac{\hat{a}'(r)}{b'(r)}$, and $\alpha \equiv \frac{\hat{a}(r)}{b(r)}$, we can express the fluid expansion as

$$\begin{aligned} \theta &= \partial_t (\ln [(\alpha f + g)(\mathcal{B}f + g)]) = \\ &= \frac{(\alpha \dot{f} + \dot{g})(\mathcal{B}f + g)}{(\alpha f + g)(\mathcal{B}f + g)} + \frac{(\alpha f + g)(\mathcal{B} \dot{f} + \dot{g})}{(\alpha f + g)(\mathcal{B}f + g)} = \\ &= \frac{\alpha \dot{f} + \dot{g}}{\alpha f + g} + \frac{\mathcal{B} \dot{f} + \dot{g}}{\mathcal{B}f + g}, \end{aligned}$$

with pressure and energy density respectively

$$p = -\frac{4}{3} \frac{\ddot{f}}{f} \quad (9)$$

and

$$\rho = \frac{4}{3} \frac{\alpha \mathcal{B} \dot{f}^2 + (\alpha + \mathcal{B}) \dot{f} \dot{g} + \dot{g}^2}{\alpha \mathcal{B} f^2 + (\alpha + \mathcal{B}) fg + g^2}. \quad (10)$$

Namely, the continuity equation in LT,

$$\dot{\rho} + (\rho + p)\theta = 0, \quad (11)$$

and Chaplygin state equation,

$$p = -\frac{\mathfrak{A}}{\rho}, (\mathfrak{A} = \text{positive const.}) \quad (12)$$

where $\mathfrak{A}$ is a positive constant, can be combined, so that

$$\dot{\rho} + \left(-\frac{\mathfrak{A}}{\rho} + p\right) \left(\frac{\alpha \dot{f} + \dot{g}}{\alpha f + g} + \frac{\mathcal{B} \dot{f} + \dot{g}}{\mathcal{B}f + g}\right) = 0. \quad (13)$$

In fact, equation (12) is a particular case of $p = -\mathfrak{A}/\rho^a$ for $a = 1$, understanding that in cosmology most likely $0 \leq a \leq 1$.

Getting equation (9), continuity equation takes the form

$$\begin{aligned}\dot{\rho} + \left(\frac{9f^2\mathfrak{A} - 16\ddot{f}^2}{12\ddot{f}f} \right) \left(\frac{\alpha\dot{f} + \dot{g}}{\alpha f + g} + \frac{\mathcal{B}\dot{f} + \dot{g}}{\mathcal{B}f + g} \right) &= 0; \\ \dot{\rho} &= \left(\frac{16\ddot{f}^2 - 9f^2\mathfrak{A}}{12\ddot{f}f} \right) \left(\frac{\alpha\dot{f} + \dot{g}}{\alpha f + g} + \frac{\mathcal{B}\dot{f} + \dot{g}}{\mathcal{B}f + g} \right).\end{aligned}\quad (14)$$

We can thus evaluate the real temporal variation of the expansion energy density as the universe expands significantly on large scales. One of the motivations for believing in the equation of state (12) and for accommodating an additional feature to LT cosmology by introducing a Chaplygin gas is the possibility of unification of the dark universe (dark matter and dark energy), filling the cosmos with an inhomogeneous fluid. However, the idea needs to be exhaustively tested and eventually corroborated by future surveys, but I equally believe that we need to take a new look at cosmology beyond the standard model.

Briefly, dark energy as expansion energy of the space-time continuum is independent of the cosmological model, although the acceleration of expansion may vary from region to region, characterizing inhomogeneities in the universe. Clearly, since everything is ultimately made of space-time, powerful explosions like SNIa affect the acceleration of expansion in their surroundings, even if minimally. Thus, an inhomogeneous cosmology must take into account uncertainties in the magnitude of SNIa when crossed with redshift due to that interaction, even if conventional standardization using a single lightcurve fitter is applied.

Modeling SNIa data

Let us move on to modeling SNIa data in accordance with the most relevant studies on the LT metric, for which Einstein's tensor assumes the form

$$G_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} \frac{(R\dot{R}^2 - 2ERc^{-2})'}{R^2R'} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{(R')^2(-2\ddot{R}R - \dot{R}^2 + 2Ec^{-2})}{R^2(1+2Ec^{-2})} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{R}{2R'}(-2\ddot{R}R - \dot{R}^2 + 2Ec^{-2})' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{\theta\theta}\sin^2\Theta \end{pmatrix}.$$

A lot of information about SNIa supported my research, such as that available in the references [3], [19], [22], [25] and [29]. All plots referring to SNIa were performed on the Union 2 data consisting

of 557 supernovae. The Union 2 compilation includes a number of refinements in handling of systematic errors, and a SNIa sample over the redshift interval $0.1 < z < 0.3$ (always in red) that has been little scrutinized in the past.

Remember that, in general, an LT model depends on three arbitrary functions, $M(r)$, $\beta(r)$ e $\mathfrak{f}(r)$. The arbitrariness of the function $M(r)$ is, in reality, a result of the freedom of choice of the coordinate system. The function $\beta(r)$, the time of the Big-Bang, must be assumed constant if we imagine an inhomogeneous model in which there is an outer region defined as a critical limit perfectly equivalent to a FLRW universe, thus configuring a Big-Bang universally simultaneous. We can also fix the temporal coordinate t of the constant time hypersurface "now" such that it is equal to the age of the universe t_0 in the FLRW model with $\Omega_0 = 1$, a fact that gives us an extra degree of freedom in the sense that the age of the universe depends on the position. The third function, $\mathfrak{f}$, called "curvature", is an unknown function to be defined in the calculations.

As in reference [6], I will introduce the following three quantities:

$$R(r, t) = a(r, t)r, \quad (15)$$

$$\mathfrak{f} = A(r)r^2, \quad (16)$$

$$M = \beta r^3, \quad (17)$$

where $M(r)$ and $\beta(r)$ (the Big-Bang time) are two arbitrary functions of the co-moving coordinate r to be defined, and a the scale factor. On the other hand, Einstein's equations provide

$$\dot{R}^2 = \mathfrak{f} + \frac{M}{R}, \quad (18)$$

whereby, making substitutions based on the quantities defined above, with $\dot{R} = \dot{a}r$, we obtain

$$\dot{a}^2 r^2 = A r^2 + \frac{\beta r^3}{a r}, \quad (19)$$

$$\dot{a}^2 = A + \frac{\beta}{a}. \quad (20)$$

The FRW cosmology defined by $A = 0$ takes the standard form $a = t^{2/3}$ for $\beta = 4/9$. This is verified by taking the solution of equation FRW with $t_0 = 0$

$$t - \beta = \int_0^a \frac{du}{\sqrt{A + \frac{\beta}{u}}} \quad (21)$$

$$= \int_0^a \frac{du}{2/3\sqrt{u}} \quad (22)$$

$$= \frac{3}{2} \int_0^a u^{1/2} du \quad (23)$$

$$= \frac{3}{2} \frac{u^{3/2}}{3/2} \quad (24)$$

$$= a^{3/2}. \quad (25)$$

Let us note that, due to the freedom in dealing with r , β could also be a function that converges to $4/9$ at infinity. In the assumed LT model, according to the choice of A and β ,

$$\Omega_M = \left(1 + \frac{a}{\beta}\right)^{-1}, \quad (26)$$

$$1 + \frac{a}{\beta} = \Omega_M^{-1}, \quad (27)$$

$$a = \beta (\Omega_M^{-1} - 1). \quad (28)$$

The function A [3], one of the three specializations of the LT model, was arbitrated in the form

$$A = \frac{1}{1 + (cr)^2}, \quad (29)$$

with c representing a constant of adjustment of the model to the observations (do not confuse this " c " with " c " of the speed of light).

The adaptability of the LT cosmology allows us to return to equation (14) and combine the arbitrary functions explained to obtain a specific expression of the energy density time derivative. We can assume, for example, $\hat{a}(r) = \beta \rightarrow 4/9$ and $b(r) = M(r) = \beta r^3 \rightarrow 4r^3/9$, from where

$$\alpha = \frac{1}{r^3}$$

and

$$\mathcal{B} = 0.$$

Therefore,

$$\dot{\rho} = \left(\frac{16\ddot{f}^2 - 9f^2\mathfrak{A}}{12\ddot{f}f} \right) \left(\frac{\dot{f} + r^3\dot{g}}{f + r^3g} + \frac{\dot{g}}{g} \right). \quad (30)$$

At this point, to test the theory, it is interesting to find the luminosity distance, d_L^2 , as a function of redshift. It would help a lot to know how each of the quantities involved in the calculation varies as we go deeper into the past through the light cone. We define the null vector

$$\bar{v}_{(a)} = -\partial_t a + \frac{\sqrt{1+\mathfrak{f}}}{R'(r,t)} \partial_r a, \quad (31)$$

in such a way that, from the null geodesic expression, $dt = -\frac{R'(r,t)}{\sqrt{1+\mathfrak{f}}} dr$, we obtain

$$\bar{v}_{(a)} \frac{dz}{da} = \frac{\dot{R}(r,t)}{R'(r,t)} (1+z). \quad (32)$$

Since d_L is a function of z and $R(r,t)$, it is also useful to know how $R(r,t)$ varies along the light cone, i.e.

$$\bar{v}_{(a)} \frac{dR(r,t)}{da} = \sqrt{1+\mathfrak{f}} - \dot{R}(r,t). \quad (33)$$

Finally,

$$\frac{dR(r,t)}{da} \frac{da}{dz} = \frac{R'(r,t)}{(1+z) \dot{R}(r,t)} \left(\sqrt{1+\mathfrak{f}} - \dot{R}(r,t) \right), \quad (34)$$

$$\frac{da}{dz} = \frac{1}{(1+z) \dot{R}(r,t)} R'(r,t) \bar{v}_{(a)} = \frac{1}{(1+z) \dot{R}(r,t)} \left(\sqrt{1+\mathfrak{f}} a' - \dot{a} R'(r,t) \right). \quad (35)$$

Thus, we have a system of two differential equations to be integrated to obtain the luminosity distance,

$$\frac{dR(r,t)}{dz} = \frac{R'(r,t)}{(1+z) \dot{R}(r,t)} \left(\sqrt{1+\mathfrak{f}} - \dot{R}(r,t) \right), \quad (36a)$$

$$\frac{da(r,t)}{dz} = \frac{1}{(1+z) \dot{R}(r,t)} \left(\sqrt{1+\mathfrak{f}} a' - \dot{a} R'(r,t) \right). \quad (36b)$$

Following the model performed by Garfinkle (private communication), for the plots in Figures 3, 4 and 8, I used the "effective

² The luminosity distance, d_L , is calculated from the radiation flux l_0 emitted by the source and measured by the observer. Formally, it is given by $l_0 = L_e/4\pi d_L^2$, where L_e is the absolute luminosity of the source measured in its reference frame. In practice, obtaining the luminosity distance of a supernova from observing its light curve requires a set of assumptions. In general, observations are directed to the closest supernovae to establish relationships between color, shape of the light curve in multiple bands, and peak luminosity, since closer objects can be observed at a greater number of bands than more distant objects. Finally, the resulting method of converting light curves to luminosity distances is assumed to apply to all redshifts.

magnitude" according to Perlmutter et al [3], defined as the "effective magnitude in the B band in the rest frame". The latter comes down to the expression

$$m_B^{\text{eff}} = m_R - A_R^{\text{MW}} - K_{BR} - \Delta_{B,1.1}, \quad (37)$$

which is essentially the apparent magnitude of the supernova in the R band, corrected under the extinction of the Milky Way by the term A_R^{MW} , converted to the magnitude in the B band in the reference frame in rest by K_{BR} (correction K)³, and finally corrected depending on the shape of the light curve by $\Delta_{B,1.1}$. Residual errors

³ Comparing theory with observational data requires meticulous work. There are many causes of noise in observation results. For example, a sample of supernovae at small or large redshifts may be skewed toward the brightest region of any distribution of detected magnitudes. The problem is that there is the so-called *Malmquist bias*, which summarizes the simple fact that intrinsically bright objects are easier to see than intrinsically dim ones. In particular, under the influence of gravitational lensing, and when it comes to strong lensing, the image will certainly be brighter than the source, so, results substantially different from reality can be reached. Furthermore, such an effect on remote SNIa tends to lead to an overestimated calculation of Ω_M . On the other hand, there is a need to establish comparative references in order to establish patterns that make it possible to standardize data or translate them into more appropriate contexts. In this last approach, the so-called "K correction" appears.

The K correction "corrects" for the fact that light sources at different redshifts are generally compared to standards or to each other at different wavelengths at rest frames. Technically, this means that the "K" correction corrects an observation made in a passband to another, or to bolometric values. For any source, the correction K, K_{QR} , is given by the equality

$$m_R = M_Q + DM + K_{QR}, \quad (38)$$

where M_Q is the absolute magnitude of the source, DM is the distance *modulus* defined by

$$DM = 5 \log_{10} \left[\frac{d_L}{10 \text{ pc}} \right], \quad (39)$$

with $1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{16} \text{ m}$. The apparent magnitude m_R of the source is related to its flux spectral density $f_\nu(\nu)$ (energy per unit time per unit area per unit frequency) through the expression

$$m_R = -2,5 \log_{10} \left[\frac{\int_0^\infty \frac{d\nu_o}{\nu_o} f_\nu(\nu_o) R(\nu_o)}{\int_0^\infty \frac{d\nu_o}{\nu_o} g_\nu^R(\nu_o) R(\nu_o)} \right], \quad (40)$$

in which the integration is taken over the observed frequencies ν_o ; $g_\nu^R(\nu_o)$ is the flux spectral density for the zero-magnitude or standard source, which, for magnitudes relative to the star Vega, is Vega itself; $R(\nu_o)$, called the "response function", describes the band selected by the analysis device. The absolute magnitude M_Q is defined as the apparent magnitude that the source would have if it were 10 pc away, at rest (i.e., not redshifted). It is related to the spectral density of the luminosity $L_\nu(\nu)$ of the source (energy per unit of time per unit of frequency) according to the equation

$$M_Q = -2,5 \log_{10} \left[\frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} \frac{d\nu_e}{\nu_e} \frac{L_\nu(\nu_e)}{4\pi(10 \text{ pc})^2} Q(\nu_e)}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} \frac{d\nu_e}{\nu_e} g_\nu^Q(\nu_e) Q(\nu_e)} \right], \quad (41)$$

in wavelength were compensated by the K correction. Perlmutter defines the effective magnitude as $m = M_B + 5 \log(H_0 d_L)$, where M_B is the absolute magnitude in the B band taken at the maximum of the curve of light and d_L is the luminosity distance obtained from the integration of the system of differential equations 36a and 36b. It is important to emphasize that the most distant supernovae are those with the greatest intrinsic brightness.

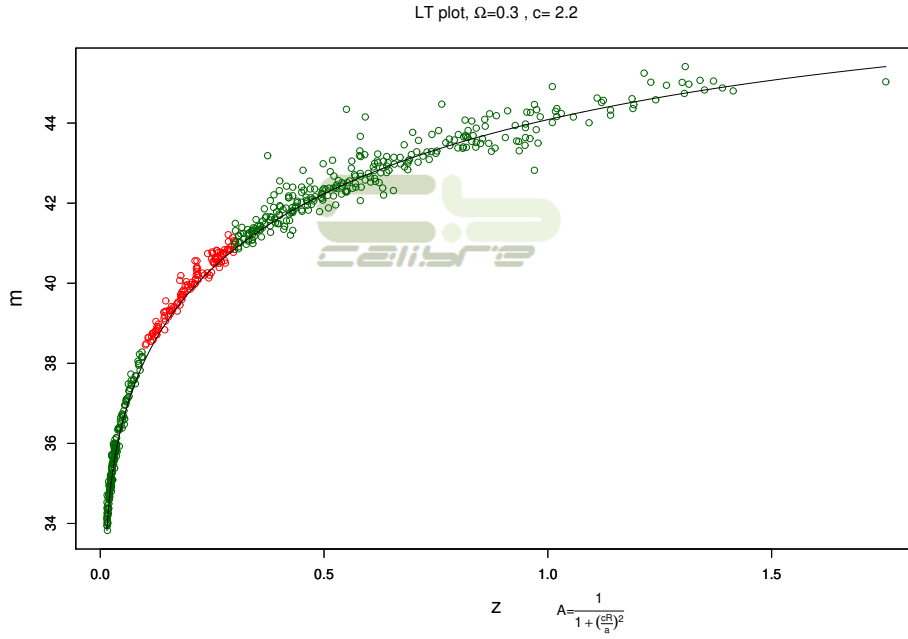


Figure3: *LT theoretical curve of effective magnitude versus redshift and supernova data according to the Union2 table. The integration of the system of differential equations described previously provides the luminosity distance applied in the effective magnitude formula for the LT cosmological model, say*

$$\left. \begin{aligned} \frac{dR}{dz} &= \frac{R'}{(1+z)\dot{R}'} \left(\sqrt{1+f} - \dot{R} \right) \\ \frac{da}{dz} &= \frac{1}{(1+z)\dot{R}'} \left(\sqrt{1+fa'} - \dot{a}R' \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow d_L(z) \Rightarrow m = M_B + 5 \log(H_0 d_L).$$

in which $Q(\nu_e)$ is equivalent to $R(\nu_e)$, however, in the selected band Q , with the integrals being taken over the emitted frequencies ν_e . Note that M_Q is a bolometric quantity, while m_R is taken in a single band.

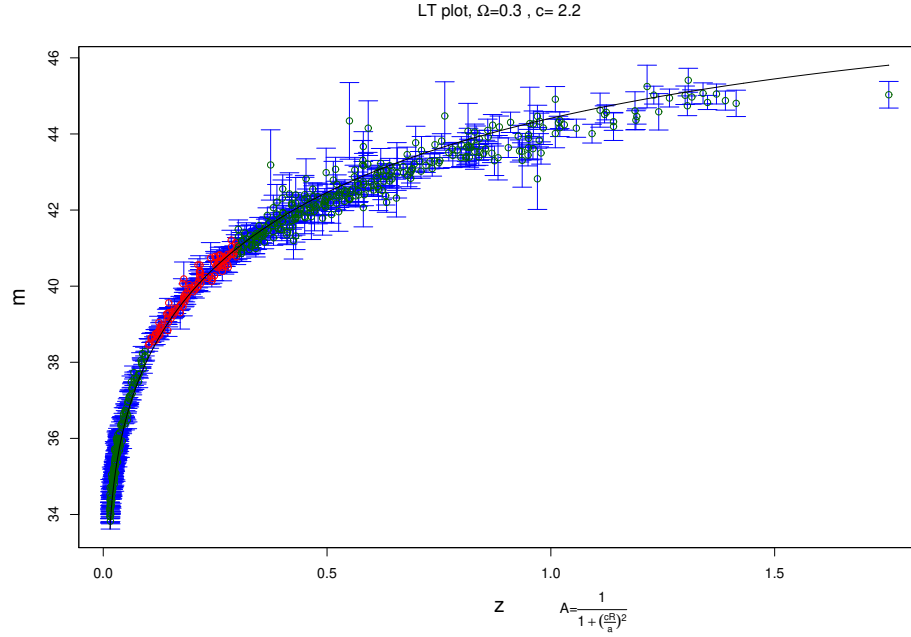


Figure4: *LT theoretical curve of effective magnitude versus redshift and supernova data according to the Union2 table, including error bars.*

Modeling clusters of galaxies with LT cosmology

On the scale of tens of megaparsecs (clusters and voids), the LT model is very functional, since its evolution is governed by gravity alone. For density prospects beyond the linear regime, LT cosmology appears flexible enough to describe voids.

To model galaxy clusters it was necessary to adjust the curve to R-magnitude (note that, previously, I used the effective magnitude), maintaining the same parameterization introduced for SNIa (Figure 5). To verify whether the model would provide a coherent fit with the observational data obtained from the KiDS survey, and having in mind that inhomogeneous cosmological models enable us to describe the evolution of cosmic structures under non-linear regime, I constructed a method based on non-linear regression that performs a type of reverse engineering on the theoretical LT curve, creating a diffusion of the curve and thus forming a non-linear inhomogeneous field of scattering of its original points (Figures 6 and 7).

The result of the overlap of observation and non-linear theory showed a consistent pattern along z , with coherent proportions between recorded data — with the corresponding error bars — and theoretical scattering, something possible only due to the flexibility of LT cosmology due to its arbitrary functions.

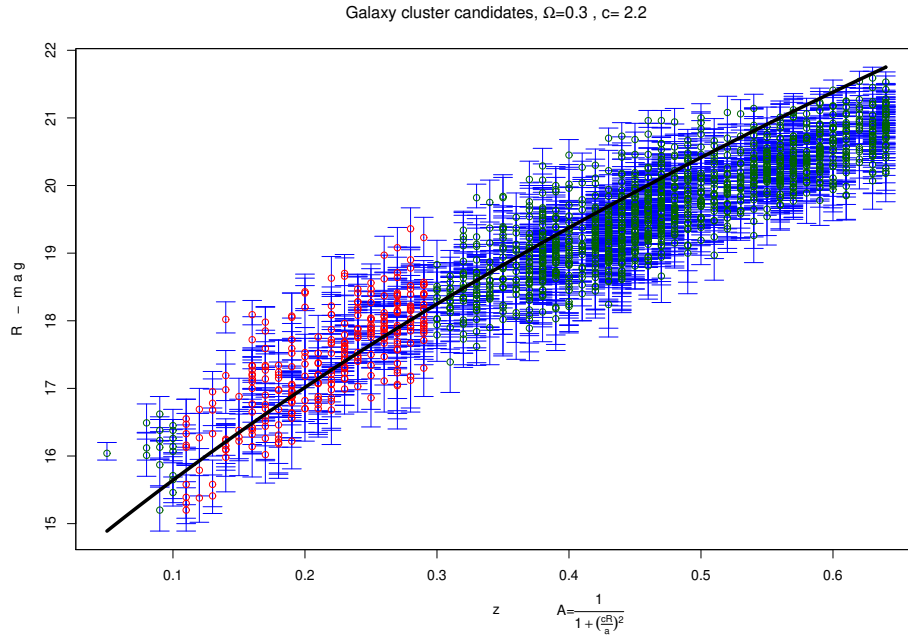


Figure5: *LT theoretical curve of R-magnitude versus redshift and data of galaxy cluster candidates according to the KiDS survey, including error bars.*

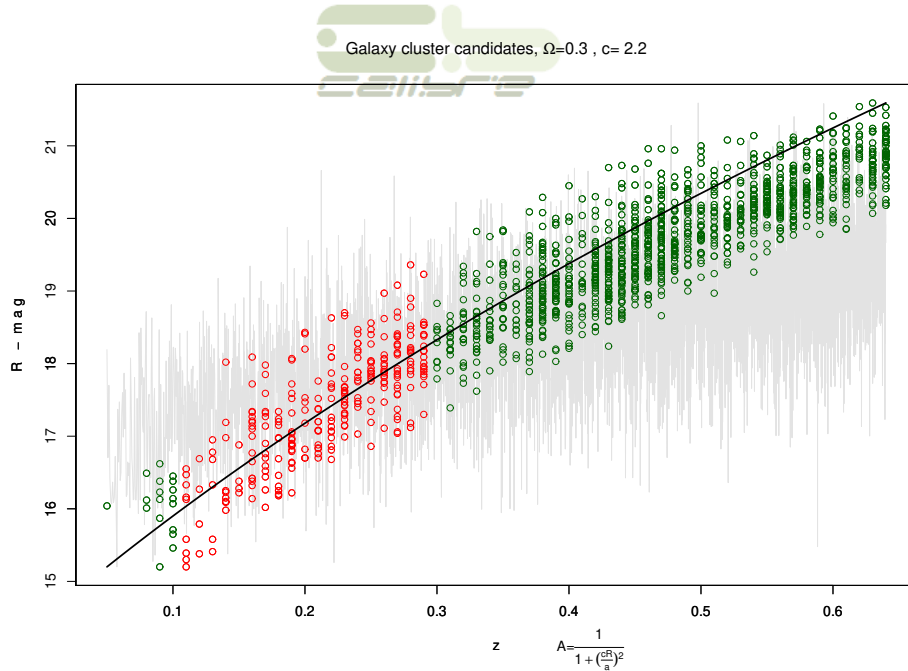


Figure6: *Scattering based on the $\tilde{n}$ -linear regression method applied to the points of the LT theoretical curve (in gray) as a background to the data from KiDS survey.*

Back to the SNIa

The non-linear scattering, which I also call "diffuse reflection" of the theoretical curve, offers a consistent background for the SNIa

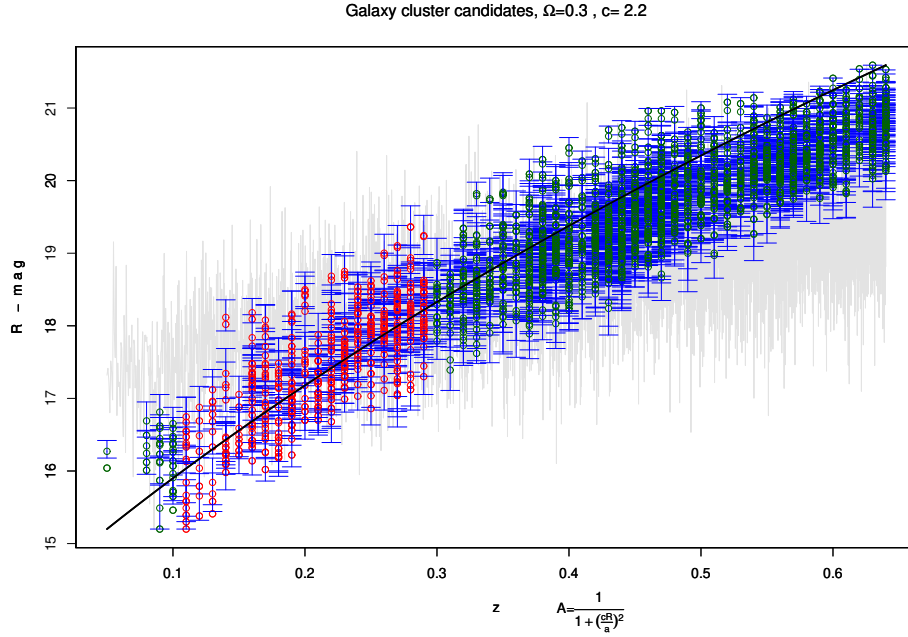


Figure 7: same scattering and plot with error bars, showing a coherent ratio.

distribution, as can be seen in the Figure 8. All simulations were reproduced assuming $\Omega_M = 0.3$ and $c = 2.2$, maintaining the best fit to the observational data. What emerges from the analysis of the data is a broad agreement with observation (equatable to the Λ CDM model) at least up to redshifts around 1.8.

Prospects for deeper analysis

Although James Webb still has a lot to offer us in the coming years, there is great expectation regarding the Nancy Grace Roman Space Telescope to be launched by may 2027, with a field of view at least 100 times greater than Hubble, capable of scanning hitherto unprobed regions. It is expected that, among the thousands of exploding stars to be registered, Roman will make it possible to construct a new SNIa survey at z values much higher than those of the first surveys restricted by technological limitations, establishing conditions for precise measurements of how fast the universe is currently expanding, and using SNIa to help understand the nature of dark energy.

But we must be careful with our interpretations of data and resigned to the restrictions of understanding in face of the immensity of the universe and its inexhaustible capacity to surprise us. Heated debates about the value of the expansion energy as dark energy

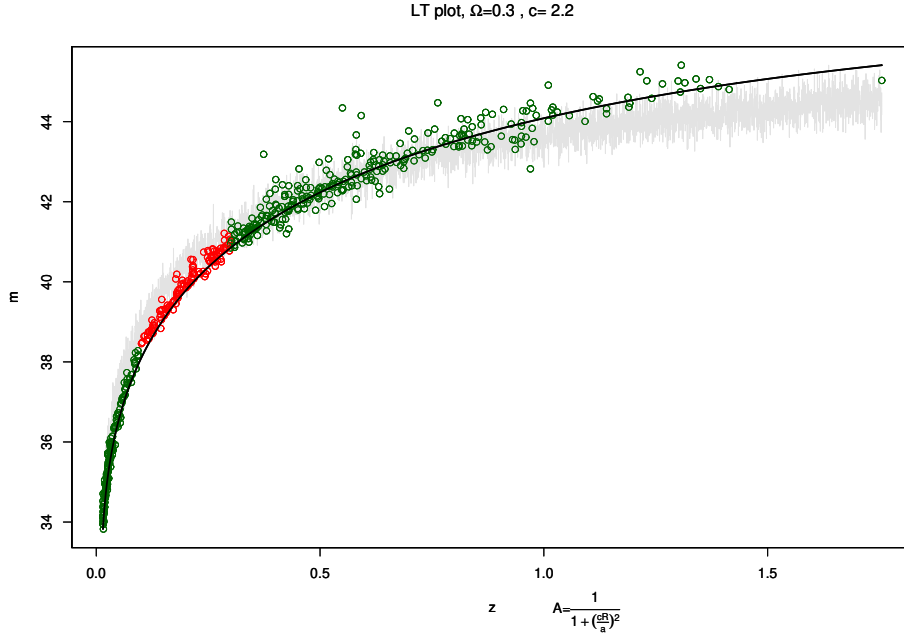


Figure 8: *Non-linear scattering of the LT theoretical curve for SNIa distribution.*

are underway, but I believe it is premature to establish a relationship with the current ideas about cosmological constant. It would be hasty to understand it as such a constant, even though it may be part of its composition.

Indeed, our natural difficulty in dealing with the non-intuitive constantly exposes us to errors in judgment and failures in the criteria for identifying the reasonableness of hypotheses, paradoxically leading us, going against good intuition, to speculate about oddities (see the multiverse hypothesis, for example). For me, in the opposite of the first intuition and considering relativistic modeling, the expansion of the four-dimensional continuum can be thought of in terms of an agent hidden in time — its main fulcrum —, thus being said to be "dark", which manifests itself differently from the phenomena, so to speak, given in Newtonian limits. Note that for time, I used the expression "main fulcrum" of energy, since space and time form an inseparable composite (for a detailed explanation of the space-time composite, please see reference [28]). Simply put, energy is more time than space, and matter is more space than time.

Furthermore and lastly, we need to be attentive. The fundamental problem of physical science as the most penetrating instrument of acquiring knowledge about the world that exists is the seductive trap of the substantiated identity between theoretical model and

factual reality. A model is just a representation, a product of the intellect that tries to adjust the observed facts to the human way of explaining things. Because it is a product of the mind of the cognizing self, it will always be a limited and imperfect copy of the material world objectively independent of consciousness. As I hinted earlier, there are deep and fundamental philosophical questions for the future development of cosmology, about which the interested reader will be able to experience interesting insights from the references [13], [14], [16] and [26]. In a nutshell, cosmology, like quantum mechanics, will remain a hatchery of mysteries, uncertainties and exotic things, perhaps refinements of God's humour. It is up to us to appreciate the beauty of such a variety of cosmic events, with the conjecture that perhaps our theories are just tests of the universe trying to understand itself.



References



1. Arp, H. (1987/2002) *Controversias sobre las distancias cosmicas y los cuasares*. Tusquets Editor 150p.
2. Woodard, R. (1995) "Results from quantum cosmological gravity" in B. Kursunoglu, *Unified Symmetry: In the Small and in The Large*, Plenum Press, New York.
3. Perlmutter, S., et al (1998) "Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae" arXiv: astro-ph/9812133v1.
4. Makler, M., Oliveira, S. Q., Waga, I. (2002) "Constraints on the generalized Chaplygin gas from supernovae observations" arXiv:astro-ph/0209486v1.
5. Bento, M. C., Bertolami, O., Sen, A. A. (2003) "Generalized Chaplygin gas model: Dark energy - dark matter unification and CMBR constraints" arXiv:gr-qc/0305086v1.
6. Garfinkle, D. (2006) "Inhomogeneous spacetimes as a dark energy model" arXiv: gr-qc/0605088.
7. Chung, D. J. H. and Enea Romano, A. (2006) "Mapping luminosity-redshift relationship to LTB cosmology" arXiv:astro-ph/0608403v1.
8. Brouzakis, N., Tetradis, N. and Tzavara, E. (2007) "The effect of large-scale inhomogeneities on the luminosity distance" arXiv: astro-ph/0612179.
9. Hui-Ching Lu, T. and Hellaby, C. (2007) "Obtaining the spacetime metric from cosmological observations" arXiv: 0705.1060.
10. Enqvist, K. (2008) "Lemaître-Tolman-Bondi model and accelerating universe" *Gen. Relativ. Gravit.* 40 451-466.
11. Carlip, S. (2008) "Is quantum gravity necessary?" ArXiv:0803.3456v1.
12. Wallace, D. (2010) "Gravity, entropy, and cosmology: In search of clarity" *British Journal for Philosophy of Science* 61 513-54.
13. Ellis, G. "On the philosophy of cosmology", Talk at Granada Meeting, 2011.

14. Smolin, L. (2013) "Temporal naturalism: Time and laws in cosmology" in <https://www.bu.edu/cphs/files/2013/01/Lee-Smolin-Time-and-Law-in-Cosmology-10.18.13.pdf>. First accessed 01/11/2022.
15. Carlip, S., Dah-Wei Chiou, Wei-Tou Ni, Woodard, R. (2015) "Quantum gravity: A brief history of ideas and some prospects" arXiv:1507.08194v1.
16. Carrol, S. (2015). Desde la eternidad hasta hoy: En busca de la teoría definitiva del tiempo. Penguin Random House Grupo Editorial, Barcelona, 591p.
17. Serpa, N., Steiner, J. (2016) "General relativity, quantum gravity and all that: Time machines in perspective by singularity functions" Bulg. J. Phys. 43(1) 1-20.
18. Serpa, N. (2016) "A new approach on quantum gravity in Lyra geometry" Journal of Physical Science and Application 6(5) 1-7.
19. Riess, A., et al (2017) "Type Ia supernova distances at redshift > 1.5 from the Hubble space telescope multi-cycle treasury programs: The early expansion rate" arXiv:1710.00844v1.
20. Migkas, K., et al (2021) "Cosmological implications of the anisotropy of ten galaxy cluster scaling relations" arXiv:2103.13904v1. Astronomy & Astrophysics 649 1-38.
21. Serpa, N. (2021) "Gravitational driving: Geodesics warped by solitons of acceleration" CALIBRE - Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada 6(1) 1-20.
22. Dhawan, S., et al (2022) "A uniform type Ia supernova distance ladder with the Zwicky transient facility: Absolute calibration based on the tip of the red giant branch method" The Astrophysical Journal 934:185 1-8.
23. Serpa, N. (2022) "The unsustainable resistance to disruptive physics and a new look at cosmology and thermodynamics" Physical Science International Journal 26(9-10) 35-41.
24. Serpa, N. (2022) "The structure of space-time and the emergence of complex life" CALIBRE 7 (Suplemento - Março) 1-28.
25. Toy, M., et al (2023) "Rates and properties of type Ia supernovae in galaxy clusters within the Dark Energy Survey" arXiv:2302.05184v2.
26. Serpa, N., Veras, R. (2023) "The philosophy of cosmology: Meeting Kant again" CALIBRE 8 (Suplemento - Janeiro) 1-12.
27. Glazebrook, K. et al (2023) "An extraordinarily massive galaxy that formed its stars at $z > 11$ " arXiv:2308.05606v1.
28. Serpa, N. (2023) "The time in cognitive neuroscience: For a physics of mind focused" Lat. Am. J. Phys. Educ. 17(2) 2304-1 - 2304-14.
29. DES Collaboration: Abbott, T. M. et al (2024) "The Dark Energy Survey: Cosmology results with 1500 new high-redshift type Ia supernovae using the full 5-year dataset" arXiv:2401.02929v2.