Agosto de 2026

Homo sum …

Número 4

Porque el conocimiento es para todos

Revista de Divulgación de la Coordinación de Divulgación
Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Contenido

- Aleaciones con memoria de forma: Efecto memoria de forma
- Libros
- Motores eléctricos y su importancia en nuestra vida diaria
- Una conversación que la máquina no entiende como nosotros
- Explicando el entrelazamiento cuántico mediante monedas
- El enemigo invisible en sistemas fotovoltaicos
- La seguridad invisible: cómo la criptografía protege tu información todos los días

Homo sum … Porque el conocimiento es para todos es la revista de la Coordinación de Divulgación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (FC-UASLP). Número 4. Agosto de 2026.
Registro ISSN en trámite.
Directrices para publicación.
Directorio Revista Homo sum …
Declaración de responsabilidad: Las opiniones y hechos expresados en los artículos son de exclusiva responsabilidad de los autores que los emiten y no reflejan necesariamente la postura editorial.
Derechos de reproducción: Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos con fines no lucrativos, siempre que se cite la fuente completa y la dirección electrónica, salvo que se indique lo contrario. Cualquier uso más allá de esta licencia requiere autorización por escrito de la institución editora y del autor.

Agosto de 2026

Homo sum …

Porque el conocimiento es para todos

Número 4

Aleaciones con memoria de forma: Efecto memoria de forma

Margarita López Medina, Fernando Hernández Navarro, David Ríos Jara

Los materiales que utilizamos diariamente se comportan de manera predecible, por ejemplo, si doblamos un clip metálico, una cuchara o cualquier otro objeto de metal, esperamos que conserve la nueva forma que le hemos dado. Sin embargo, existen materiales capaces de hacer algo sorprendente: recuperar por sí solos una forma previamente definida después de haber sido deformados.
Este comportamiento se conoce como efecto memoria de forma y ha despertado un gran interés debido a las posibilidades que ofrece. Para comprender por qué ocurre, primero debemos conocer el tipo de materiales que lo hacen posible.

¿Qué es una aleación?

Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), una aleación es el producto homogéneo, obtenido por fusión, compuesto de dos o más elementos químicos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal. Muchas de las aleaciones que utilizamos diariamente fueron desarrolladas para mejorar propiedades como la resistencia mecánica, la resistencia a la corrosión o la capacidad de soportar altas temperaturas.

Dependiendo de los elementos que las componen, las aleaciones pueden presentar comportamientos muy diferentes. Algunas son más resistentes, otras soportan mejor ciertas condiciones de uso y algunas poseen propiedades realmente sorprendentes. Entre ellas se encuentran las aleaciones con memoria de forma, materiales capaces de recuperar la forma previamente definida después de haber sido deformados.

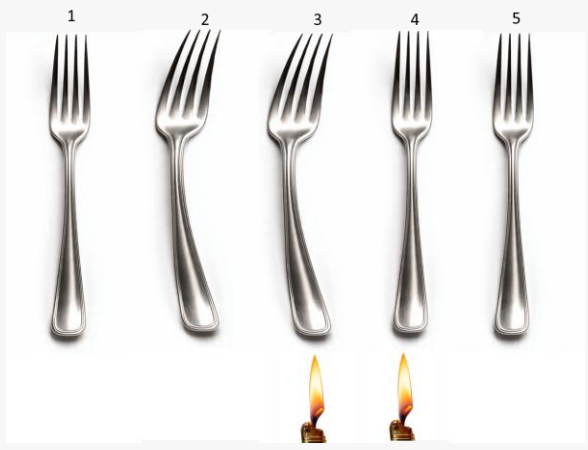


Figura 1. Efecto memoria de forma en un tenedor: (1) forma inicial del tenedor, (2) tenedor deformado, (3) aplicación de calor, (4) recuperación progresiva de la forma y (5) recuperación completa de la forma inicial.

El efecto de memoria de forma es la capacidad de un objeto, compuesto de una aleación metálica, para recuperar su forma inicial mediante un calentamiento después de una deformación aparentemente permanente. Para comprender mejor este efecto, observemos el ejemplo de la Figura 1. En (1) se muestra un tenedor hecho con una aleación con memoria de forma en su estado original. Posteriormente, en (2), el tenedor es doblado, modificando su forma. A simple vista parecería que la deformación es permanente, tal como ocurriría con un metal convencional. Sin embargo, al calentar el tenedor doblado (3), comienza el proceso de recuperación de la forma. Conforme aumenta la temperatura, el tenedor recupera gradualmente la forma que tenía originalmente (4). Finalmente, una vez alcanzada la temperatura necesaria, el tenedor vuelve a su forma inicial (5).

La capacidad de recuperar su forma original es lo que hace tan especiales a estas aleaciones. Pero ¿cómo es posible que un material vuelva a una forma que parecía haber perdido? La respuesta se encuentra en un fenómeno conocido como transformación martensítica.

El secreto está en la transformación martensítica

Para entender la transformación martensítica, pensemos primero en un ejemplo que todos conocemos: el agua. Dependiendo de la temperatura, podemos encontrarla como hielo, agua líquida o vapor. Cuando la temperatura cambia, las moléculas se reorganizan y el agua pasa de un estado a otro.
En las aleaciones con memoria de forma también ocurren cambios cuando varía la temperatura, pero con una diferencia importante: el material siempre permanece en estado sólido. Es decir, no se derrite ni se convierte en gas, lo que cambia es la manera en que sus átomos se acomodan dentro del material. A bajas temperaturas, la aleación se encuentra en una fase, con una organización de átomos definida, llamada martensita, que puede doblarse fácilmente. Cuando la temperatura aumenta, la aleación se transforma a otra fase con una organización de átomos diferente, llamada austenita. Durante este cambio, los átomos vuelven a acomodarse y el material recupera la forma que tenía originalmente. Aunque estos cambios ocurren a una escala demasiado pequeña para observarse directamente, son los responsables de que el tenedor de la Figura 1 pueda recuperar su forma original al ser calentado.

¿Qué aleaciones presentan este efecto?

Las aleaciones con memoria de forma pueden estar formadas por distintos elementos químicos. Entre las más conocidas se encuentran las aleaciones de cobre-aluminio, hierro-manganeso y níquel-titanio, Cu-Al, Fe-Mn y Ni-Ti, respectivamente. La aleación de Ni-Ti, también conocida como Nitinol, es una de las más utilizadas debido a su excelente capacidad para recuperar su forma original, su buena resistencia a la corrosión y su biocompatibilidad (es decir, su capacidad de permanecer inerte al ser introducida, por ejemplo, en el cuerpo humano). Una característica interesante de estas aleaciones es que no todas recuperan su forma a la misma temperatura. Esto depende tanto de los elementos que las forman como de la manera en que fueron fabricadas. Para describir este comportamiento se utilizan cuatro temperaturas características. Durante el enfriamiento se identifica el inicio de la transformación martensítica a una cierta temperatura M_s (por sus siglas en inglés) y el final a M_f. Posteriormente, durante el calentamiento, se identifica el inicio de la transformación inversa a una temperatura A_s y el final a A_f. Aunque estos nombres puedan parecer complicados, la idea es sencilla: indican las temperaturas entre las que ocurre el cambio de una fase a la otra.

Retomando el ejemplo del tenedor de la Figura 1, vamos a suponer que está fabricado con una aleación compuesta por 50% de Ni y 50% de Ti (Nitinol). Esta aleación presenta temperaturas de transformación de M_s = 37 °C y M_f = −28 °C durante el enfriamiento, así como A_s = 48.2 °C y A_f = 77.8 °C durante el calentamiento. Con estas temperaturas, el tenedor podría doblarse cuando se encuentra por debajo de −28 °C y al calentarlo por encima de 77.8 °C recuperaría su forma original, mostrando así el efecto memoria de forma. La posibilidad de ajustar estas temperaturas permite adaptar estas aleaciones a diferentes necesidades. Gracias a ello, pueden utilizarse en aplicaciones muy diversas.

Figura 2. Algunas aplicaciones de las aleaciones con memoria de forma. Imagen generada con chatgpt (03 de junio de 2026).

Aplicaciones actuales de las aleaciones con memoria de forma

Las aleaciones con memoria de forma pueden encontrarse en diferentes aplicaciones, algunas forman parte de tratamientos médicos ampliamente utilizados, mientras que otras aún se encuentran en desarrollo.

Entre las aplicaciones más conocidas se encuentran los tratamientos de ortodoncia y algunos dispositivos médicos, como los *stents* cardiovasculares. Estas aleaciones también se utilizan en actuadores, sensores y sistemas aeroespaciales.

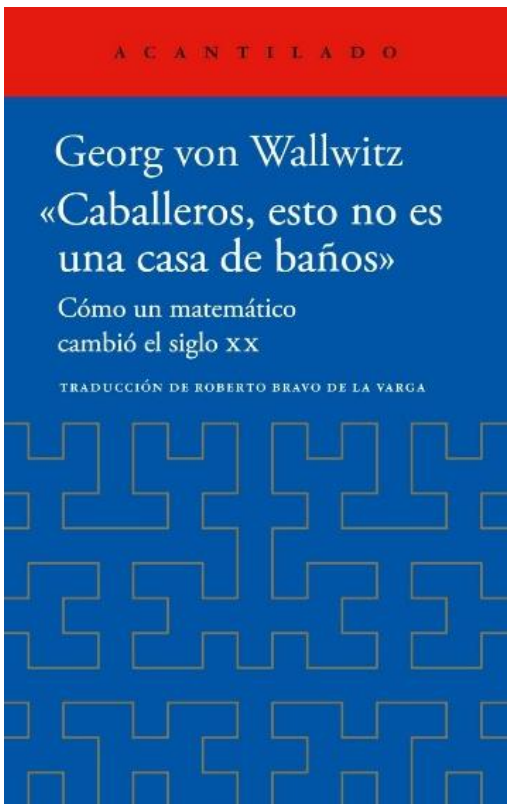
Además de estas aplicaciones, las aleaciones con memoria de forma están siendo estudiadas para desarrollar nuevas tecnologías de refrigeración en estado sólido.

IPICYT (aleaciones con memoria de forma)

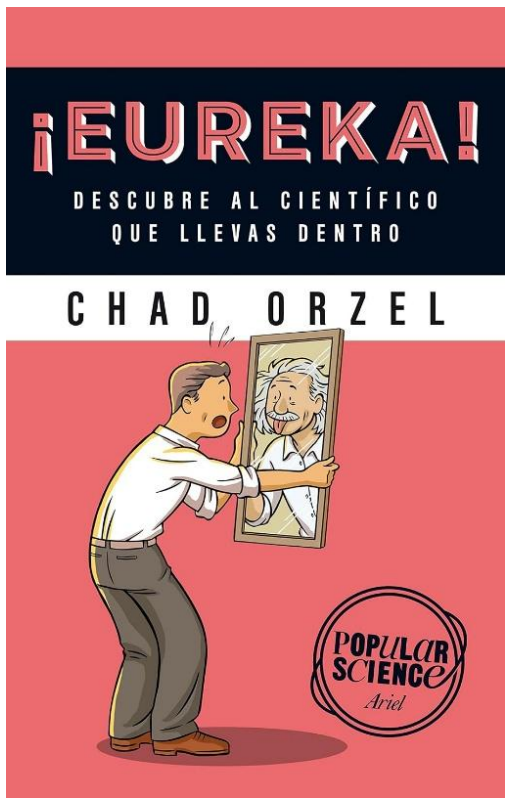
En la División de Materiales Avanzados del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), en San Luis Potosí, se estudian aleaciones con memoria de forma para entender cómo los elementos químicos que las componen, y la cantidad de cada uno de ellos, influyen en las temperaturas a las que ocurre la transformación martensítica. Conocer esta relación es importante porque dichas temperaturas determinan cuándo el material puede deformarse y cuándo puede recuperar su forma original.

Este conocimiento ayuda al desarrollo de nuevos materiales y permite diseñar aleaciones para diferentes condiciones de funcionamiento y posibles aplicaciones. Entre ellas destaca la refrigeración en estado sólido, una tecnología que actualmente se investiga como una posible alternativa para lograr sistemas de enfriamiento más eficientes y con menor impacto ambiental.

Libros



El orden es fundamental. En el baño, separación estricta por sexos. En la ciencia, en cambio, lo único que cuenta es lo que está escrito en la pizarra. Así lo entendía el matemático David Hilbert, que peleó para que la brillante Emmy Noether obtuviera una cátedra en Gotinga, en una época en la que las mujeres apenas tenían cabida en la universidad. No fue éste el único terreno en el que se adelantó a su tiempo, pues colaboró con Albert Einstein en la «fórmula de todas las fórmulas», esa ecuación de la relatividad general que transformó nuestra comprensión del universo; reunió, en los años veinte, a la élite internacional de las matemáticas y la física en torno a su seminario de Gotinga, convertido en uno de los grandes epicentros científicos del momento; y contempló cómo, tras 1933, todos ellos emigraban a Estados Unidos, llevándose consigo parte del futuro de la ciencia europea. Para las ciencias naturales modernas, Hilbert es lo que Picasso para el arte, un punto de inflexión sin el cual no se entiende lo que vino después. ¿Y nuestro mundo digital? Sencillamente, no existiría sin él, puesto que su programa formalista, su defensa del rigor y su intuición para lo abstracto están en la base de la informática y de la lógica matemática contemporáneas. Georg von Wallwitz relata esta vida, y la belleza de las matemáticas, con claridad y amenidad. Sin renunciar al rigor, las notas a pie de página quedan reservadas para los lectores más exigentes, mientras que el resto del libro se lee como una conversación apasionante sobre una de las mentes más decisivas del siglo XX.



El físico Chad Orzel tiene buenas noticias para quienes creen que la ciencia no es para ellos. Como explica en su nuevo libro, en realidad todos actuamos de manera científica a diario, aunque frecuentemente no seamos conscientes de ello. De hecho, si bien la práctica científica implica manejar datos concretos, los procesos fundamentales son siempre cuatro: observar, pensar, poner a prueba y comunicar; acciones que todo el mundo realiza cada día. ¿Saben mejor las nuevas palomitas con pimienta de cayena? ¿Soy más rápido si tomo el desvío dos manzanas al este de la carretera principal? ¿Cómo paso al siguiente nivel en Angry Birds? El simple hecho de plantearnos estas preguntas supone, en cierto sentido, hacer ciencia. Observamos algo, reflexionamos sobre una explicación o solución, ponemos a prueba esa hipótesis, confirmándola o refutándola, y compartimos nuestros hallazgos con los demás. Basándose en experiencias cotidianas y en la extraordinaria historia de la ciencia, Orzel sostiene que todos podemos aprender a descubrir y cultivar al científico que todos llevamos dentro, ya sea en casa o en el trabajo. Una herramienta para abordar y solucionar nuestros problemas personales y profesionales más comunes.

Agosto de 2026

Homo sum …

Porque el conocimiento es para todos

Número 4

Motores eléctricos y su importancia en nuestra vida diaria

Fernando Hernández Navarro, Margarita López Medina, Emmanuel José Gutiérrez Castañeda

Motores eléctricos

Sin los motores eléctricos la vida no sería como la conocemos; por ejemplo, no tendríamos electrodomésticos (licuadora, lavadora etc.), herramientas eléctricas rotatorias de mano (taladro, esmerilador, sierras, etc.), juguetes, bombas de agua, compresores, bandas trasportadoras, escaleras eléctricas, y recientemente en movilidad eléctrica mediante automóviles, barcos, trenes y hasta aviones que funcionan con motores eléctricos. Pero ¿qué es un motor eléctrico? Pues bien, un motor eléctrico es una maquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Los motores eléctricos de inducción están compuestos principalmente por un rotor y un estator, Figura 1a, los cuales se forman con un núcleo de hierro (láminas delgadas) enrollados con espiras de alambre de cobre. El rotor es un eje que se encuentra en el centro del motor siendo la parte móvil de este y el estator es la parte fija que sostiene al rotor. En ambas partes las espiras de cobre (embobinados) son los encargados de generar un campo magnético al pasar una corriente eléctrica a través de ellos, lo que generará un campo magnético entre los embobinados y con ayuda del núcleo de hierro este campo se intensifica. Mediante arreglos específicos y teniendo en cuenta que en la interacción de campos magnéticos polos opuestos se atraen y polos iguales se repelen, se puede generar movimiento mecánico en el rotor (Figura 1b).

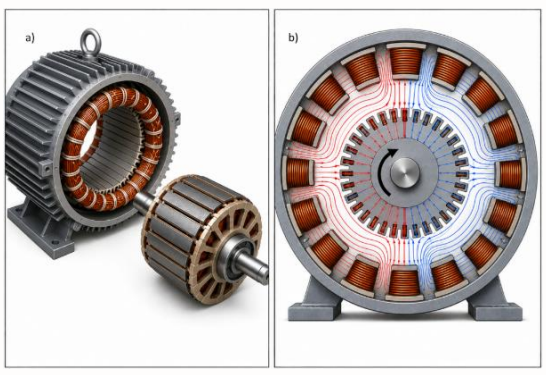


Figura 1. a) Componentes principales de un motor eléctrico de inducción: rotor y estator. b) Principio de funcionamiento de un motor de inducción basado en la interacción de campos magnéticos. Imagen creada con ChatGPT.

Pérdidas de energía en motores eléctricos

Como ya se mencionó anteriormente este movimiento mecánico permite realizar diversas actividades diariamente de una manera más sencilla. Sin embargo, el consumo energético se ha ido incrementando año con año y el sector industrial es el mayor consumidor de la energía donde los motores eléctricos representan un 53 % del consumo de esta energía. Por este motivo, se requiere la implementación de motores eléctricos más eficientes. Para entender la eficiencia de un motor eléctrico debemos recordar que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma y en los motores eléctricos podemos producir energía mecánica a partir de energía eléctrica. El caso inverso son los generadores que producen energía eléctrica a partir de energía mecánica. Sin embargo, en estos procesos hay pérdida de energía que normalmente se percibe en forma de calor; por eso, al utilizar un motor eléctrico por mucho tiempo, este tiende a calentarse. De manera general los motores eléctricos presentan cuatro componentes principales por donde se pierde la energía eléctrica, el primero es el embobinado de cobre que se encuentra en el estator y en el rotor donde al pasar la corriente eléctrica; este embobinado se calienta debido al efecto joule. El segundo, es la pérdida del hierro el cual también se calienta al interactuar con los campos magnéticos debido a pérdidas por corrientes parásitas y pérdidas por histéresis. El tercero, son pérdidas por la fricción en los rodamientos o el ventilador que llevan estos motores. Finalmente, las pérdidas dispersas que provienen por la carga de trabajo a la que esta sometida el motor eléctrico. Entonces para incrementar su eficiencia se deben de reducir estas cuatro pérdidas lo más posible.

Eficiencia de motores eléctricos en México

En México, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) es un órgano administrativo que tiene como misión "Promover el óptimo aprovechamiento sustentable de la energía, mediante la adopción de medidas y de mejores prácticas para el uso eficiente de la energía en los diferentes sectores de la economía y la población." Esta comisión fue creada a través de la Ley de Transición Energética publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre del 2015. Esta comisión presenta una clasificación en eficiencia para motores eléctricos de acuerdo a dos estándares Internacionales que son la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA, por sus siglas en inglés)" y la "Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés)". Esta clasificación considera motores eléctricos con una potencia de trabajo entre 0.75 kW y 375 kW con su nomenclatura para cada comisión internacional y eficiencia permitida es a siguiente: 1. Eficiencia estándar e IE1 de 72 % a 95 %, 2. Alta Eficiencia e IE2 de 77.4 % a 95%, 3. Eficiencia premium e IE3 de 80.7 % a 95.8 %, 4. Super premium e IE4 de 84.9 a 96.8 % y 5. IE5 de 88 % a 97.1 % según los estándares NEMA e IEC. Estas clasificaciones son importantes porque por ejemplo en México los requerimientos para motores eléctricos deben ser mayores a una clasificación de IE3 según la plataforma de sistemas de motores eléctricos (EMSA, por sus siglas en ingles). EMSA es una iniciativa del Programa de Colaboración Tecnológica 4E de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés). Su objetivo es reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero y disminuir la enorme huella energética de los sistemas de motores eléctricos (que consumen más de la mitad de la electricidad mundial). Finalmente, como pudimos darnos cuenta través de esta lectura los motores eléctricos son indispensables para hacer nuestra vida mas cómoda a través de las diversas aplicaciones donde los podemos encontrar, sin embargo, el uso de motores eléctricos ha incrementado la demanda de energía eléctrica y sigue creciendo anualmente por lo que es necesario contar con motores eléctricos más eficientes. Poco a poco se irán cambiando los motores eléctricos de baja eficiencia por motores eléctricos de mayor eficiencia, para seguir disfrutando de esa comodidad en nuestra vida diaria, al mismo tiempo que se mejora la eficiencia del uso de la electricidad.

Instituto de Metalurgia (aceros para motores)

En el Instituto de Metalurgia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se investigan rutas alternativas de procesamiento para la fabricación de aceros eléctricos de alta eficiencia que se utilizan para la manufactura de núcleos de motores eléctricos. De manera científica se busca establecer las bases entre los cambios químicos y microestructurales del acero durante su procesamiento, para entender como estos cambios afectan su eficiencia magnética y su desempeño. De manera tecnológica se busca reducir tiempos y temperaturas de procesamiento, así como la evaluación de diferentes composiciones químicas en el acero que permitan reducir los costos de procesamiento en la fabricación de los aceros para motores eléctricos.

Agosto de 2026

Homo sum …

Número 4

Porque el conocimiento es para todos

Una conversación que la máquina no entiende como nosotros

Juan Guillermo Munguía Fernández

Cuando una persona conversa con un chat de inteligencia artificial puede tener la impresión de estar frente a una entidad racional que comprende sus problemas. La impresión es comprensible: el sistema responde con frases ordenadas, mantiene un tono coherente y suele producir textos gramaticalmente correctos. Sin embargo, su funcionamiento computacional es distinto. Opera como un sistema de completado que, a partir de enormes cantidades de ejemplos utilizados durante el entrenamiento, estima estadísticamente cuál es el siguiente fragmento de texto más probable dentro de una secuencia.

Procesar formas lingüísticas no equivale, por sí mismo, a comprender significados vinculados con referentes del mundo real. Confundir ambas capacidades puede llevar a una confianza indebida en el sistema. Para entender esta diferencia conviene observar, primero, cómo transforma el lenguaje en información que puede procesar.

Un token es una unidad discreta de información con la que opera un modelo de lenguaje. Para una persona no especializada, puede entenderse como el "ladrillo" de texto en el que la inteligencia artificial divide una oración antes de procesarla numéricamente.
El modelo no trabaja directamente con letras ni con palabras completas. Para procesar el lenguaje, debe convertir el texto en representaciones numéricas que puedan manipularse mediante operaciones de álgebra lineal. El primer paso es el mapeo numérico: a cada token del vocabulario se le asigna un identificador único, llamado ID. Este identificador es un número entero que funciona como una etiqueta. No contiene el significado del token, pero permite localizarlo dentro del vocabulario del modelo.

A partir de ese ID, el sistema recupera un *embedding*, es decir, un vector de alta dimensión formado por una lista de números. Puede entenderse como una representación matemática que sitúa al token en relación con otros dentro de un espacio estadístico. Esta posición no equivale a un significado humano directo, pero permite que el modelo capture regularidades en la manera en que distintos fragmentos de texto aparecen y se relacionan entre sí.

Con estas representaciones, el modelo puede calcular semejanzas y relaciones entre palabras o fragmentos mediante productos, transformaciones y combinaciones de vectores y matrices. El lenguaje deja entonces de operar como texto plano y se convierte en una secuencia de representaciones matemáticas. Sobre ellas, el sistema estima qué partes del contexto resultan más relevantes para predecir el siguiente token.

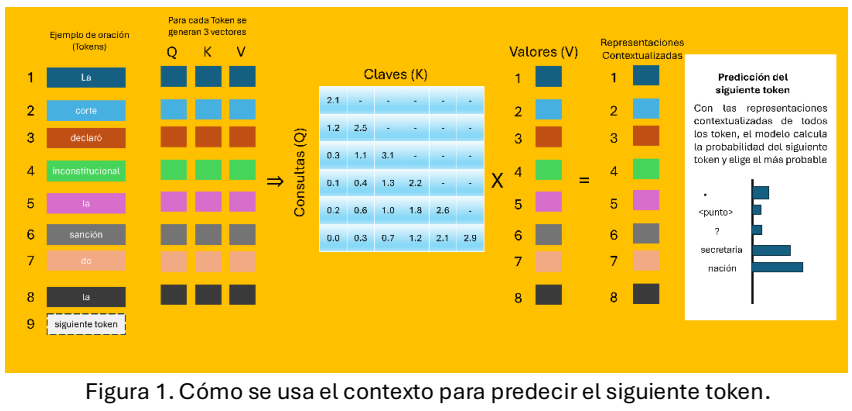


Figura 1. Cómo se usa el contexto para predecir el siguiente token.

Piezas de Lego
Una analogía útil consiste en comparar los tokens con piezas de Lego. Algunas secuencias muy frecuentes pueden funcionar como piezas relativamente grandes y ya preparadas. Según el tokenizador, palabras comunes como "el" o "casa" pueden representarse mediante un solo token. En cambio, las palabras largas, poco frecuentes, desconocidas, mal escritas o frases mal redactadas pueden construirse con piezas más pequeñas y reutilizables, es decir, con subpalabras. De este modo, el sistema no necesita almacenar cada palabra posible como una unidad independiente.

La analogía tiene un límite importante. Una pieza de Lego conserva siempre la misma forma y función, mientras que la contribución de un token depende del contexto en el que aparece. El identificador del token no cambia, pero su representación dentro del modelo se modifica al relacionarse con los tokens que lo rodean. Este proceso se conoce como contextualización. Por ello, un token no debe entenderse como una unidad con un significado fijo e inmutable, sino como una pieza cuya función dentro de una respuesta depende de la secuencia matemática y lingüística en la que aparece.

La generación de texto sigue esta lógica paso a paso. El modelo selecciona una unidad de texto, la incorpora al contexto disponible y después estima cuál podría seguir. En ciertos procedimientos de decodificación, escoge en cada paso la opción a la que asigna mayor probabilidad. Esto no implica que diseñe primero una respuesta completa para después verificarla, ni que mantenga, por defecto, un diálogo interno que compruebe la veracidad de lo que escribe.

Un experimento reproducible, paso a paso
Antes de procesar una secuencia, el sistema necesita un vocabulario que determine qué fragmentos de texto pueden funcionar como tokens. Los procedimientos para segmentar y normalizar texto existían antes de ChatGPT y de los modelos actuales; desde hace décadas se emplean en tareas como la búsqueda documental, la traducción automática y la clasificación de textos. Un ejercicio pequeño permite observar cómo puede construirse un vocabulario de subpalabras.

Punto de Partida. El tokenizador parte sin un vocabulario de subpalabras: solo reconoce caracteres individuales. Por ello, con cero fusiones, "inconstitucional" se representa mediante 17 tokens: 16 letras y el marcador de final de palabra _, que en este experimento cumple una función comparable a la que desempeñan los espacios en tokenizadores reales. La Figura 2 muestra el ejercicio descrito en la Figura 1.

Regla de entrenamiento. En cada iteración, el algoritmo cuenta qué par de símbolos adyacentes aparece con mayor frecuencia en el corpus y lo fusiona para formar una nueva unidad. En este léxico jurídico simulado, la primera fusión fue o+n → on; después, i+on → ion; y, finalmente, c+ion → cion. La secuencia "cion" surgió así en tres pasos porque constituía un patrón frecuente en los datos. Nadie indicó al algoritmo que esa secuencia corresponde a un

morfema del español: la unidad emergió a partir de regularidades estadísticas.

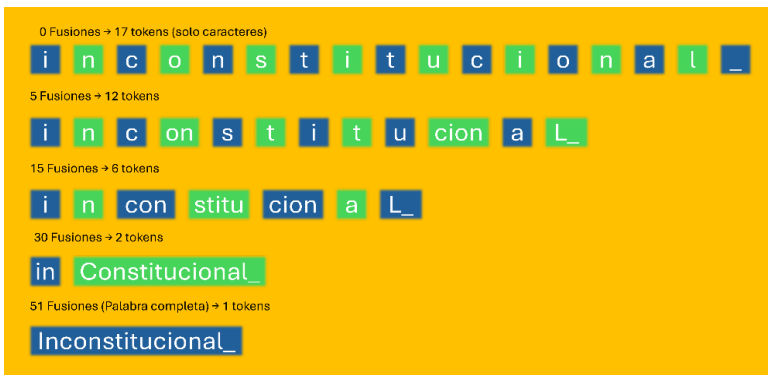


Figura 2. Las posibles formas en cómo se tokeniza una palabra

Qué muestra el resultado. Conforme creció el vocabulario, la misma palabra pasó de 17 a 12, luego a 6, después a 2 y finalmente a 1 token. El número de tokens no es una propiedad fija de una palabra, sino que depende de la relación entre esa palabra, el vocabulario aprendido y las reglas de segmentación del tokenizador. Además, con 15 fusiones, la segmentación fue i|n|con|stitu|ciona|l_, una división que no respeta necesariamente la morfología lingüística convencional, como in + constitu + cional. El experimento ilustra que los tokens no tienen por qué coincidir con unidades lingüísticas bien formadas. Son unidades estadísticas construidas para representar el texto de manera eficiente.

Sensibilidad a la frecuencia. Con el vocabulario final, "constitucion", "inconstitucional" e "internacional" quedaron representadas por un solo token porque eran términos frecuentes en el corpus empleado. En cambio, "xenotrasplante", que no aparecía en ese corpus, se fragmentó en 13 tokens. Este resultado ilustra por qué las palabras raras, los nombres propios y las expresiones poco representadas en los datos de entrenamiento pueden requerir más tokens.

Cómo se tokeniza una frase completa: aparece un paso nuevo
Una vez aprendido el vocabulario, el tokenizador puede aplicarlo a un texto nuevo. Tokenizar una frase no consiste únicamente en aplicar BPE (Byte Pair Encoding) letra por letra sobre toda la secuencia. Antes interviene una etapa llamada pretokenización, en la que una expresión regular divide el texto crudo en piezas iniciales, como palabras y signos de puntuación. Después, BPE opera dentro de cada pieza, sin fusionar símbolos que pertenezcan a segmentos distintos.

En algunos tokenizadores reales, como los basados en el esquema introducido con GPT-2, el espacio inicial se incorpora a la representación de la palabra siguiente. En este experimento didáctico, el marcador _ cumple una función equivalente. La Figura 3 muestra el resultado para una frase de nueve palabras, que produjo 23 tokens en este tokenizador de juguete.

Figura 3. Tokenizar frases completas

La comparación revela una paradoja aparente: "inconstitucional", con 16 letras, quedó representada por un solo token, mientras que "sanción", con 7 letras, requirió 6. La longitud de una palabra no determina por sí sola cuántos tokens necesita. El factor decisivo es su frecuencia dentro del corpus con el que se entrenó el tokenizador y, por tanto, si el vocabulario aprendido contiene esa secuencia como una unidad frecuente.

La ilusión conversacional
La diferencia entre este procesamiento interno y la experiencia del usuario se hace especialmente visible en los chats de inteligencia artificial. Una respuesta puede parecer humana por su fluidez lingüística: el sistema produce frases gramaticalmente correctas, conserva un tema durante varios intercambios y adapta su tono a la pregunta recibida. Pero también intervienen elementos de diseño que el usuario no suele ver.

Entre ellos se encuentran las plantillas de chat o *chat templates*, que organizan cada conversación mediante roles como "Sistema", "Usuario" y "Asistente". Para el modelo, una conversación no llega como un diálogo en sentido humano, sino como una secuencia estructurada de tokens que indica quién escribió cada parte y en qué punto debe comenzar la respuesta. Esta estructura puede incluir marcadores especiales que delimitan el inicio del texto, los cambios de rol y el final de cada turno.

Estos marcadores no hacen que el modelo crea que participa en una conversación ni demuestran que comprenda los roles sociales implicados. Le proporcionan una estructura estadística reconocible. Durante el entrenamiento orientado al diálogo, el modelo recibe ejemplos en los que, después de una secuencia asociada con el papel de "Usuario", aparece una respuesta asociada con el papel de "Asistente". Cuando la aplicación añade una etiqueta que señala el inicio del turno del asistente, orienta al modelo para continuar la secuencia con una respuesta y no con una nueva pregunta o con texto sin formato conversacional.

La plantilla de chat no basta, por sí sola, para explicar el comportamiento de un asistente moderno. Un modelo base puede continuar una frase, imitar un estilo o prolongar un fragmento escrito, pero no está necesariamente preparado para distinguir de manera consistente entre una orden, una pregunta, una cita o una respuesta. Para que responda de forma más útil a instrucciones, mantenga determinados límites de conducta o adopte un estilo de interacción más estable, suele someterse a una etapa posterior de entrenamiento. En ella se utilizan ejemplos de instrucciones y respuestas, así como evaluaciones humanas o sistemas de preferencias que favorecen ciertas salidas sobre otras.

También conviene distinguir entre el modelo y la aplicación que lo presenta al usuario. En un chat comercial, la respuesta puede estar condicionada por instrucciones de sistema, reglas definidas por el desarrollador, mensajes anteriores incluidos dentro del contexto disponible, herramientas externas o mecanismos de seguridad. El usuario observa una sola interfaz y una sola voz conversacional, pero detrás de esa apariencia pueden intervenir varias capas técnicas.
Esta organización puede hacer que el sistema parezca estable, atento o socialmente ajustado. Sin embargo, la continuidad del diálogo no debe interpretarse automáticamente como memoria personal estable ni como comprensión de la conversación en sentido humano. En términos básicos, el sistema genera texto a partir de la información disponible en el contexto y de las condiciones definidas para la interacción.

El riesgo aparece cuando esta conducta se describe como si implicara pensamiento o comprensión humana. Esa forma de hablar refuerza una interpretación antropomórfica del sistema y puede llevar a los usuarios a sobreestimar su capacidad de razonamiento. Una respuesta fluida no prueba comprensión, razonamiento válido ni precisión factual. En tareas de planificación, lógica o análisis, el modelo puede fallar, aunque conserve una prosa clara y convincente; no solo puede equivocarse, sino hacerlo de manera persuasiva.

Por ello, en ámbitos como la salud, el derecho o la asesoría técnica, la supervisión humana crítica no es un complemento menor, sino una condición necesaria para reducir el riesgo de errores con consecuencias reales. También permanece abierta la cuestión del impacto psicológico de largo plazo que pueden tener las interfaces altamente antropomorfizadas sobre la percepción pública de la verdad y la confianza en la información. Este posible efecto requiere investigación específica. Por ahora, debe plantearse como una pregunta relevante, no como una conclusión establecida.

Agosto
de 2026

Homo sum …

Porque el conocimiento es para todos

Número
4

Explicando el entrelazamiento cuántico mediante monedas

José Manuel Méndez Martínez

Uno de los conceptos que más circulan por redes sociales y que causa una gran fascinación por el misterio que encierra es el de entrelazamiento cuántico. Misterio que, dicho sea de paso, algunas personas aprovechan para tergiversar este concepto y venderlo como todo menos lo que verdaderamente es. En estas líneas intentaré explicar algunas de las características más notables del entrelazamiento usando para ello un par de monedas.

Consideremos un par de jugadores, a quienes llamaremos Alice y Bob, cada uno de los cuales posee una moneda. Éstas, como todas las monedas, tienen dos caras: águila y sello. Si Alice y Bob lanzan sus monedas al mismo tiempo, existen dos posibilidades: (1) en ambas monedas sale la misma cara, o bien (2) en ambas monedas salen caras diferentes, Figura 1. Supongamos que Alice y Bob lanzan sus monedas 100 veces. Lo que esperamos es que, en alrededor de 50 ocasiones, salga la misma cara en ambas monedas y, en otras 50, salgan caras diferentes. Si salieran 52 veces iguales y 48 veces diferentes, no habría gran problema dado que estos números rondan los 50. Pero supongamos que, al realizar estos 100 lanzamientos, las 100 veces (sí, las 100 veces), las monedas salen con cara opuesta. En esta parte, Alice y Bob piensan que sus monedas están trucadas o bien que existe alguna comunicación entre ambas, porque si bien este resultado es *posible*, es altamente *improbable*. Para romper con este patrón, a Bob se le ocurre irse a otro edificio, pensando que así la comunicación entre sus monedas se perdería. Para su sorpresa, después de realizar otros 100 lanzamientos, resulta que, otra vez, vuelven a salir caras diferentes en las 100 veces. Con este pequeño ejemplo podemos explicar dos de las características más importantes del entrelazamiento cuántico.

Figura 1: Al lanzar dos monedas al aire, tenemos dos posibles resultados: 1) ambas monedas caen con la misma cara (imagen izquierda), o 2) las monedas caen con caras opuestas (imagen derecha). En el ejemplo que estamos considerando, las monedas siempre caen con caras opuestas. Imágenes generadas con Gemini.

El desorden de una casa *no* siempre es mayor que el desorden individual de cada habitación

Antes de arrojar sus monedas, el resultado es totalmente incierto tanto para Alice como para Bob, incluso sabiendo que sus monedas siempre caen con cara distinta. Sin embargo, una vez que cae la moneda de Alice y sale águila, Bob sabe *con certeza* que la suya caerá en sello, incluso aunque aún no haya caído. Es decir, la incertidumbre sobre el resultado de Bob terminó en el momento en que cayó la moneda de Alice, Figura 2. En física se suele usar el término entropía para describir el grado de caos o incertidumbre de un sistema: a mayor incertidumbre, mayor entropía, y viceversa. Ahora bien, la frase "el desorden total de una casa siempre es mayor que el desorden individual de cada habitación" suena completamente razonable, pues el desorden de una casa entera es la suma del desorden de todas sus habitaciones. De hecho, esto se aplica a sistemas físicos clásicos, como líquidos o gases. Sin embargo, nuestro sistema de monedas no se ajusta a dicha descripción: la incertidumbre del sistema *completo* moneda-moneda es cero, pues sabemos que siempre sale distinta cara en ambas monedas, pero la incertidumbre de cada moneda de manera *individual* es máxima, pues antes de que ambas monedas caigan, la probabilidad de que a Alice le salga águila es del 50 % y de que le salga sello es del 50 %. Así, la frase que describe el sistema de monedas de Alice y Bob es más bien: "la entropía de las partes individuales es mayor que la del sistema completo, que es cero". De alguna manera, podemos decir que la incertidumbre de las partes individuales se "cancela" al considerar el sistema completo, cuya incertidumbre es cero, pues el resultado es siempre el mismo. Este peculiar comportamiento, más incertidumbre en las partes que en el todo, es una de las características de los sistemas entrelazados.

Figura 2: Moneda en el aire. Vista de manera individual, la incertidumbre de cada moneda antes de caer es máxima: 50% águila y 50% sello. En nuestro ejemplo, sin embargo, el resultado de cada moneda no es independiente, sino que ambos están conectados. Imagen generada usando Gemini.

Desafiando la Relatividad de Einstein

La segunda característica del entrelazamiento que me gustaría describir hoy es el fenómeno de la *no-localidad*. En nuestro ejemplo con el par de monedas, dijimos que Bob se cambió de edificio con el fin de romper el patrón o "comunicación oculta" entre las monedas, pero para su sorpresa y la de Alice, ambas monedas siguieron cayendo siempre en la cara opuesta. Si existe alguna especie de comunicación entre las monedas, esta debe viajar de una moneda a otra. De un edificio a otro no hay tanto problema, pues equivaldría a hablar por teléfono, es decir, con una comunicación casi instantánea. Pero pensemos por un momento que los lanzamientos se efectúan uno en la Tierra y otro en la Luna. Si la señal viaja a la velocidad de la luz, que es lo más rápido que se puede viajar por el espacio, esta tardaría alrededor de 4 segundos en viajar de una moneda a otra. Esto quiere decir que, si la moneda de Bob cae al suelo menos de 4 segundos después de que la moneda de Alice cae en la Tierra, ésta no habría recibido aún la señal de su contraparte terrestre, por lo que podrían coincidir de cara. Sin embargo, experimentos recientes muestran que esto no ocurre, sino que a pesar de la distancia *siempre* salen caras opuestas. Esto tiene una consecuencia significativa: si existe alguna comunicación entre las monedas, esta debe darse a una velocidad mayor que la de la luz, lo que contradice uno de los postulados de la Relatividad Especial. Si bien en la práctica Alice y Bob no pueden usar esta comunicación entre las monedas para enviarse señales entre ellos, el fenómeno de la no-localidad abre un panorama muy interesante y alentador pues se espera que en el futuro permita desarrollar formas de comunicación mucho más rápidas, seguras y eficientes que las actuales.

Estos son sólo algunos de los muchos misterios que esconde el entrelazamiento cuántico, explicados con un par de monedas. Existen muchas otras características fascinantes, como por ejemplo el fenómeno de la superposición, que marca la diferencia entre las ondas y las partículas, y que conduce a experimentos como el de la doble rendija, donde se demuestra que la realidad no es objetiva, sino que depende del observador. Pero esa es una historia para otra ocasión.

Agosto de 2026

Homo sum …

Porque el conocimiento es para todos

Número 4

El Enemigo Invisible en Sistemas Fotovoltaicos

Pánfilo Raymundo Martínez Rodríguez, Gerardo Vázquez Guzmán, Miguel Ángel Puga Ortega

Retos en la generación de energía eléctrica

Durante décadas, las plantas termoeléctricas han sido fundamentales para abastecer de electricidad a ciudades e industrias. Su popularidad se debe, en gran medida, a que permiten generar grandes cantidades de energía de forma relativamente eficiente y a un costo competitivo. Sin embargo, este modelo energético tiene un costo ambiental significativo. La mayoría de estas plantas funcionan a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural o el combustóleo. Este proceso libera grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera, incluyendo gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen al cambio climático y al deterioro de la calidad del aire.

En consecuencia, han surgido diversas fuentes no convencionales para la generación de electricidad, entre ellas la energía termonuclear, hidroeléctrica, solar (térmica y fotovoltaica), eólica, geotérmica, mareomotriz y las tecnologías basadas en celdas de hidrógeno. En particular, la energía nuclear ha sido considerada una de las alternativas más eficientes y de menor costo, además de presentar bajas emisiones de carbono durante su operación. No obstante, los riesgos asociados a su uso han generado un amplio debate a nivel mundial. Por ejemplo, en Alemania se optó, a partir de 2011, por una eliminación progresiva de las plantas nucleares, decisión fuertemente influenciada por la preocupación social derivada de accidentes como Chernóbil (1986) y Fukushima (2011). Por su parte, la generación hidroeléctrica se basa en el aprovechamiento del agua almacenada en presas y, aunque es una fuente renovable y confiable, su desarrollo implica altas inversiones, efectos negativos en los ecosistemas, desplazamiento de comunidades asentadas cerca de los afluentes hídricos, y la construcción de infraestructura de gran escala.

Ante este panorama, en los últimos años el sector energético ha intensificado la búsqueda de soluciones más limpias, seguras y sostenibles. Tecnologías que aprovechan recursos naturales como el sol, el viento y el mar han ganado protagonismo como parte de la transición energética global. Entre ellas, la energía solar fotovoltaica destaca por su versatilidad y creciente accesibilidad. De acuerdo con la International Energy Agency (IEA), las energías renovables han alcanzado cifras récord en los últimos años, impulsadas principalmente por la rápida expansión de la energía solar. Tan solo en 2024, la capacidad renovable global aumentó en cientos de gigavatios, con un claro predominio de las instalaciones fotovoltaicas. En la actualidad, esta tecnología se posiciona como la de mayor crecimiento en el sector energético, y se prevé que las energías renovables desempeñen un papel cada vez más relevante en la matriz energética mundial hacia 2030.

En México, este desarrollo ha sido particularmente favorable gracias a la alta disponibilidad de irradiación solar en amplias regiones del país, especialmente en el norte y el centro. A ello se suma la reducción en los costos de los equipos y una creciente demanda de soluciones energéticas limpias, factores que han impulsado la adopción de sistemas fotovoltaicos tanto en el ámbito industrial como residencial.

Inversores para sistemas fotovoltaicos

La energía solar generada por los paneles fotovoltaicos se produce de forma natural en corriente continua (CC). Sin embargo, como la mayoría de los sistemas eléctricos operan en corriente alterna (CA), es necesario un inversor electrónico de potencia que actúe como intermediario entre el sistema fotovoltaico y la carga. Este dispositivo convierte la energía de CC a CA y, además, la acondiciona para su uso, ya sea en sistemas aislados o para su inyección a la red. En términos generales, un inversor está compuesto por dispositivos semiconductores que conmutan a alta frecuencia, junto con filtros, sistemas de control y mecanismos de protección que garantizan una operación segura y eficiente.

Los inversores conectados a red han experimentado un crecimiento acelerado dentro del mercado de las energías renovables desde aproximadamente 2010. En términos generales, pueden clasificarse en dos grandes categorías, inversores con transformador e inversores sin transformador, cuyos esquemas generales se presentan en las Fig. 1(a) y Fig. 1(b), respectivamente.

En algunos países se priorizan criterios de seguridad, puesta a tierra y protección, lo que ha llevado a favorecer configuraciones con aislamiento galvánico entre la red eléctrica y el sistema fotovoltaico; por ello, se emplean topologías con transformador, como la mostrada en la Fig. 1(a). Este tipo de inversores suele incorporar estrategias orientadas a mejorar su eficiencia, ya que el mayor número de componentes, como se observa en la figura, tiende a reducirla.

Además, presentan desventajas asociadas a su estructura, como mayor costo, así como incremento en el volumen y peso del sistema.

Sin embargo, debido a su menor costo, volumen reducido y mayor eficiencia, los inversores sin transformador se han adoptado ampliamente a nivel mundial. Gracias a su estructura más simple, representan una alternativa más eficiente y compacta frente a los inversores con transformador. No obstante, la ausencia de aislamiento introduce nuevos desafíos; el sistema fotovoltaico queda directamente acoplado a la red, lo que favorece la aparición del enemigo invisible, las corrientes de fuga hacia tierra, como se muestra en la Fig. 2.

Cabe destacar que, por razones de seguridad y normativa, los módulos fotovoltaicos están físicamente conectados a tierra a través de su marco de aluminio, lo que establece una trayectoria efectiva. Dado que el panel presenta una capacitancia parásita respecto a tierra, cuya magnitud depende tanto de la tecnología del módulo como de las condiciones de operación, esta puede excitarse debido a variaciones rápidas del voltaje de modo común (VMC) de alta frecuencia generado por la conmutación de los dispositivos de potencia, produciendo corrientes parásitas. En módulos monocristalinos y policristalinos, dichas capacitancias suelen situarse entre 60 nF y 110 nF por kW, mientras que en módulos de película delgada pueden variar entre 100 nF y 160 nF). La presencia de estas corrientes no solo representa un riesgo para la seguridad de usuarios y equipos, sino que también puede deteriorar la calidad de la energía en la red y reducir la vida útil del sistema. Un circuito equivalente de este fenómeno se ilustra en la Fig. 2.

Debido a estos efectos, se han establecido normativas que buscan garantizar la operación segura de los sistemas fotovoltaicos, limitando las corrientes de fuga y definiendo requisitos de protección y puesta a tierra IEC-2011.

En este marco, el Código Eléctrico Nacional (NEC) en Estados Unidos permite el uso de inversores sin transformador bajo condiciones de seguridad adecuadas, mientras que en México la NOM-001-SEDE regula estas instalaciones con énfasis en la protección eléctrica.

En este contexto, existe un creciente interés en desarrollar estrategias que reduzcan o eliminen las corrientes de fuga en inversores sin transformador; entre ellas se pueden mencionar: 1. Modificación o nuevos diseños de la topología del inversor. 2. Uso de filtrado pasivo. 3. Técnicas de modulación. 4. Topologías tipo *Unfolding*.	Estas estrategias constituyen una amplia línea activa actual de investigación. **Comentarios Finales** Ante los efectos de los gases de efecto invernadero, es necesario impulsar soluciones que permitan generar energía eléctrica de forma económica, eficiente y sustentable. Los sistemas fotovoltaicos, especialmente	aquellos basados en inversores sin transformador, destacan por su alta eficiencia y compacidad; sin embargo, la ausencia de aislamiento galvánico propicia la aparición de corrientes de fuga. Por ello, su mitigación sigue siendo un reto clave, orientado al desarrollo de sistemas más seguros, eficientes, compactos y accesibles para su adopción a gran escala.

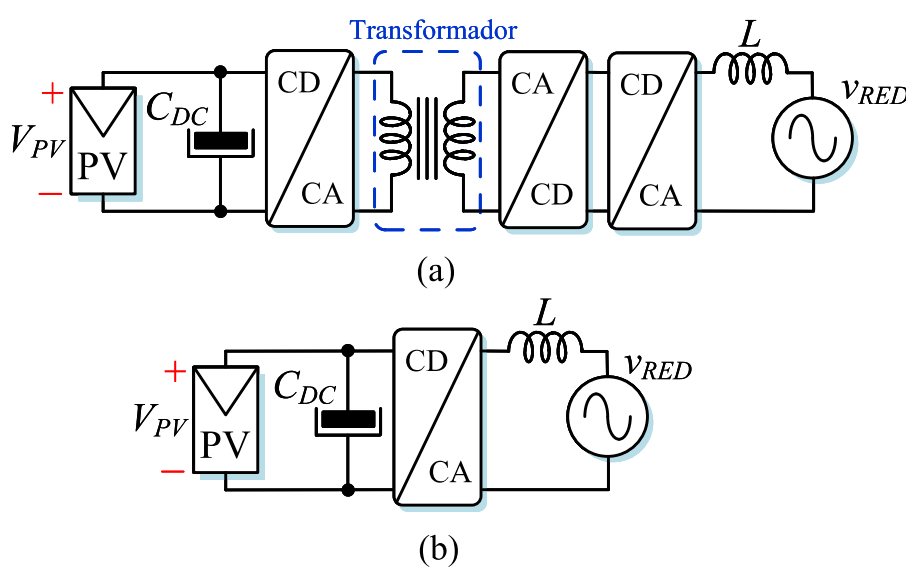


Figura 1. Modelo de sistema fotovoltaico usando inversor (a) con transformador y (b) sin transformador.

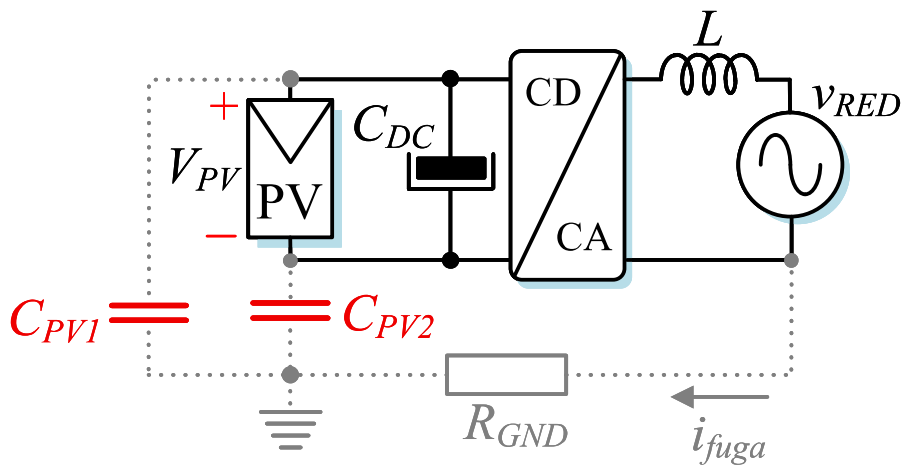


Figura 2. Capacitancias parásitas en un sistema fotovoltaico sin transformador.

Agosto de 2026

Homo sum …

Porque el conocimiento es para todos

Número 4

La seguridad invisible: cómo la criptografía protege tu información todos los días

Bahia Betzavet Cassal Quiroga
José Salome Murguía Ibarra

En la vida cotidiana, muchas de las cosas que hacemos hoy parecen tan automáticas que casi pasan desapercibidas. Enviamos mensajes, hacemos pagos, revisamos cuentas bancarias, abrimos aplicaciones, compramos en línea o simplemente guardamos fotos en nuestros dispositivos, y todo ocurre en cuestión de segundos, como si no hubiera nada más detrás. Sin embargo, detrás de toda esa aparente facilidad existe un elemento clave que sostiene gran parte de la seguridad digital actual: la criptografía.

Lo interesante de la criptografía es que, aunque suele sonar como un concepto técnico e incluso lejano, no es exclusivo de especialistas ni de ámbitos altamente especializados. Estos ejemplos muestran que no se trata de un tema reservado para unos pocos, sino de un conjunto de herramientas que está presente en actividades tan comunes como enviar mensajes, hacer pagos en línea o acceder a nuestras cuentas digitales. En este sentido, la criptografía opera de manera casi invisible en la vida cotidiana, integrándose en los sistemas que usamos a diario sin que siempre nos demos cuenta.

Figura 1. Ejemplo general del proceso de cifrado y descifrado de un mensaje mediante el uso de una clave.

En términos generales, la criptografía puede entenderse como un conjunto de métodos diseñados para proteger la información mediante técnicas matemáticas. En términos simples, es una forma de transformar mensajes legibles en versiones que solo quienes poseen la información adecuada pueden entender, Figura 1. A esa "llave" que permite acceder al contenido se le conoce como clave, y es el elemento central de todo el proceso.

Para entenderlo mejor, podemos imaginarlo como un mensaje escrito en un idioma secreto: aunque el mensaje exista, solo quien conozca la "traducción" podrá comprenderlo. Así, cifrar significa ocultar la información mediante una transformación, mientras que descifrar es el proceso inverso que permite recuperarla
Desde una perspectiva histórica, la criptografía tiene raíces muy antiguas. En civilizaciones como la egipcia ya se utilizaban formas básicas de ocultar información en la escritura. Más adelante, en Grecia, se desarrolló la escítala, Figura 2, un sistema en el que un mensaje solo podía leerse al enrollar una tira de cuero sobre un cilindro específico.

En Roma, Julio César utilizó uno de los métodos más conocidos: el cifrado por desplazamiento, en el que las letras del alfabeto se sustituyen por otras en una posición fija. Aunque hoy parece sencillo, en su momento fue una herramienta útil para proteger los mensajes militares.

Figura 2. Representación de la escítala, uno de los primeros métodos conocidos de cifrado por transposición. Imagen generada con IA.

Con el paso del tiempo, especialmente durante la Edad Media y el Renacimiento, los métodos se volvieron más complejos con sistemas polialfabéticos que cambiaban las reglas del cifrado dentro de un mismo mensaje. Al mismo tiempo, surgió el criptoanálisis, es decir, el arte de romper estos códigos. Desde entonces, la criptografía se convirtió en un equilibrio constante entre proteger información y tratar de descifrarla.

Figura 3. Máquina Enigma, dispositivo electromecánico de cifrado utilizado durante la Segunda Guerra Mundial. Fuente: Simon, Wikimedia Commons, CC BY 2.0. Adaptación a SVG.

Durante el siglo XX, este campo tomó una importancia decisiva. Un ejemplo clave fue la máquina Enigma, Figura 3, utilizada en la Segunda Guerra Mundial, que demostró que el cifrado ya no era solo un mero método de protección, sino una herramienta estratégica capaz de influir en las decisiones militares. A partir de este momento, la criptografía comenzó a depender cada vez más de máquinas y procesos matemáticos.

Con la llegada de las computadoras, la criptografía moderna evolucionó hacia algoritmos complejos capaces de proteger grandes volúmenes de información. Hoy en día, estos sistemas están presentes en prácticamente todo lo digital: redes sociales, correos electrónicos, plataformas bancarias y servicios en la nube, Figura 4.

En este contexto, es importante distinguir entre el cifrado simétrico y el asimétrico. El cifrado simétrico utiliza una sola clave para cifrar y descifrar la información, como cuando una persona protege un archivo o una carpeta con una contraseña. Es similar a usar una llave única para cerrar y abrir un candado, por lo que su seguridad depende de que esa clave se mantenga en secreto.

Figura 4. Aplicaciones cotidianas de la criptografía en entornos digitales, como la mensajería segura, el almacenamiento de contraseñas y los certificados de seguridad. Imagen generada con IA.

En cambio, el cifrado asimétrico utiliza dos claves diferentes pero relacionadas: una pública y una privada. La clave pública puede compartirse con cualquiera, mientras que la privada se mantiene protegida. Un ejemplo cotidiano ocurre cuando accedemos a una página de banco o realizamos una compra en línea; el sitio puede recibir información de forma segura mediante la clave pública, pero solo el servidor autorizado puede descifrarla con su clave privada. Es como un buzón donde cualquiera puede depositar una carta, pero solo el dueño puede abrirlo, Figura 5.

Un ejemplo visible de estos procesos es HTTPS, Figura 6, que aparece en los navegadores mediante un candado. Esto indica que la comunicación entre el usuario y la página web está cifrada, lo que dificulta que terceros puedan interceptar la información.

La criptografía también está presente en las contraseñas que usamos diariamente. Las plataformas seguras no deberían almacenar contraseñas en texto simple, sino transformarlas mediante procesos criptográficos. De esta forma, incluso en caso de filtración, la información no se revela directamente. A esto se suman métodos adicionales como la verificación en dos pasos o códigos temporales.

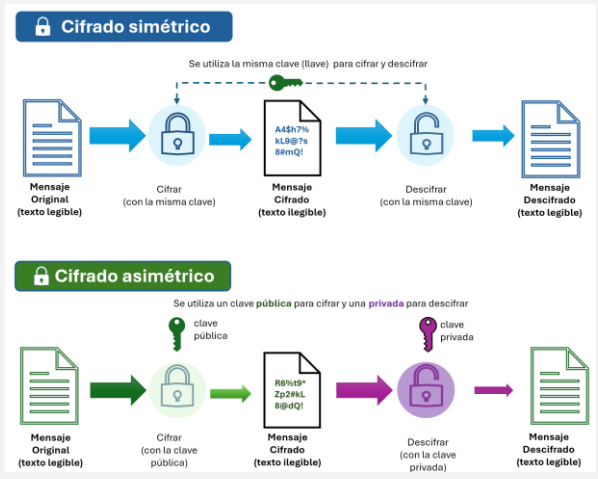


Figura 5. Comparación entre el cifrado simétrico y el cifrado asimétrico en la protección de la información digital.

Otro ejemplo claro es el cifrado de extremo a extremo en aplicaciones de mensajería, donde solo el emisor y el receptor pueden leer los mensajes. Incluso la empresa que proporciona el servicio no puede acceder al contenido. Sin embargo, esto no elimina todos los riesgos, ya que los dispositivos también pueden ser vulnerables.

En el ámbito financiero, la criptografía permite realizar transferencias y pagos en línea de forma segura, protegiendo tanto los datos personales como la integridad de las transacciones. De forma similar, los dispositivos móviles y computadoras cifran su información interna para evitar accesos no autorizados en caso de robo o pérdida.
Además, la criptografía se utiliza en firmas digitales, certificados electrónicos, redes privadas virtuales y servicios en la nube. Todos estos sistemas comparten el mismo objetivo: garantizar la autenticidad, la confidencialidad y la integridad de la información.

Sin embargo, la criptografía no es infalible. Su seguridad depende de factores como la fortaleza de las claves, la correcta implementación de los sistemas y el comportamiento de los usuarios.
Una contraseña débil o una mala configuración puede comprometer incluso los sistemas más avanzados.

En conclusión, la criptografía es una base silenciosa pero esencial del mundo digital actual. Aunque nació hace miles de años como herramienta para proteger mensajes, hoy es fundamental para la vida moderna. Gracias a ella, podemos comunicarnos, comprar, trabajar y navegar por internet de forma más segura. Comprender sus principios básicos nos permite ser usuarios más conscientes en un mundo en el que la información es uno de los recursos más valiosos.

Figura 6. Funcionamiento del protocolo HTTPS como ejemplo de criptografía aplicada en la navegación segura por Internet. Imagen generada con IA.