

ENERGÍA DE CONFINAMIENTO

Principio de Serrano: Un Nuevo Marco para la Amplificación de Trabajo en Fluidos Incompresibles mediante Reutilización Volumétrica.

1. Introducción

La hidráulica convencional se basa en el Principio de Pascal para transmitir fuerza a través de fluidos incompresibles. Sin embargo, el enfoque tradicional adolece de una ineficiencia fundamental: el fluido se evacúa y se vuelve a llenar en cada ciclo, obligando a las bombas a desplazar grandes volúmenes y consumir gran cantidad de energía.

Este trabajo propone un cambio de paradigma: en lugar de evacuar el fluido, ¿por qué no **confinarlo y reubicarlo** dentro del propio sistema mediante una geometría variable?

Autor: Rafael Serrano Llergo

Fecha: 1 de septiembre de 2026

Licencia: Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Aviso de patentes: Derechos de propiedad industrial y explotación comercial expresamente reservados (ver aviso legal al final).

Versión: 1.0

Resumen

Este documento presenta la **Energía de Confinamiento** como un nuevo paradigma en la hidráulica de fluidos incompresibles, formalizado a través del **Principio de Serrano**. Dicho principio establece que, en un recinto cerrado de geometría variable, el trabajo que debe aportar una fuente externa para expandir el recinto es proporcional a la **diferencia** entre el volumen de expansión y el volumen insertado por los elementos sólidos (émbolos, pistones, vástagos). El fluido remanente, al no ser evacuado en cada ciclo, actúa como un transmisor de energía pasivo, permitiendo que la fuente externa solo suministre el diferencial de volumen.

El principio se resume en la ecuación:

$$K = \frac{1}{1 - \eta}$$

donde $\eta = \frac{\Delta V_{\text{sólidos}}}{\Delta V_{\text{recinto}}}$ es el **Coefficiente de Confinamiento**. Cuanto mayor es η , mayor es el factor de amplificación K , sin límite termodinámico más allá de las pérdidas por compresibilidad y rozamiento.

Se presentan los datos experimentales del **Motor Notatus**, un prototipo que aplica este principio y alcanza un factor de amplificación de 9,16 (medido en banco), con proyecciones para alcanzar un factor de 20 e incluso cotas superiores mediante optimización geométrica, tal como se expone en las secciones siguientes.

La motivación para este cambio proviene de una analogía con la aerodinámica: el aire en reposo no produce ningún efecto mecánico. Sin embargo, si lo movemos a través de un perfil alar o movemos nosotros un ala a cierta velocidad, generamos sustentación.

De la misma manera, si a un fluido incompresible confinado se le hace trabajar dentro de una geometría variable adecuada que canalice el **Principio de Pascal** —donde la fuerza de empuje queda determinada exclusivamente por la superficie y no por el volumen contenido—, es posible, una vez cebado el circuito en el ciclo inicial, reducir en los ciclos de trabajo sucesivos el caudal de líquido hidráulico demandado hasta un diferencial mínimo cercano a cero. De esta observación surge la denominación **Energía de Confinamiento**, que no alude a una creación *ex nihilo* de energía, sino a la capacidad de un recinto optimizado para preservar y redistribuir el fluido remanente como transmisor pasivo de presión, con implicaciones directas en la drástica disminución de la generación de calor por laminación, el incremento de la velocidad de respuesta y una multiplicación sin precedentes en la eficiencia global del sistema

Según se desarrolla seguidamente, el sistema incorpora un émbolo o pistón sólido que penetra en el recinto a medida que este se expande, ocupando un volumen que el fluido no necesita llenar. Este mecanismo de ahorro volumétrico, que se suma a los ya descritos en la patente original, se explica en detalle en la sección 3.1.

2. El Principio de Serrano

2.1 Enunciado

“En un sistema cerrado que contiene un fluido incompresible, cuando un elemento sólido (émbolo, vástago, pistón) penetra en el recinto mientras este se expande, el trabajo que debe aportar una fuente externa para completar la expansión es proporcional a la diferencia entre el volumen de expansión del recinto y el volumen intrusionado por el sólido. El fluido que permanece confinado (fluido remanente) no se evacúa y actúa como un transmisor de energía pasivo, permitiendo que la fuente externa suministre únicamente el diferencial de volumen.”

2.2 Formulación Matemática

El trabajo que debe suministrar la bomba (W_{bomba}) para expandir el recinto una distancia dx es:

$$dW_{bomba} = P \cdot (A_{recinto} - A_{sólidos}) \cdot dx$$

Integrando para una carrera completa de altura h :

$$W_{bomba} = P \cdot (\Delta V_{recinto} - \Delta V_{sólidos})$$

donde:

- P es la presión del fluido (constante en todo el recinto).
- $\Delta V_{recinto}$ es el incremento total del volumen del recinto.
- $\Delta V_{sólidos}$ es el volumen total que los sólidos penetran en el recinto durante la carrera.

2.3 Coeficiente de Confinamiento (η)

Definimos el **Coeficiente de Confinamiento** como la fracción del volumen de expansión que es “ocupada” por los sólidos:

$$\eta = \frac{\Delta V_{\text{sólidos}}}{\Delta V_{\text{recinto}}}$$

NÓTESE que el **Coeficiente de Confinamiento** (η) aquí definido como $\Delta V_{\text{sólidos}} / \Delta V_{\text{recinto}}$ representa la contribución de la intrusión sólida. Para un balance completo, el volumen de expansión total $\Delta V_{\text{recinto}}$ se satisface mediante la combinación de cuatro mecanismos de ahorro simultáneos:

$$\Delta V_{\text{recinto}} = V_{\text{iny}} + \Delta V_{\text{cono}} + V_{\text{perimetral}} + V_{\text{columna}} + \Delta V_{\text{emergente}}$$

donde:

- V_{iny} : Volumen que debe aportar la bomba en cada ciclo.
- ΔV_{cono} : Ahorro por la geometría cónica (2/3 del volumen de un cilindro equivalente).
- $V_{\text{perimetral}}$: Fluido retenido en los huecos de los segmentos telescópicos.
- V_{columna} : Fluido remanente bajo el émbolo fijo superior (pistón líquido virtual).
- $\Delta V_{\text{emergente}}$: Intrusión sólida del émbolo emergente inferior.

De esta forma, el **Coeficiente de Confinamiento total** (el que se mide en la tabla) es:

$$\eta_{\text{total}} = \frac{\Delta V_{\text{cono}} + V_{\text{perimetral}} + V_{\text{columna}} + \Delta V_{\text{emergente}}}{\Delta V_{\text{recinto}}} = \frac{\Delta V_{\text{recinto}} - V_{\text{iny}}}{\Delta V_{\text{recinto}}}$$

Este coeficiente total es el que se ha utilizado en los cálculos experimentales del prototipo, alcanzando un valor de $\eta \approx 0,932$.

2.4 Factor de Amplificación (K)

Definimos el Factor de Amplificación (o Ganancia Configurable) como el cociente entre el trabajo útil de salida ($W_{\text{salida}} = P \cdot \Delta V_{\text{recinto}}$) y el trabajo de entrada de la bomba:

$$K = \frac{P \cdot \Delta V_{\text{recinto}}}{P \cdot (\Delta V_{\text{recinto}} - \Delta V_{\text{sólidos}})} = \frac{1}{1 - \eta}$$

Interpretación física:

- Si $\eta=0,9$ el factor de amplificación es **$K=10$** .
- Si $\eta=0,95$ es **$K=20$** .
- Si $\eta \rightarrow 1$, $K \rightarrow \infty$ (teóricamente). El límite real lo imponen la compresibilidad del fluido, el rozamiento mecánico y la precisión del mecanizado.

Efecto de la compresibilidad del fluido: Aunque el cálculo teórico asume incompresibilidad ideal, en condiciones reales de trabajo a alta presión el líquido hidráulico experimenta una contracción volumétrica elástica regida por su módulo de compresibilidad (β). Este fenómeno genera una pequeña demanda adicional de inyección destinada a compensar la compresión del volumen remanente confinado, lo que explica parte de la desviación observada entre el factor teórico ($K \approx 14,7$) y el rendimiento neto medido en banco ($K = 9,16$).

Dicha pérdida elástica constituye el **límite físico real del sistema**: a medida que se optimiza la geometría interna y se minimizan los volúmenes intersticiales mediante mecanizados complementarios, la demanda de inyección externa tiende asintóticamente al volumen estricto de compresión del fluido ($\Delta V = V_0 \cdot \Delta P / \beta$), alcanzando así el techo de eficiencia y ahorro volumétrico que permite la física de la materia.

3. Validación Experimental: El Motor Notatus

3.1 Descripción del Prototipo

El Motor Notatus es un motor hidráulico alternativo que aplica el **Principio de Serrano** mediante diversos mecanismos simultáneos de ahorro volumétrico:

1. **Geometría cónica:** Un cono requiere un tercio del volumen de un cilindro equivalente para la misma carrera, manteniendo la misma área de base (Principio de Pascal).
2. **Fluido retenido en huecos perimetrales:** Durante el replegado de los segmentos telescópicos, se crean huecos que retienen fluido de forma permanente. Ese fluido nunca se evacúa.
3. **Pistón líquido virtual:** El fluido remanente alojado en el cilindro interno (95 cm²) se vierte a la cavidad cónica a medida que la culata asciende, sumándose al fluido inyectado sin necesidad de ser bombeado.
4. **Émbolo fijo emergente/penetrante:** Un émbolo sólido de 74 cm² de sección penetra en el recinto cónico a medida que este se expande, ocupando espacio que el fluido no necesita llenar. Este émbolo multiplica el efecto del pistón líquido virtual al añadir un ahorro volumétrico adicional sin aumentar el caudal de la bomba.

Es importante destacar que el émbolo o vástago que penetra en el recinto (responsable del volumen introducido por los sólidos ($\Delta V_{\text{sólidos}}$)) se encuentra solidariamente unido a la base móvil (culata). Por tanto, su movimiento no requiere una fuente de energía externa independiente ni resta empuje útil: es arrastrado por el propio desplazamiento de la culata, impulsada por la fuerza hidrostática que ejerce la presión sobre el área útil de la base mayor del cono. Por consiguiente, su intrusión no constituye un consumo adicional para la bomba, permitiendo que esta suministre únicamente el diferencial de volumen necesario para completar el ciclo.

3.2 Datos Medidos del Prototipo

Parámetro	Valor
Volumen del cono a 118 mm (V_{cono}).....	2.716 ml
Volumen remanente inicial (V_{rem}).....	576 ml
Superficie de empuje (base del cono).....	430 cm ²
Cilindro interno (aporte de fluido).....	95 cm ² , aporta 1.121 ml en la carrera
Émbolo fijo penetrante	74 cm ² , ocupa 873 ml en la carrera
Volumen que debe aportar la bomba.....	2.716 - 576 - 1.121 - 873 = 146 ml (neto)
Coeficiente de Confinamiento (η).....	$\eta = \frac{873+1121}{2140} \approx 0,932$
Factor de Amplificación (K) teórico	$K = \frac{1}{1-0,932} \approx 14,7$
Factor de Amplificación (K) medido (con pérdidas).....	9,16 (incluyendo compresibilidad y rozamientos)

Según se deduce: 2.140 ml es el incremento de volumen útil limpio de la cavidad (2.716 - 576 = 2.140 ml).

Nota sobre la Energía de Confinamiento y el balance de trabajo: El factor $K=9,16$ obtenido en las mediciones del prototipo constituye la validación experimental de la **Energía de Confinamiento**. Esta manifestación energética no deriva de la simple inyección de caudal de la bomba, sino de la capacidad del fluido confinado para actuar como vector hidrostático directo de trabajo cuando se le somete a una geometría dinámica determinada. Al igual que la geometría de un perfil alar permite extraer sustentación de un fluido en movimiento, el confinamiento geométrico del recinto y la intrusión de los elementos sólidos activan la capacidad del fluido de devolver trabajo útil, reduciendo la aportación externa requerida al mero diferencial volumétrico.

Desde una perspectiva epistemológica, la **Energía de Confinamiento** nos invita a revisar la concepción misma del trabajo en la mecánica de fluidos. La física tradicional ha priorizado la sustancia sobre la forma, tratando al fluido como un elemento pasivo que requiere un aporte continuo de masa y caudal externo. El **Principio de Serrano** demuestra que la geometría no es un mero contenedor neutro, sino un agente activo capaz de modificar la dinámica del sistema. En un sentido formal análogo a como la materia curva el espacio-tiempo en la relatividad general para determinar el movimiento, la restricción geométrica y el confinamiento del fluido liberan un comportamiento emergente donde la forma misma se convierte en agente rector y canalizador de trabajo útil. Este cambio de paradigma desplaza la ingeniería desde el modelo de la fuerza bruta hacia la optimización geométrica de los recintos.

4. Guía para la Aplicación del Principio

Cualquier ingeniero o inventor puede aplicar el **Principio de Serrano** siguiendo estos pasos:

Paso	Acción
1. Identificar el recinto variable.....	Definir un volumen que crece (o decrece) durante el movimiento y que contiene un fluido incompresible.
2. Asegurar un fluido remanente permanente.....	Diseñar el sistema para que una porción significativa del fluido nunca abandone el recinto (huecos, cámaras auxiliares, pliegues).
3. Introducir un sólido penetrante.....	Añadir un émbolo, pistón o vástago que penetre en el recinto a medida que este se expande, ocupando volumen que no necesita ser rellenado.
4. Calcular el diferencial.....	Usar la fórmula $W_{bomba} = P \cdot (\Delta V_{recinto} - \Delta V_{sólidos})$ para determinar el tamaño de la bomba necesaria.
5. Gestionar el pico de demanda.....	Si la geometría genera un pico de caudal en un punto intermedio, instalar una válvula de alivio en el recinto para drenar el excedente y permitir la continuidad del movimiento.
6. Optimizar η	Para aumentar K , reducir el volumen de expansión ($\Delta V_{recinto}$) o aumentar la intrusión del sólido ($\Delta V_{sólidos}$), ajustando la geometría del cono y del pistón.

5. Implicaciones y Aplicaciones

El **Principio de Serrano** sienta las bases de una tecnología transversal con eficiencias sin precedentes, extrapolable a prácticamente cualquier actividad industrial. Entre sus múltiples aplicaciones destacan la refrigeración de alta densidad en centros de datos, los sistemas de maniobra naval y aeroespacial, la maquinaria pesada de obra, la robótica portátil y las prensas de gran tonelaje, permitiendo en todas ellas un dimensionamiento mínimo de bombas y un drástico recorte del consumo energético.

En definitiva, la trascendencia del Principio de Serrano no radica únicamente en una mejora incremental de componentes aislados, sino en la redefinición integral del confinamiento y la dinámica de fluidos. Al transformar la presión en trabajo mecánico con pérdidas disipativas mínimas, se abre una vía real y escalable hacia la **descarbonización industrial**, elevando los estándares de rendimiento energético global.

6. Discusión y Reflexión Final

El **Principio de Serrano** no viola la termodinámica. La fuerza y el trabajo útil de salida se obtienen aplicando la presión hidrostática sobre la superficie total de la base mayor. El ahorro energético fundamental proviene de no tener que evacuar al depósito ni volver a bombear desde el exterior el volumen principal de fluido en cada ciclo, sino de mantenerlo confinado y reubicarlo dinámicamente mediante una geometría apropiada: la **Energía de Confinamiento**. En cada carrera, dicho fluido remanente simplemente se recomprime elásticamente bajo la presión de trabajo, constituyendo esa contracción elástica el límite físico real y techo de ahorro del sistema.

Lo que este **Principio** demuestra es que la eficiencia no está limitada por la física, sino por la geometría. Al igual que los hermanos Wright no inventaron el aire, sino que diseñaron un perfil alar que “despertaba” la sustentación que el aire ya era capaz de ofrecer, el **Motor Notatus** y el **Principio de Serrano** no crean energía de la nada; simplemente orquestan la presión, el caudal y la geometría para canalizar el rendimiento mecánico intrínseco del fluido confinado.

Este documento se publica con fines de divulgación académica y científica, con el propósito de aportar este nuevo marco conceptual a la comunidad investigadora y fomentar el análisis teórico en la mecánica de fluidos, sin que ello suponga merma ni renuncia alguna respecto a los derechos de propiedad industrial y comercial legalmente protegidos.

7. Referencias

- Serrano, R. (2025). Motor Notatus: Prototipo y Estado de la Patente. Solicitud PCT/ES2025/070599.
- Pascal, B. (1653). *Traité de l'équilibre des liqueurs*.
- Arquímedes (ca. 250 a.C.). Sobre el empuje hidrostático.
- Wright, O. & Wright, W. (1903). *Flight Tests and Aerodynamic Principles*.

8. Anexo: Glosario de Términos

Término	Definición
Energía de Confinamiento	Capacidad de un fluido incompresible confinado de transmitir trabajo sin ser evacuado ni consumido.
Coeficiente de Confinamiento (η)	Relación entre el volumen sólido intrusionado y el volumen de expansión del recinto.
Factor de Amplificación (K)	Cociente entre el trabajo de salida y el trabajo de entrada de la bomba.
Fluido Remanente	Porción de fluido que nunca abandona el recinto y se reutiliza en cada ciclo.

Declaración de Acceso Abierto y Propiedad Industrial

Régimen de difusión académica:

El presente documento se difunde en régimen de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), autorizando exclusivamente su lectura, estudio, cita, reproducción y debate en el ámbito estrictamente científico, docente y divulgativo.

AVISO LEGAL DE PROPIEDAD INDUSTRIAL Y RESERVA EXPRESA DE DERECHOS:

La divulgación teórica y científica contenida en este documento se publica con fines de divulgación académica, con el propósito de aportar este nuevo marco conceptual a la comunidad investigadora y fomentar el análisis teórico en la mecánica de fluidos, **sin que ello confiera**, ni implícita ni explícitamente, ninguna licencia de uso, fabricación, distribución o explotación comercial sobre las tecnologías, arquitecturas mecánicas, realizaciones prácticas y diseños protegidos por títulos o solicitudes de patente en trámite (incluidas las solicitudes relativas al **Motor Notatus** y sus familias de patentes nacionales, europeas e internacionales bajo el PCT).

Todos los derechos de propiedad industrial y explotación comercial quedan rigurosa y expresamente reservados a favor de su titular y/o sus licenciarios autorizados. Cualquier implementación, desarrollo o explotación con fines industriales o comerciales requerirá, de forma preceptiva y previa, la concesión de un acuerdo formal de licencia de explotación.

Para consultas relativas a propiedad industrial, acuerdos de transferencia tecnológica y licencias comerciales, dirigirse a los correos de contacto que se facilitan en las páginas de: www.notatus.com y www.notatus.es.

9. Hacia una Teoría Unificada: Del Confinamiento Hidráulico al Empuje Cósmico

A continuación se presenta una reflexión que conecta el **Principio de Serrano** con una teoría cosmológica más amplia, sirviendo de trasfondo conceptual para situar este comportamiento hidrostático en un marco físico universal.

El **Principio de Serrano**, aunque desarrollado en la ingeniería hidráulica, guarda una profunda analogía con la teoría cosmológica del autor depositada en Zenodo (Serrano, 2026a, 2026b, 2026c), donde la gravedad se postula como un **empuje generado por un gradiente de presión** en un Campo Cósmico Unificado (CCO). En ambos casos, un elemento sólido (la materia o el émbolo) actúa como una asimetría dinámica que induce un gradiente de presión en el medio (el CCO o el fluido), generando un empuje neto: **la materia es empujada hacia zonas de menor presión**, y la base del cono es impulsada para expandir el recinto, generando trabajo útil. La **geometría y el confinamiento** son los agentes rectores que permiten canalizar dicho gradiente para producir movimiento continuo.

El corazón mecánico de este Principio se fundamenta en un sistema de doble émbolo con funciones disociadas:

- **Émbolo Fijo Superior:** Inmóvil en la parte superior del recinto, alberga en su interior el conducto de inyección para introducir el fluido nuevo al corazón del sistema. Actúa como guía activa para transmitir la fuerza al cigüeñal sin que los segmentos telescópicos soporten carga axial, manteniendo bajo él una columna de fluido que se vierte a la cavidad cónica a medida que esta se despliega.
- **Émbolo Emergente Inferior:** Un émbolo sólido unido a la culata/base móvil y dispuesto enfrente directamente al émbolo fijo. A medida que la culata asciende, este émbolo emerge dentro del recinto cónico con la función exclusiva de aportar desplazamiento volumétrico interno sin consumo de caudal. Su sección está calculada para maximizar el **Coeficiente de Confinamiento** (η) (véase sección 2.3), ocupando un volumen apropiado del que deja libre el fluido vertido por el primer émbolo y obligando al líquido a redistribuirse a su alrededor sin alterar ni degradar la superficie de empuje de la base del cono.

La acción combinada de los métodos de ahorro volumétrico es la responsable directa de que el factor de ampliación **K** alcance el valor medido de 9,16 en el prototipo. La integración del émbolo emergente junto con la geometría cónica, la retención perimetral y el émbolo fijo convierte la cavidad en un recinto de volumen efectivo drásticamente reducido, haciendo posible una sustancial reducción en la demanda de caudal de la bomba.

Esta conexión sugiere que el **Principio de Serrano** es una manifestación local de un principio cosmológico más amplio, donde el trabajo útil se obtiene a partir de la modulación del gradiente de presión en un medio confinado. El **Motor Notatus** es, por tanto, un banco de pruebas experimental que demuestra la viabilidad de este **Principio** a escala macroscópica. Formalmente, esta estructura —donde la geometría no es un simple contenedor, sino un agente activo— recuerda a la relación entre geometría del espacio-tiempo y dinámica de la materia en la **Relatividad General**. En el **Principio de Serrano**, la geometría del recinto y la intrusión de sólidos determinan el trabajo útil, mostrando que el confinamiento y la geometría son agentes moduladores y canalizadores de trabajo útil cuando se combinan adecuadamente.