



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista



"1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA"

Reconquista, 18 MAY 2023

VISTO la solicitud presentada por el Ing. Martín Alarcón y el Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), y

CONSIDERANDO,

Que el solicitante, Ing. Martín Alarcón, es docente investigador Categoría D de nuestra casa de estudios, con trayectoria en docencia y transferencia al medio.

Que ha presentado un proyecto de investigación PID-UTN titulado *Aprendizaje Maquinal en Estrategias de Control Óptimo*.

Que la Universidad Tecnológica Nacional inscribió en su Estatuto la investigación como uno de sus pilares y el acompañamiento institucional a sus docentes investigadores para que desarrollen tan importante tarea.

Que se cuenta con el aval de la Comisión de Enseñanza, Interpretación de Normas y Reglamentos.

Que el dictado de la medida se realiza de acuerdo con las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA
RESUELVE:

ARTÍCULO 1º: Avalar el proyecto de investigación titulado *Aprendizaje Maquinal en Estrategias de Control Óptimo*, que dirigirá el Ing. Martín Alarcón, con las características que se detallan en el Anexo que acompaña a la presente.

ARTÍCULO 2º: Regístrese, comuníquese y archívese.

RESOLUCIÓN Nº 062/2023


Ing. BRIAN MOSCHEN
DECANO

Ing. FRANCO CABAS
Secretario Académico



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista



"1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA"

ANEXO

Resolución del CD N° **062/2023**

TÍTULO DEL PROYECTO: Aprendizaje Maquinal en Estrategias de Control Óptimo.

DIRECTOR: Ing. Martín Alarcón

TIPO DE PROYECTO: PID en Consolidación.

UNIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: Grupo de Investigación en Programación Electrónica y Control – Facultad Regional Reconquista

RESUMEN TÉCNICO DEL PID:

Es sabido de los importantes avances alcanzados por las técnicas relacionadas con el aprendizaje maquinal (Machine Learning) en las diferentes ramas de la ciencia aplicada, principalmente por las grandes virtudes que posee estos enfoques para resolver problemas complejos a un bajo costo, donde el diseño e implementación de los lazos de control óptimo sobre procesos reales no es la excepción. El control predictivo basado en modelos (MPC), es una de las técnicas de control avanzado con mayor aceptación a nivel industrial. Esta permite resolver y aplicar a procesos reales la teoría del problema de control óptimo, por lo que las acciones de control son elegidas con la premisa de optimizar un cierto criterio establecido y al mismo tiempo cumplir con restricciones impuestas sobre las variables que define la dinámica del sistema controlado. No obstante, aun para ciertos sistemas de interés, asociados con sus rápidas dinámicas, por su compleja concepción o por la naturaleza de las variables que la afectan (estocásticas), resulta en una propuesta de control muy demandante desde el punto de vista del costo computacional requerido, lo que imposibilita el poder implementarla de forma eficiente sobre sistemas reales. Esta dificultad tiene su origen en que una estrategia de MPC, resuelve un problema de optimización matemático en cada instante de muestreo establecido, en el cual se utiliza un modelo dinámico del sistema a controlar y se imponen restricciones sobre las variables. El objetivo principal de este proyecto será el de obtener las salidas generadas por la solución de este problema matemático (acciones de control óptimas) a través de propuestas del aprendizaje maquinal, como ser el aprendizaje por refuerzo y profundo, las redes neuronales recurrentes, así como también los árboles de decisión. Como primer paso para lograr el objetivo, se realizarán propuestas con este nuevo enfoque para las estrategias de control de MPC ya formuladas por los miembros de este proyecto, las cuales están referidas al control de microrredes eléctricas bajo criterios económicos, que se corresponden con una arista muy importante para alcanzar la transición energética (cambio de paradigma para la confección de la redes eléctricas, hacia una red formada por distritos energéticos con capacidad de control, y disponer como fuente principal para la generación de



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista



“1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

electricidad a los recursos renovables) que se necesita que ocurra lo antes posible. Contar con estas formulaciones ya desarrolladas y publicadas, nos servirán para generar los datos requeridos para implementar la línea de aprendizaje maquina seleccionada para esta nueva formulación del controlador, la cual es una característica crucial el poder disponer de datos representativos para obtener resultados aceptables en el cumplimiento de los objetivos. Por último, más allá de que las primeras formulaciones se realizarán sobre los controladores indicados que actúan como el sistema de gestión de la energía (EMS) en las microrredes, la idea es extender a otros sistemas industriales de interés, como el control de líneas de procesos específicos y la gestión de potencia en vehículos eléctricos.

PROGRAMA: Análisis de Señales, Modelados y Simulación

PROYECTO:

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS EN CONSOLIDACIÓN CON INCENTIVOS

Campos de aplicación: Investigación Básica

Rubro: Energía (Producción) – **Descripción Actividad:** Sistema de transmisión, distribución, transformación

Rubro: Industrial (Producción y tecnología) - **Descripción Actividad:** Equipos e instrumentos científicos de medición y control

Rubro: Promoción General del Conocimiento - **Descripción Actividad:** Ciencias de la ingeniería y arquitectura.

Disciplinas científicas:

Rubro: Ingeniería en Comunicación Electrónica y Control. – **Disciplina Científica:** Control

Rubro: Ingeniería Eléctrica – **Disciplina Científica:** Automatización y Control.

Rubro: Ciencias de la Computación e Informática – **Disciplina Científica:** Inteligencia Artificial

Rubro: Ciencias de la Computación e Informática – Control de procesos.

Rubro: Ciencias de la Computación e Informática – Estructuras de datos y Algoritmos

PALABRAS CLAVE:

Aprendizaje profundo y por refuerzo, Redes neuronales recurrentes, Control predictivo basado en modelos.

FECHAS DE REALIZACIÓN:

Inicio: 01/04/2024

Finalización: 31/03/2027

Duración: 36 meses

“75° Aniversario de la creación de la Universidad Obrera Nacional”



PERSONAL CIENTÍFICO TECNOLÓGICO QUE PARTICIPA EN EL PID:

ALARCÓN, MARTÍN ALEJANDRO	DIRECTOR	10 HS
ALARCÓN, RODRIGO GERMÁN	CO-DIRECTOR	10 HS
TALIJANCIC, IVÁN	INV. DE APOYO	5 HS
FRANZOI, SANTIAGO ANDRÉS	BECARIO BINID	5 HS
VITI, JAVIER OSCAR	BECARIO ALUMNOS FRRQ	5 HS

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos de la investigación son los siguientes:

1. **Entrenamiento de modelos predictivos mediante técnicas de aprendizaje maquina.** A partir de datos obtenidos, se buscará obtener el modelo del sistema. Con el algoritmo de aprendizaje se buscará encontrar patrones en los datos de entrenamiento que asignan los atributos de los datos de entrada al destino (la respuesta que desea predecir) y genera un modelo de aprendizaje maquina que captura dichos patrones.
2. **Simular el comportamiento de modelos predictivos.** Se realizarán simulaciones en ambiente Matlab/Simulink. Para ello, habrá que programar el modelo obtenido en el punto anterior en el lenguaje apropiado, y se diseñarán test de ensayo específico para estudiar el comportamiento dinámico del sistema.
3. **Diseñar algoritmos de MPC económicos basados en aprendizaje maquina.** El cálculo de la ley de control requiere la solución de un problema de optimización en línea. La naturaleza compleja de ciertos sistemas y su escala de tiempo hacen que la implementación de MPC sea una tarea desafiante. Se estudiarán algoritmos de optimización especializados adaptados a este problema para implementarse en sistemas integrados.
4. **Estudiar técnicas de aproximación eficiente de leyes MPC económico mediante técnicas de aprendizaje maquina.** Se comenzará, como es de rigor en estos casos, por una exhaustiva revisión bibliográfica, tanto en lo referente al control predictivo económico, como en las técnicas existentes en la literatura de aproximaciones de la ley de control del MPC convencional.
5. **Capacitar y formar recursos humanos en el manejo de software adecuados para el modelado, simulación y en el manejo y aplicación de estrategias de control avanzado combinadas con técnica de aprendizaje maquina.** En el marco de este



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista



"1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA"

proyecto, la investigación realizada será parte del proyecto de tesis de doctorado del Ing. Rodrigo Alarcón, becario de doctorado UTN.

CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Continuar y profundizar con el estudio de la técnica de control avanzado como lo es el MPC. Cada día se encuentran un mayor número de aplicaciones industriales para esta técnica de control, donde sus características optimizantes la convierten en un enfoque muy atractivo donde se requiera alcanzar los objetivos establecidos con el menor costo posible.

Investigar para utilizar el aprendizaje maquina para poder relajar la memoria de cálculo necesaria para el resolver problema de optimización involucrado, le abre una mayor cantidad de opciones para la implementación de esta técnica a sistemas complejos (por ejemplo, con una dinámica rápida o grandes sistemas).

También el estudiar las herramientas que se refieren a la inteligencia artificial, es de suma importancia para ir incentivando y formando al recurso humano de la facultad (investigadores, docentes, alumnos), en técnicas de aprendizaje moderno basado en análisis de datos.

Todos los resultados obtenidos, serán documentados a través de publicaciones en congresos nacionales e internacionales, y por medio de publicaciones en revistas científicas con nivel internacional.

Contribuciones a la formación de recursos humanos

Se continúa con la formación de recursos en técnicas de control avanzado no convencionales, las cuales representan una novedad para ser aplicada en las diferentes ramas de la industria. Estos temas también representan a la arista principal para los temas abordados por del grupo de investigación de esta facultad (GIPEC).

Investigar el control predictivo y el aprendizaje maquina, crea las bases y nos permite dar fomento para nuevos temas de futuros proyecto finales de alumnos de la carrera de grado de esta facultad, generando nuevas posibilidades y opciones.

La idea de investigación que se abarcara en este proyecto, es una natural continuación del tema de la tesis de doctorado del director del mismo: "Control predictivo como sistema de gestión de la energía", y además, tiene como eje principalmente el tema de investigación del docente Rodrigo Alarcón (integrante de este proyecto) para sus tesis de la carrera de doctorado (Doctorado en Ingeniería Matemática) que está realizando en la Universidad Nacional de Litoral – Facultad de Ingeniería Química, cuyo título para su propuesta de tesis es: "Técnicas de control predictivo basado en Deep Learning"