



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELÉCTRICA**

**Importancia de los Cilindros Hidráulicos en la Industria: Una Revisión  
de Literatura**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica

**AUTORES:**

Calderon Barrios, Gustavo (orcid.org/0000-0001-7329-5899)

Garcia Mogollon, Julio Exequiel (orcid.org/0000-0002-1351-6896)

**ASESOR:**

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

**CHICLAYO - PERÚ**

**2024**

### Declaratoria de autenticidad del asesor

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Importancia de los Cilindros Hidráulicos en la Industria: Una Revisión de Literatura", cuyos autores son GARCIA MOGOLLON JULIO EXEQUIEL, CALDERON BARRIOS GUSTAVO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 02 de Julio  
del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DAVILA HURTADO FREDY DNI: 16670066 ORCID: 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 07-07- 2024 17:46:37

Código documento Trilce: TRI - 0789304



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CALDERON BARRIOS GUSTAVO, GARCIA MOGOLLON JULIO EXEQUIEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Importancia de los Cilindros Hidráulicos en la Industria: Una Revisión de Literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
GUSTAVO CALDERON BARRIOS <b>DNI:</b> 74728071 <b>ORCID:</b> 0000000173295899	Firmado electrónicamente por: CCALDERONBA11 el 02-07-2024 18:29:17
JULIO EXEQUIEL GARCIA MOGOLLON <b>DNI:</b> 71631789 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1351-6896	Firmado electrónicamente por: JGARCIAAMO6 el 02-07-2024 18:27:02

## Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad del autor .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen .....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	5
III. RESULTADOS .....	6
IV. CONCLUSIONES.....	12
REFERENCIAS .....	13
ANEXOS.....	18

## Resumen

El artículo tiene como objetivo principal realizar una investigación literaria sobre la importancia de los Cilindros Hidráulicos en la Industria, aborda la relevancia de los cilindros hidráulicos en diversos sectores industriales. Los cilindros hidráulicos transforman la energía del fluido en movimiento mecánico, siendo esenciales para aplicaciones que requieren alta precisión y fuerza constante. Se destacan su funcionamiento basado en la ley de Pascal y su uso en maquinaria pesada y equipos de alta precisión. Históricamente, su desarrollo comenzó en la antigua Grecia y evolucionó significativamente durante la Revolución Industrial. En la industria moderna, los cilindros de doble efecto son los más utilizados por su capacidad para realizar trabajo en ambas direcciones. El documento también analiza componentes clave como los émbolos y camisas, esenciales para la eficiencia y durabilidad del sistema. La revisión incluye estudios sobre fiabilidad, diseño y mantenimiento de cilindros hidráulicos, destacando avances tecnológicos como los cilindros digitales y servo hidráulicos que mejoran la eficiencia energética y el control. Se concluye que los cilindros hidráulicos son indispensables en la automatización y operación de maquinaria industrial, siendo críticos para la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas hidráulicos.

**Palabras clave:** cilindros hidráulicos, eficiencia, sostenibilidad

## **Abstract**

The main objective of the article is to carry out a literary investigation on the Importance of Hydraulic Cylinders in Industry, addressing the relevance of hydraulic cylinders in various industrial sectors. Hydraulic cylinders transform fluid energy into mechanical movement, being essential for applications that require high precision and constant force. Its operation based on Pascal's law and its use in heavy machinery and high precision equipment stand out. Historically, its development began in ancient Greece and evolved significantly during the Industrial Revolution. In modern industry, double-acting cylinders are the most widely used because of their ability to perform work in both directions. The document also analyzes key components such as plungers and sleeves, essential for the efficiency and durability of the system. The review includes studies on reliability, design and maintenance of hydraulic cylinders, highlighting technological advances such as digital and servo hydraulic cylinders that improve energy efficiency and control. It is concluded that hydraulic cylinders are essential in the automation and operation of industrial machinery, being critical for the efficiency and sustainability of hydraulic systems.

**Keywords:** hydraulic cylinders, efficiency, sustainability

## I. INTRODUCCIÓN

La industria hidráulica desempeña un papel fundamental en numerosos sectores industriales, ya que utiliza la energía transmitida por el fluido hidráulico para generar movimiento. Este sistema se basa en la transmisión de la presión a través de un fluido incompresible, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren un alto rendimiento. Los cilindros hidráulicos son componentes clave en este sistema, ya que convierten la energía hidráulica en fuerza mecánica lineal. Su funcionamiento se basa en la aplicación de presión hidráulica a un cilindro, lo que desplaza un pistón y genera movimiento lineal. Esto hace que los cilindros hidráulicos sean fundamentales en la industria para aplicaciones que van desde la maquinaria pesada hasta equipos de alta precisión. (Cuenca et al.2023)

Los cilindros hidráulicos son dispositivos que convierten la energía hidráulica en fuerza mecánica lineal a través de la aplicación de presión a un fluido incompresible. Este proceso se logra a través de un émbolo o pistón que se desplaza dentro de un cilindro, generando movimiento lineal. Estos cilindros pueden ser de simple o doble efecto, lo que determina si la fuerza se aplica en una o ambas direcciones. Funcionan mediante la ley de Pascal, que establece que la presión ejercida sobre un fluido incompresible se transmite de manera uniforme en todas las direcciones. En resumen, los cilindros hidráulicos son componentes clave en la industria, ya que proporcionan un movimiento preciso y potente para una amplia gama de aplicaciones industriales. (Pájaro Núñez & González Tolosa, 2023)

El origen de los cilindros hidráulicos se remonta a la antigua Grecia, donde se utilizaban para la irrigación y el suministro de agua. Más tarde, en la época romana, se empleaban en la construcción de acueductos y otras obras de ingeniería civil. A lo largo de los siglos, estos dispositivos evolucionaron con la invención de nuevas técnicas y materiales, lo que permitió su aplicación en una variedad de industrias, desde la minería hasta la producción de textiles. (Arévalo Calderón & Gutiérrez Gutiérrez, 2021)

Según Llanes y Hernández (2023) para comprender la importancia de los cilindros hidráulicos en la industria, es crucial conocer los diferentes tipos disponibles en el mercado. Los cilindros de doble efecto, en particular, son ampliamente utilizados debido a su capacidad para realizar trabajo en ambas direcciones, ya sea para empujar o jalar una carga. Esto los hace ideales para una variedad de aplicaciones industriales que requieren movimientos precisos y potencia constante. Su diseño permite un control preciso del flujo de aceite, lo que los convierte en una opción frecuente en maquinaria pesada, sistemas de elevación y equipos de construcción, entre otros.

Como menciona Careces (2023) Los cilindros hidráulicos de mayor aplicación a la industria son los de doble efecto ya que son una pieza fundamental en la industria hidráulica, ya que ofrecen un rendimiento constante y confiable en una amplia gama de aplicaciones. Su diseño simétrico permite que el fluido hidráulico ejerza fuerza tanto en la carrera de avance como en la de retroceso, lo que los hace ideales para procesos que requieren fuerza y precisión en ambas direcciones. En comparación con los cilindros de simple efecto, estos cilindros ofrecen una mayor eficiencia en la operación de equipos pesados, elevadores y maquinaria industrial en general, lo que los convierte en una elección popular en la industria.

Quinga, et al. (2023) menciona que los cilindros hidráulicos constan de varios componentes clave, entre ellos los émbolos y camisas, que desempeñan un papel fundamental en su funcionamiento. Los émbolos son los elementos móviles que se desplazan dentro de las camisas, creando así la fuerza hidráulica necesaria para el movimiento. Estos émbolos deben contar con un diseño preciso y resistente para soportar grandes cargas y presiones. Por otro lado, las camisas son las estructuras externas que contienen y guían el movimiento del émbolo, proporcionando estanqueidad y protección. Tanto el material y el diseño de las camisas como los émbolos son aspectos cruciales a considerar para garantizar la eficiencia y durabilidad de los cilindros hidráulicos en la industria.



Para Galarza (2023) El diseño de los émbolos y camisas en los cilindros hidráulicos varía según la aplicación específica, considerando factores como la presión, el tipo de carga y las condiciones de trabajo. Los émbolos suelen fabricarse de acero de alta resistencia o aleaciones especiales para soportar tensiones y presiones elevadas. Además, su forma y acabado superficial se diseñan cuidadosamente para minimizar la fricción y el desgaste. Respecto a las camisas, también se emplean materiales resistentes y se someten a tratamientos de superficie para mejorar su durabilidad y resistencia a la corrosión. El diseño de ambas piezas se ajusta con precisión para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los cilindros hidráulicos.

Según Erazo y Díaz (2021), los cilindros hidráulicos son ampliamente utilizados en la industria de maquinaria pesada, como excavadoras, grúas, bulldozers, y cargadores frontales. Estos equipos dependen de la potencia hidráulica para realizar tareas de levantamiento, empuje, tracción y excavación de grandes volúmenes de tierra y materiales. Los cilindros hidráulicos permiten el control preciso de la fuerza y la velocidad en las operaciones de estas máquinas, lo que las hace fundamentales en la industria de la construcción, minería, y operaciones de carga y descarga en puertos y almacenes.

Dentro de las aplicaciones industriales de los cilindros hidráulicos, la maquinaria pesada se destaca por su alta demanda y uso extensivo. Los cilindros hidráulicos son esenciales para el funcionamiento de equipos como retroexcavadoras, grúas móviles, niveladoras y compactadoras de suelos, ya que proporcionan la potencia necesaria para levantar cargas pesadas, realizar movimientos precisos y mantener la estabilidad durante las operaciones. La fiabilidad y resistencia de los cilindros hidráulicos son fundamentales para garantizar la seguridad y eficiencia en todas las actividades de la maquinaria pesada. (Alcívar Espinoza, 2023)

El uso de cilindros hidráulicos ofrece numerosas ventajas en términos de eficiencia y potencia. La capacidad de generar grandes fuerzas a través de un fluido incompresible permite que los cilindros hidráulicos sean una opción preferida en aplicaciones que requieren movimientos lineales y fuerzas

significativas. Además, la capacidad de controlar la velocidad y el posicionamiento con precisión es fundamental en muchas operaciones industriales. Sin embargo, el uso de cilindros hidráulicos también presenta desafíos, como la necesidad de mantener y monitorear adecuadamente los sistemas hidráulicos para evitar fugas y garantizar un rendimiento óptimo. Asimismo, el control de la contaminación del fluido hidráulico y la gestión de la temperatura son consideraciones importantes que deben abordarse para maximizar la vida útil y la eficiencia de los cilindros hidráulicos en la industria. (Chango Saquinga & Cáceres Díaz, 2024)

Los cilindros hidráulicos ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia y potencia en comparación con otros sistemas. Su capacidad para generar una gran cantidad de fuerza en un espacio reducido los hace ideales para aplicaciones que requieren levantamiento, empuje o tracción de cargas pesadas. Además, su funcionamiento suave y continuo garantiza una mayor eficiencia energética en comparación con los sistemas mecánicos. Esto se traduce en un menor consumo de energía y costos operativos reducidos para las industrias que dependen de la maquinaria pesada. Por lo tanto, los cilindros hidráulicos representan una solución eficiente y poderosa para una amplia gama de aplicaciones industriales. (Farias Aimacaña, 2024)

Para la presente investigación se planteó las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los antecedentes al estudio? ¿Cuáles son las definiciones de las variables de estudio más utilizadas? ¿Cuáles son las dimensiones planteadas con mayor frecuencia? ¿Cuáles son las teorías consideradas en las investigaciones?

Como objetivos se planteó determinar antecedentes de los últimos cinco años, identificar las definiciones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados, identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados, identificar las teorías relacionadas a las variables de estudio.

## **II. METODOLOGÍA**

Esta revisión de literatura consideró artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos como scopus y web of science, así también, información bibliográfica y de tesis de pregrado y posgrado. De dichas publicaciones, se extrajo información que permitió alcanzar los objetivos de estudio.

Se realizó la revisión de 23 fuentes bibliográficas 12 de estas se recogieron de revistas indexadas en base de datos como Scopus, y Web of Science y los 11 restantes de repositorios y publicaciones en general con una anterioridad no mayor a 5 años relacionados con el tema de “Importancia de los Cilindros Hidráulicos en la Industria” de las cuales 8 se utilizaron como antecedentes para el primer objetivo, 8 investigaciones para el segundo, de los cuales 7 fueron tesis de repositorios y 1 artículo científico; para el tercer objetivo 3 artículos y 1 tesis finalmente 3 artículos para el cuarto objetivo. De estos se identificaron la relación con la variable de investigación, dimensiones y teorías relacionadas, para determinar las conclusiones de este artículo de revisión de literatura

Se tuvieron en cuenta todas las prácticas necesarias para garantizar la ética e integridad científica en esta investigación, teniendo en cuenta las normas de redacción y citación adoptadas por la Universidad, además de evaluar la originalidad con el software Turnitin asegurando un porcentaje de similitud menor e igual del 20%.

### **III.RESULTADOS**

#### **OBJETIVO 1: Determinar antecedentes de los últimos cinco años**

Para Irina et al (2021), los cilindros hidráulicos juegan un papel crucial en los sistemas de potencia fluida debido a su capacidad para proporcionar movimientos precisos y controlados. Estos cilindros, especialmente los de doble acción, son frecuentemente utilizados en sistemas donde la eficiencia energética y la precisión son fundamentales. La amortiguación en la posición final del recorrido es vital para preservar la integridad estructural y evitar movimientos indeseables de la carga. Además, el uso de fluidos hidráulicos biodegradables, tanto de base mineral como vegetal, destaca la importancia de estos cilindros en la sostenibilidad y eficiencia de los sistemas hidráulicos modernos.

Pedersen et al. (2021) detalla la importancia de los cilindros hidráulicos en la industria, centrándose especialmente en el monitoreo de condiciones y la predicción de la vida útil restante (RUL) de los sellos de las varillas de los cilindros. La importancia de los cilindros en la industria según el autor es porque estos actuadores lineales que proporcionan una fuerza de actuación precisa y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones industriales, incluyendo sistemas de carga y manejo a granel, equipos de perforación de petróleo, sistemas de compensación y sistemas de tensión de línea de cables.

Shanbhag et al (2021) destaca la crucial importancia de los cilindros hidráulicos en la industria moderna. Estos actuadores lineales son fundamentales en diversas aplicaciones industriales, incluyendo la construcción, la manufactura, la industria aeroespacial y el sector del petróleo y gas offshore. La capacidad de los cilindros hidráulicos para proporcionar fuerza y movimiento lineal con una alta relación potencia-peso y una rápida respuesta los hace indispensables para operar maquinaria pesada y sistemas complejos. Además, su capacidad para posicionar cargas pesadas con precisión y su inherente seguridad ante sobrecargas externas refuerzan su valor en la eficiencia operativa y la seguridad industrial. La confiabilidad y el rendimiento de los cilindros hidráulicos impactan directamente

en la productividad y en los costos de mantenimiento, haciendo esencial su monitorización y mantenimiento adecuados para prevenir fallas y asegurar un funcionamiento continuo y eficiente.

Para Prakash (2020) los cilindros hidráulicos son fundamentales en diversas aplicaciones industriales debido a su capacidad para transferir grandes cargas con alta eficiencia. En particular, los cilindros hidráulicos telescópicos, también conocidos como cilindros hidráulicos de dos etapas, son ampliamente utilizados debido a su capacidad de proporcionar una longitud de carrera larga con una longitud retraída corta. Este tipo de cilindros es esencial para operaciones seguras, ya que cualquier fallo, como el pandeo, puede alterar bruscamente los parámetros operativos y afectar el funcionamiento adecuado del sistema. La importancia de los cilindros hidráulicos radica en su capacidad para mantener la integridad estructural bajo cargas extremas, lo que es crucial para la eficiencia y seguridad en aplicaciones industriales.

Radu et al (2022) menciona que los cilindros hidráulicos digitales representan una solución innovadora para mejorar la eficiencia energética en maquinaria de construcción y agrícola. A diferencia de los sistemas hidráulicos convencionales, que sufren pérdidas de energía significativas debido a la necesidad de redirigir y estrangular el flujo a través de varias válvulas, los cilindros digitales utilizan múltiples áreas activas y un suministro de presión constante para variar gradualmente la fuerza de accionamiento. Esto no solo reduce el consumo de combustible y las emisiones de carbono, sino que también mejora el rendimiento general del sistema hidráulico al minimizar las pérdidas por estrangulamiento.

Chen et al (2022) menciona que los cilindros servo hidráulicos representan la evolución de los cilindros hidráulicos tradicionales, integrando módulos de control y componentes de censado para garantizar una respuesta dinámica precisa. Estos cilindros son esenciales en equipos de automatización de alta gama, capaces de convertir la energía hidráulica en energía mecánica con alta precisión. La incorporación de actuadores servo hidráulicos controlados directamente por bombas, sin válvulas direccionales, permite combinar los beneficios de los

accionamientos hidráulicos y eléctricos, ofreciendo mayor precisión, facilidad de mantenimiento y menor consumo de aceite hidráulico.

Kogler et al (2023) menciona que los cilindros hidráulicos son fundamentales en la industria por su robustez y capacidad para manejar cargas pesadas en entornos adversos. Este artículo presenta un sistema proporcional cibernético para el control de cilindros hidráulicos, destacando la eficiencia energética y la flexibilidad que se obtiene mediante la implementación de válvulas de asiento proporcional independientes. La investigación demuestra que el uso de estos cilindros con control de bucle abierto permite una operación más precisa y eficiente en máquinas de construcción como excavadoras, reduciendo el consumo energético y mejorando la flexibilidad operativa. Los resultados experimentales y las simulaciones subrayan la importancia de un control adecuado en la mejora del rendimiento y la eficiencia de los sistemas hidráulicos.

Hagen et al (2020) menciona que en la comparación entre cilindros electromecánicos (EMC) y cilindros electrohidráulicos (EHC), los cilindros hidráulicos destacan por su mayor capacidad de fuerza continua y su robustez frente a impactos. El estudio resalta que los EHC son más adecuados en aplicaciones donde se requiere una alta densidad de potencia y protección contra sobrecargas. Además, los EHC presentan una mayor vida útil y menores costos de instalación en comparación con los EMC. La investigación sugiere que, aunque los EMC ofrecen una mayor eficiencia energética y precisión en el control debido a su mayor rigidez de conducción, los EHC son preferibles en entornos donde el espacio, el peso y la capacidad de absorber fuerzas de impacto son críticos.

## **OBJETIVO 2: Identificar las definiciones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados**

Variable: Cilindros hidráulicos en la industria

Para Galarza (2023) los cilindros hidráulicos son dispositivos que se emplean en la industria para aplicaciones que requieren fuerza y movimiento lineal, teniendo

un diseño adecuado que garantiza la eficiencia y durabilidad en diversos entornos industriales, permitiendo la mejora de la productividad y reduciendo costos operativos. Los cilindros hidráulicos de mayor aplicación a la industria son los de doble efecto ya que ofrecen un rendimiento constante y confiable en una amplia gama de aplicaciones. (Cáceres, 2023) estos componentes oleo hidráulicos, como los cilindros hidraulicos, que tienen diferentes aplicaciones en la industria son fundamentales, ya que requieren aumentar la fuerza y precisión en los trabajos que estos realizan, estando inmersos en los siguientes sectores como son la maquinaria pesada, equipos de construcción y sistemas de manufactura. Según (Bobadilla y Manning, 2022) los cilindros hidráulicos son dispositivos indispensables para manejar altas presiones y cargas pesadas, muy empleados en la automatización y optimización de procesos industriales, mejorando la eficiencia y productividad, haciendo que los cilindros hidráulicos sean fundamentales para la ingeniería moderna y las industrias de alto rendimiento.

Maldonado (2023) indica que los cilindros hidráulicos también tienen gran importancia por su capacidad para desarrollar fuerzas superiores en espacios reducidos, mejorando la eficiencia, seguridad y durabilidad, para el buen funcionamiento de los equipos que en su diseño tienen cilindros hidráulicos.

(De la Hoz y pacheco 2023) señala que los cilindros hidráulicos son dispositivos que permite que los fluidos presurizados tengan una transmisión de energía efectiva y controlada, lo que es de vital importancia en sistemas que requieren movimientos suaves y potentes, Además, su uso contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la productividad al minimizar el esfuerzo humano y aumentar la precisión en las operaciones. Por ejemplo, en la fabricación de componentes metálicos, estos cilindros permiten el manejo de grandes fuerzas necesarias para procesos de prensado, corte y moldeado. (Navarro y Orellana, 2020). Por ello son cruciales para mejorar la precisión en las operaciones industriales, lo que permite producir productos de mayor calidad y procesos más seguros y eficientes (Ale y Montañés, 2023). Este proceso es esencial para el funcionamiento eficiente de máquinas que requieren movimientos precisos y potentes, como grúas,

excavadoras y prensas hidráulicas. Además, su mantenimiento adecuado es crucial para evitar fallos inesperados que pueden resultar en paradas operativas costosas (Estrada y Morales, 2019).

### **OBJETIVO 3: Identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados**

#### **Dimensiones de la variable: Cilindros hidráulicos en la industria**

Las dimensiones identificadas según los antecedentes revisados para esta variable fueron primero los *Métodos de control electrohidráulicos* estos son los métodos secuencial, cascada y diagrama tiempo movimiento que se utilizan para controlar los cilindros hidráulicos, el *tiempo de respuesta del vástago* en el cual se analiza el tiempo que tarda el vástago en completar su movimiento en diferentes métodos, también las *Secuencias de trabajo en sistemas electrohidráulicos* donde se describen cómo se secuencian y controlan los movimientos del vástago en diferentes aplicaciones (Camacho, 2022).

Qingliang (2024) menciona tres dimensiones más primero la “La adaptabilidad de acoplamiento” el que se refiere a cómo el mecanismo del cilindro hidráulico se adapta a diferentes formas de desprendimiento, *La capacidad de carga* que involucra el análisis de cargas normales y de impacto sobre el cilindro hidráulico y *Las características estructurales* que son comparables con formas estructurales del cilindro hidráulico.

Para Jianwei (2024) agrega una dimensión más que es la *Precisión del control de posición* este se analiza cómo el método para controlar de manera estable la recuperación de la herramienta acoplada al cilindro hidráulico y por último Xing (2024) menciona dos dimensiones que son la *Eficiencia energética* que es el uso eficiente de la energía durante la operación del sistema hidráulico y el *Impacto ambiental del sistema* que referencia a las ventajas si es que se usa un elemento amigable con el ambiente como medio hidráulico en lugar de aceite, minimizando la contaminación.



## **OBJETIVO 4: Identificar las teorías relacionadas a las variables de estudio**

### **Teorías relacionadas de la variable: Cilindros hidráulicos en la industria**

Los cilindros hidráulicos en la industria tienen como teoría relacionadas la *técnica de memoria magnética de metales (MMM)* que permite detectar daños tempranos en cilindros hidráulicos a través del registro y análisis de campos de fuga magnética en zonas de concentración de estrés, el *acoplamiento magneto restrictivo* donde los materiales ferromagnéticos aumentan la energía magneto elástica para contrarrestar la energía de estrés, la *fricción interna* que en los materiales ferromagnéticos contribuye a la generación de campos de fuga magnética bajo estrés (Gang et al., 2024).

Jianwei et al. (2024) menciona otras teorías como la teoría del *Control de coincidencia de carga* que se basa en ajustar las cámaras de los actuadores en tiempo real para mantener la presión constante y mejorar la eficiencia energética, la teoría de *eficiencia energética* que busca la mejora diseñando un cilindro hidráulico que puede adaptarse a diferentes cargas, optimizando así el consumo de energía y minimizando las pérdidas y en su caso específico la teoría del *Principio biónico* el cual se inspira en la estructura y funcionamiento de los músculos para diseñar un cilindro hidráulico multicámara que optimiza la salida de fuerza y la eficiencia energética.

Jiang et al. (2024) menciona las teorías del *Teorema de estabilidad* de proporciona una base teórica para garantizar la estabilidad del sistema de control del cilindro hidráulico, el *Control por modo deslizante* donde se observa la mejora de la robustez y reducción de la sensibilidad a perturbaciones y la *Teoría de control de rechazo activo de perturbaciones* que es la ayuda de compensación y mitigación de las perturbaciones internas y externas del sistema.

#### IV. CONCLUSIONES

- Se encontraron ocho antecedentes en los últimos cinco años así mismo se encontró que todos los antecedentes mencionan de una u otra forma que los cilindros hidráulicos han demostrado ser componentes esenciales en la industria debido a su capacidad para transformar la energía fluida en movimiento mecánico.
- Los cilindros hidráulicos son dispositivos diseñados para mejorar la eficiencia de los procesos industriales, debido a la manera de manejar grandes fuerzas mediante la transformación de energía hidráulica en mecánica, de manera controlada y eficaz siendo extremadamente precisos. Además, los antecedentes indican que estos tienen una gran aplicación en el área industrial de manera general, desde la aplicación en maquinaria móvil como en la estacionaria en los procesos industriales.
- Los cilindros hidráulicos en la industria se dimensionan según los artículos revisados en los métodos de control electrohidráulicos, tiempo de respuesta del vástago, secuencias de trabajo en sistemas electrohidráulicos, adaptabilidad de acoplamiento, capacidad de carga, características estructurales, precisión del control de posición, eficiencia energética e impacto ambiental del sistema, según los aportes de (Qingliang, 2024).
- (Gang et al., 2024) mencionan que los cilindros hidráulicos en la industria tienen relación con la técnica de memoria magnética de metales (MMM) acoplamiento magneto restrictivo, fricción interna, control de coincidencia de carga, eficiencia energética y principio biónico, el teorema de estabilidad, control por modo deslizante y teoría de control de rechazo activo de perturbaciones, Son importantes para mejorar el buen funcionamiento de los cilindros hidráulicos.

## REFERENCIAS

**Acevedo Trujillo, J. P., Rodríguez Ortiz, L. R. y Arévalo Trujillo, I. A. 2022.** *Caracterización de morteros y concretos hidráulicos con agregado de caucho reciclado.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Cooperativa de Colombia. 2022. Tesis Pregrado.

*Acoustic Emission-Based Condition Monitoring and Remaining Useful Life Prediction of Hydraulic Cylinder Rod Seals.* **Pedersen, Jürgen, y otros.** Grimstad: s.n., Sensors.

*Adaptive fuzzy PID control of high-speed on-off valve for position control system used in water hydraulic manipulators.* **Xing, Yang, y otros. 2024.** 2024, Fusión Engineering and Design.

**Alcívar Espinoza, E. J. 2023.** *Diseño e implementación de mantenimiento preventivo para componentes hidráulicos de maquinaria pesada.* Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salasiana. 2023. Tesis de Pregrado.

**Ale, José y Montañez, Elard. 2023.** *Diseño de planta en el área de talleres para la optimización del servicio de mantenimiento y reparación de cilindros hidráulicos en la empresa Hidraulic Seals E.I.R.L., Arequipa - 2022.* Universidad Tecnológica del Peru. 2023. Tesis Pregrado.

*An analytical approach to evaluate the maximum load carrying capacity for pin-mounted telescopic hydraulic cylinder.* **Prakash, Jatin, Kumar, Sumit y Kandar, PK. 2020.** India: s.n., 2020, Juurnal of Mechanical Engineering Science, págs. 1-16.

**Arévalo Calderón, L. Y. y Gutiérrez Gutiérrez, M. M.** *Propuesta de diseño de un proceso para el aprovechamiento del agua residual en una empresa de productos químicos aplicando herramientas de economía circular.* Dirección de Posgrados, Universidad ECCI. Tesis Postgrado.

*Aspects Regarding the Dynamic Behavior of a Hydraulic Cylinder.* **Irina, Mardare, Irina, Tita y Alexandru, Constantin.** págs. 1-10.

*Banco de ensayos mecánicos con sistema oleo hidráulico automatizado.* **Cuenca, A., Gamarra, A. N. y Misericordia, F.** 2023. La Plata: s.n., 25 al 27 de abril de 2023, VII Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería.

**Bobadilla Romero, D. A. y Manning González, C. D.** 2022. *Diseño de un banco de pruebas para cilindros hidráulicos, motores hidráulicos y bloques de válvulas para la empresa Hidráulica Industrial JC SAS.* Programa de Ingeniería Mecánica, Fundación Universidad de América. 2022.

**Camacho, Brayan.** 2022. *Análisis de tiempo de respuesta del vástago de cilindro hidráulico aplicando el método secuencial cascada y el diagrama tiempo movimiento.* Universidad Técnica de Cotopaxi. 2022. Tesis Pregrado.

**Chango Saquina, D. D. y Cáceres Díaz, A. G.** 2023. *Diseño y simulación de una plataforma de volteo de camiones de hasta 40 T cargados con productos alimenticios granulados para un centro de acopio.* Carrera de Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana. 2023. Tesis Pregrado.

**Chávez, G. C. y Williams, A. M. C.** 2023. *Aprovechamiento de desechos sólidos de concreto hidráulico mediante análisis de ciclo de vida.* Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamericana. 2023. Tesis Postgrado.

**Chusin Zapata, J. S. y Marcillo Tigselema, G. A.** 2023. *Implementación de un sistema híbrido de generación de electricidad de 5kw a partir del gas metano como fuente de energía renovable en la UTC Extensión La Maná.* Carrera de Ingeniería en Electromecánica, Universidad Técnica Cotopaxi. 2023. Tesis Pregrado.

*Cybernetic Proportional System for a Hydraulic Cylinder Drive Using Proportional Seat-Type Valves.* **Kogler, Hermut, Plockinger, Andreas y Foschum, Paul.** 2023. 2023, Actuadores.

*Development of a bionic multi-chamber hydraulic cylinder for improving energy efficiency.* **Jianwei, Wang, y otros. 2024.** 2024, Mechatronics.

*Diseño de una herramienta electrohidráulica para el acoplamiento de cilindros hidráulicos de maquinaria pesada.* **de la Hoz, Gustavo y Pacheco, Jairo. 2023.** Puerto: s.n., 2023, Universidad Antonio Nariño Barranquilla.

*Energy Efficient Drive System with Digital Hydraulic Cylinder for Construction and Agricultural Machinery.* **Radu, Radoj, y otros. 2022.** 3, Bucharest - Romania: s.n., 2022, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 68, págs. 13-20.

**Erazo Zuluaga, R. A., y otros. 2023.** *Construcción de una unidad de potencia hidráulica móvil para diagnóstico de cilindros hidráulicos de la empresa grúas telescópicas de Colombia SA.* Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Antonio José Camacho. Cali: s.n., 2023. Tesis de Pregrado.

**Estrada, Raúl y Morales, David. 2019.** *Aplicación de la estrategia de mantenimiento preventivo de cilindros hidráulicos para incrementar la disponibilidad de las excavadoras PC-4000 Komatsu 2019.* Universidad Cesar Vallejo. 2019. Tesis Pregrado.

*Exploration and Research on Key Technologies for Improving the Response Speed of Servo-Hydraulic Cylinders.* **Chen, Xiaolan, y otros.** Applied Sciences.

*Failure Monitoring and Predictive Maintenance of Hydraulic Cylinder - State-of-the-Art Review.* **Shanbhag, Vignesh. V., y otros. 2021.** California State University Fresno: s.n., 2021.

**Farias Aimacaña, P. S. 2024.** *Diseño y construcción de un prototipo de prensa automatizada para compactar al menos 20 botellas plásticas por minuto.* Carrera Mecatrónica, Universidad Politécnica Salesiana. 2024. Tesis Pregrado.

**Galarza coronel, K. A. 2023.** *Cálculo, diseño y fabricación de un cilindro hidráulico enfocado al ámbito industrial, partiendo de datos iniciales proporcionados por el cliente.* Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia. 2023.

*Génesis y evolución socio-histórica de la macro categoría cultura escrita.* **Borregales, L. 2021.** 5, 2021, EPISTEME KOINONIA: Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes, Vol. 3, págs. 72-87.

*Guidelines to Select Between Self-Contained Electro-Hydraulic and Electro-Mechanical Cylinders.* **Hagen, Daniel, Padovani, Daminano y Choux, Martin. 2023.** 2023.

**Llanes, F. K. A. y Hernández, I. P.** Manual De Prácticas De Laboratorio De Neumática E Hidráulica. [ed.] Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

**Ludeña Valarezo, P. y Feijoo Rojas, L. F. 2024.** *Estudio para la implementación de un centro de mantenimiento automotriz para la empresa Solminera.* Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana. 2024. Tesis Pregrado.

**Maldonado, Adolfo. 2023.** *Estudio y Diseño de un Cilindro Hidráulico para Uso Naval.* Escuela de Ingenierías Industriales. 2023. Tesis Pregrado.

**Navarro, Homer y Orellana, Enzo. 2020.** *La aplicación del Estudio del trabajo para incrementar la Productividad de la línea de fabricación de cilindros hidráulicos de la empresa SAFERSOL S.A., Ate, Lima 2020.* Universidad Cesar Vallejo. 2020. Tesis Pregrado.

*Numerical investigation on synchronous control of anti-recoil displacement tension of riser for a TLP.* **Jianwei, Wang, y otros. 2024.** 2024, Ocean Engineering.

**Pájaro Núñez, J. J. y González Tolosa, M. A. 2023.** *Diseño e Implementación de una Interfaz HMI para la Estación Mecatrónica del Laboratorio de Automatización Industrial.* Facultad de Ingeniería, Universidad Piloto de Colombia. 2023. Tesis Pregrado.

*Performance evaluation of a magnetic NDE technique to assess residual fatigue life of the retired hydraulic cylinders.* **Gang, Han, y otros. 2024.** 2024, Results in Engineering.

**Quinga Balladares, E. M. y Real Reinoso, C. O. 2023.** *Diseño y construcción de un sistema semiautomático para el accionamiento de una prensa hidráulica a fin de realizar ensayos de doblado en juntas soldadas.* Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2023. Tesis de Pregrado.

*Research on the hydraulic support face guard mechanism and coupling characteristic of rib spalling in large mining heights.* **Qingliang Zeng, Xiaoqi Ma, Lirong Wan, Yanpeng Zhu, Yanping Yue. 2024.** 2024, Scientific reports.

*The Selection of Hydraulic Cylinder using multi-attribute decision-making methods.* **Satywan, Khatke, y otros. 2023.** India: s.n., 2023, Research Square, págs. 1-20.

## ANEXOS

### ANEXO 01: Cantidad de artículos incluidos para revisión

Base de datos	Artículos encontrados	Artículos de acceso abierto	Artículos 2020-2024	Artículos área temática Ingeniería (Energía u otros)	Artículos incluidos
Scopus	15	15	5	5	5
Web of Science	17	7	7	7	7
Science Direct	--	---	----	-----	-----
			12		12



## ANEXO 02: Listado de artículos incluidos para revisión

N°	Título original	Autor(es)	Año de publicación	País	Enlace
1	Aspects Regarding the Dynamic Behavior of a Hydraulic Cylinder	Irina et al.	2021	Iași-Rumania	<a href="https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/bipcm-2021-0005">https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/bipcm-2021-0005</a>
2	Acoustic Emission-Based Condition Monitoring and Remaining Useful Life Prediction of Hydraulic Cylinder Rod Seals	Pedersen et al.	2021	Noruega	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000701110400001">https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000701110400001</a>
3	Failure Monitoring and Predictive Maintenance of Hydraulic Cylinder - State-of-the-Art Review	Shanbhag et al.	2021	Noruega	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/c492f930-c130-4eb6-8eeb-c2ee96f4414f-f49e55fb/relevance/1">https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/c492f930-c130-4eb6-8eeb-c2ee96f4414f-f49e55fb/relevance/1</a>
4	An Analytical Approach to Evaluate the Maximum Load Carrying Capacity for Pin-Mounted Telescopic Hydraulic Cylinder	Prakash et al.	2020	India	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/2f366f3b-3efa-4719-a593-e0caf29cfedb-f49e5b42/relevance/1">https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/2f366f3b-3efa-4719-a593-e0caf29cfedb-f49e5b42/relevance/1</a>

5	Energy Efficient Drive System with Digital Hydraulic Cylinder for Construction and Agricultural Machinery	Radu et al.	2022	Rumania	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/c2584f69-6574-4ff4-abdd-d14038534a80-f49e5de6/relevance/1">https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/c2584f69-6574-4ff4-abdd-d14038534a80-f49e5de6/relevance/1</a>
6	Exploration and Research on Key Technologies for Improving the Response Speed of Servo-Hydraulic Cylinders	Chen et al.	2022	China	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/ae123e1b-5d9b-4c64-9448-7dc9cbb46719-f49e5fed/relevance/1">https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/ae123e1b-5d9b-4c64-9448-7dc9cbb46719-f49e5fed/relevance/1</a>
7	Cybernetic Proportional System for a Hydraulic Cylinder Drive Using Proportional Seat-Type Valves	Kogler et al.	2023	Austria	<a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/888cfacc-8a1e-45d2-a4ab-94301ef783b6-f49e623e/relevance/1">https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/888cfacc-8a1e-45d2-a4ab-94301ef783b6-f49e623e/relevance/1</a>
8	Guidelines to Select Between Self-Contained Electro-Hydraulic and Electro-	Hagen et al.	2020	Noruega	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/9248373">https://ieeexplore.ieee.org/document/9248373</a>

	Mechanical Cylinders				
9	Cálculo, diseño y fabricación de un cilindro hidráulico enfocado al ámbito industrial, partiendo de datos iniciales proporcionados por el cliente	Galarza	2023	España	<a href="https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/200382/Galarza%20-%20Calculo%20diseno%20y%20fabricacion%20de%20un%20cilindro%20hidraulico%20enfocado%20al%20ambito%20industrial%20pa...pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/200382/Galarza%20-%20Calculo%20diseno%20y%20fabricacion%20de%20un%20cilindro%20hidraulico%20enfocado%20al%20ambito%20industrial%20pa...pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
10	Optimización del proceso de reparación de cilindros hidráulicos para equipo pesado mediante la implementación del área de cromo en una empresa metalmecánica	Caceres	2023	Peru	<a href="https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7095">https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7095</a>
11	Diseño de un Banco de Pruebas para Cilindros Hidráulicos, Motores Hidráulicos y Bloques de	Bobadilla y Manning	2022	Colombia	<a href="http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/9166/4/4161063-2022-2-IM.pdf">http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/9166/4/4161063-2022-2-IM.pdf</a>

	Válvulas para la Empresa Hidráulica Industrial JC SAS				
1 2	Estudio y Diseño de un Cilindro Hidráulico para Uso Naval	Maldonado y Contreras	2023	España	<a href="https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/26471/tfg_Maldonado_Monta%c3%b1ez_Adolfo-5582.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/26471/tfg_Maldonado_Monta%c3%b1ez_Adolfo-5582.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
1 3	Diseño de una herramienta electrohidráulica para el acoplamiento de cilindros hidráulicos de maquinaria pesada	De la Hoz y Fabio	2023	Colombia	
1 4	La aplicación del Estudio del trabajo para incrementar la Productividad de la línea de fabricación de cilindros hidráulicos de la empresa SAFERSOL S.A., Ate, Lima 2020	Navarro y Orellana	2020	Peru	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/63046/Navarro_PHE-Orellana_AER-SD.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/63046/Navarro_PHE-Orellana_AER-SD.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
1 5	Diseño de planta en el área de	Ale y Montañez	2023	Peru	<a href="https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7825">https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7825</a>

	talleres para la optimización del servicio de mantenimiento y reparación de cilindros hidráulicos en la empresa Hidraulic Seals E.I.R.L., Arequipa - 2022				
1 6	Aplicación de la estrategia de mantenimiento preventivo de cilindros hidráulicos para incrementar la disponibilidad de las excavadoras PC-4000 Komatsu 2019	Estrada y Morales	2019	Peru	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41639/Estrada_MRE-Morales_MDE.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41639/Estrada_MRE-Morales_MDE.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
1 7	Análisis de tiempo de respuesta del vástago de cilindro hidráulico aplicando el método secuencial cascada y el diagrama tiempo movimiento	Camacho	2022	Ecuador	<a href="https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9491/1/PI-002169.pdf">https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9491/1/PI-002169.pdf</a>

18	Research on the hydraulic support face guard mechanism and coupling characteristic of rib spalling in large mining heights	Qingliang et al.	2024	China	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85189830122&amp;origin=resultslist&amp;sort=plf-f&amp;src=s&amp;sid=d9179e58a6ffd17e4de187692351ba14&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28Research+on+the+hydraulic+support+face+guard+mechanism+and+coupling+characteristic+of+rib+spalling+in+large+mining+heights%29&amp;sl=137&amp;sessionSearchId=d9179e58a6ffd17e4de187692351ba14&amp;relpos=0">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85189830122&amp;origin=resultslist&amp;sort=plf-f&amp;src=s&amp;sid=d9179e58a6ffd17e4de187692351ba14&amp;sot=b&amp;sdt=b&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28Research+on+the+hydraulic+support+face+guard+mechanism+and+coupling+characteristic+of+rib+spalling+in+large+mining+heights%29&amp;sl=137&amp;sessionSearchId=d9179e58a6ffd17e4de187692351ba14&amp;relpos=0</a>
19	Numerical investigation on synchronous control of anti-recoil displacement tension of riser for a TLP	Jianwei et al.	2024	China	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801824011399?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a76453addec5c">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801824011399?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a76453addec5c</a>
20	Adaptive fuzzy PID control of high-speed on-off valve for position control system used in water hydraulic manipulators	Xing et al.	2024	República popular de china	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920379624002904?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a7e4ed8cec3cd">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920379624002904?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a7e4ed8cec3cd</a>
21	Performance evaluation of a magnetic NDE technique to assess residual fatigue life	Gang et al.	2024	China	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259012302400286X?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a8b0a3d29b9f2">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259012302400286X?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a8b0a3d29b9f2</a>

	of the retired hydraulic cylinders				
2 2	Development of a bionic multi-chamber hydraulic cylinder for improving energy efficiency	Jianwei et al.	2024	China	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741582400014X?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a9270ad853098">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741582400014X?ref=pdf_download&amp;fr=RR-2&amp;rr=898a9270ad853098</a>
2 3	A Double Closed-Loop Digital Hydraulic Cylinder Position System Based on Global Fast Terminal Sliding Mode Active Disturbance Rejection Control	Jiang et al.	2024	China	<a href="https://xplore.staging.ieee.org/ielx8/6287639/10380310/10546928.pdf?arnumber=10546928">https://xplore.staging.ieee.org/ielx8/6287639/10380310/10546928.pdf?arnumber=10546928</a>