El control Proporcional-Integral-Derivativo (PID) es el algoritmo de control más comúnmente utilizado en la industria actual (DOI 10.1109/carpathiancc.2014.6843603, pag. 1) y ha sido el método predominante desde el inicio de los sistemas de automatización. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 460). El impacto ha sido tal que más del 90% de todos los circuitos de control son PID. Y se utiliza para una amplia gama de problemas: control de procesos, accionamientos de motores, memorias magnéticas y ópticas, automotriz, control de vuelo, instrumentación, etc. (DOI 10.1016/s0967-0661(01)00062-4, pag 1) Por lo que es bastante razonable predecir que el control PID continuará usándose en el futuro. La realimentación ha tenido una influencia revolucionaria en prácticamente todas las áreas donde se ha utilizado y continuará haciéndolo. (DOI 10.1016/s0967-0661(01)00062-4, pag 11)

La razón principal de esta popularidad es la facilidad de ajuste y puesta en servicio de controladores PID SISO. Considerando además que la mayoría de sistemas utilizados son SISO. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 255) El PID proporciona un algoritmo óptimo para perturbaciones no medidas y dinámicas desconocidas, el caso común en la manufactura. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 460) A pesar de su popularidad, el foco principal de la investigación en esta área se concentra principalmente en el desarrollo de metodologías de ajuste de los tres parámetros de control PID. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 320) El ajuste mencionado siempre es un tema de gran interés práctico y, a pesar del pequeño número de parámetros ajustables, sigue siendo tema de investigación. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 283-284)

Aún la mayoría de documentos sobre control tratan el método de Ziegler-Nichols como punto de referencia para sintonizar controladores PID. Esta es una situación muy insatisfactoria porque las reglas de Ziegler-Nichols son conocidas por dar resultados muy pobres en muchos casos. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 416) Es muy fácil demostrar que cualquier controlador con un ajuste razonable superará a un PID con el ajuste por Ziegler-Nichols. Incluso muchas estrategias propuestas pueden eliminarse fácilmente si se comparan con un PID bien ajustado. (DOI 10.1016/s0967-0661(01)00062-4, pag 12)

En las últimas dos décadas, los procesos modernos a gran escala han experimentado grandes desafíos y se han vuelto cada vez más complicados en todos los sectores industriales posibles. (DOI 10.1109/tie.2014.2308133, pag. 1) El rápido crecimiento de la complejidad de plantas de procesos modernos, tanto en términos de flujo de materiales como de intercambio de energía, ha incrementado sustancialmente el número de circuitos de control en lazo cerrado para mantener las condiciones de producción y calidad deseadas del producto (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 255), Como resultado, los enfoques tradicionales basados en modelos, que requieren el conocimiento previo necesario del proceso o modelo físico obtenido a partir de principios primarios, se han vuelto poco prácticos, especialmente para la industria a gran escala. (DOI 10.1109/tie.2014.2308133, pag 1)

Frente a esto, se puede optar por métodos inteligentes para expandir las capacidades de un controlador, y un PID mejorado incrementará la eficiencia (reducir materias primas, servicios públicos y desechos), flexibilidad, operabilidad, mantenimiento, rentabilidad y seguridad, que determina el cumplimiento y la competitividad. El uso innovador de la capacidad de desarrollo y expansión del PID es la clave para la fabricación sostenible. (ISBN 9781447124252, 1447124251, pag. 460)

En plantas de control con una fuerte no linealidad, se han propuesto métodos de ajuste de parámetros PID que utilizan redes neuronales y algoritmos genéticos, aunque con ciertas limitaciones. Actualmente hay pocos esquemas de ajuste de parámetros PID de uso práctico para sistemas no lineales. (10.4236/jst.2015.51004 , pag 34) Respecto de estos nuevos métodos, A. Marín, J. A. Hernández R., J. A. Jiménez (doi [10.1109/TLA.2018.8327395](https://sci-hub.tw/10.1109/TLA.2018.8327395), pag 1); y en otro trabajo Othon Colorado Arellano, Norberto Hernández Romero, Juan Carlos Seck Tuoh Mora, Joselito Medina Marín (doi [10.29057/icbi.v5i10.2935 pag 1)](https://doi.org/10.29057/icbi.v5i10.2935) muestran controladores sintonizados por medio de algoritmos evolutivos que superan de forma amplia los métodos clásicos. Así también, César R. López M. implementaron algoritmos bio-inspirados obteniendo mejores resultados en comparación con los métodos tradicionales. Destacando su efectividad en plantas con retardos y de orden superior. En una realidad más cercana, en la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo, (Garcia Pereda, Jorge Pablo) aplicó un algoritmo de colonia de hormigas y en otro trabajo, (Balcázar Llanos, José Emanuel Martín), un algoritmo genético, para sintonizar controladores PID obteniendose en ambos casos resultados sobresalientes frente a métodos tradicionales. En todos los casos mencionados anteriormente se necesitó realizar una identificación de la función de transferencia de la planta antes del proceso de sintonización. Sin embargo; la principal limitación de las funciones de transferencia es que solo pueden usarse para diseñar controladores de sistemas lineales o de sistemas no lineales que permiten construir sus aproximaciones lineales alrededor de un punto de equilibrio de interés. (Richard M. Murray, Zexiang Li y S. Shankar Sastry, pag 243)

Por otro lado, debido al crecimiento significativo del grado de automatización en plantas modernas, se generan una gran cantidad de datos de proceso (DOI 10.1109/tie.2014.2308133, pag. 1), que pueden ser aprovechados por los métodos desarrollados en el campo de machine learning y las capacidades computacionales actuales. Por ejemplo, César Andrés Burgos Molina, Max Chacón Pacheco presentan el modelamiento de fenómenos dinámicos en el tiempo a través de una máquina de soporte vectorial. Así también, E. Bautista – Thompson,, E. Guzmán – Ramírez y J. Figueroa – Nazuno utilizan una máquina de soporte vectorial para abordar un problema de predicción de series de tiempo de múltiples puntos con resultados positivos. De la misma manera en otro estudio, Arthur Gretton, Amaud Douce, RalfHerbrich, Peter J. W Rayner and Bernhard Scholkop describen las importantes ventajas teóricas y prácticas de la regresión de soporte vectorial en la identificación de sistemas de caja negra. La simplicidad de su implementación y su buen rendimiento respecto a la predicción de series temporales, hace de este método una alternativa atractiva frente a las técnicas estándar de identificación de sistemas. P. M. L. Drezet and R. F. Harrison mencionan que las propiedades inherentes de las máquinas de soporte vectorial cumplen la mayoría de los requisitos para la identificación de sistemas lineales y no lineales de propósito general. Además, (Schölkopf y Smola, 2001) mencionan que la estimación regularizada se ha utilizado ampliamente en aplicaciones relacionadas a la estadística y el aprendizaje automático. Pero en los últimos años, se ha explotado en la identificación y predicción de sistemas no lineales, recurriendo principalmente a núcleos gaussianos o polinomiales.

Por lo tanto, se presenta un escenario idóneo en el que los procesos de sintonización de controladores usando algoritmos genéticos podrían utlizar modelos de machine learning que ofrezcan muchas más prestaciones y capacidades al momento de identificar una planta de control simple o compleja.

CHIA-JU WU propone el uso de una red neuronal para tomar el lugar de la planta de control en el procedimiento de ajuste de su controlador PID usando algoritmos genéticos. De esta manera, fuera de línea, las ganancias PID se determinan y posteriormente se aplican a la planta para el control en línea. Luego, se realiza un nuevo ajuste en línea de los parámetros PID aplicando algoritmos genéticos. Mostrando resultados alentadores pero señalando la necesidad de posteriores esfuerzos en el desarrollo de estos conceptos.

Mohd S. Saad, Hishamuddin Jamaluddin e Intan Z. M. Darus (2012) presentan la implementación de un sintonizador de controlador PID usando técnicas de algoritmos genéticos y evolución diferencial, cuyo desempeño es evaluado usando los criterios de la integral del error absoluto y el error cuadrático medio. Además, comparan el desempeño del controlador PID sintonizado, frente al obtenido mediante el método de Ziegler-Nichols, obteniendo resultados positivos.

Christoph Hametner, Christian H. Mayr, Martin Kozek and Stefan Jakubek presentan un método para diseñar controladores PID usando redes neuronales modulares LMN y algoritmos evolutivos, aunque indicando la limitación que supone el cálculo computacional de la computadora utilizada.

Simon Hissem, Mamadou Lamine Doumbia, Mohamed Keddar presentan un nuevo método de sistema de caja negra para aproximar sistemas de alto órden y diseñar controladores, sin necesidad del uso de funciones de transferencia, y el diseño se basa únicamente en elementos ponderados que caracterizan la respuesta de salida de estos sistemas. Desarrollaron y aplicaron un controlador PI al sistema real. Se investigó el rendimiento de este nuevo enfoque mediante el criterio del la integral del error cuadrático (ISE) y el método de aproximación de Pade, mostrando resultados positivos.

S. Strmcnik, M. Sega, J. PetrovCic y P. Tramte presentan, en relación con métodos de simulación y optimización, el uso parcial de un modelo de caja negra, demostrando ser una herramienta eficiente para el control, incluso, de algunos sistemas no lineales. Sin embargo, señalan que para el uso exitoso de esta herramienta se requiere al menos una comprensión cualitativa del sistema en consideración.

Michel Fliess, Cédric Join, Hebertt Sira-Ramire muestran un enfoque de control predictivo basado en modelos de caja negra, indicando su potencial uso en plantas industriales donde es difícil lograr una identificación paramétrica y que aún se debe seguir investigando para hacer que los controladores universales sea más precisos.

**Problema:**

¿Cómo mejorar las prestaciones de los métodos tradicionales de identificación de sistemas, en procesos de sintonización de controladores PID basados en algoritmos genéticos?

**Objetivo general:**

Usar algortimos genéticos para sintonizar un controlador PID de una planta de control, a través de su abstracción en un modelo de machine learning entrenado con datos temporales.

**Hipótesis:**

Es posible abstraer un sistema dinámico en un modelo de machine learning entrenado con datos temporales, que pueda ser usado por algoritmos genéticos para sintonizar un controlador PID de una planta de control.