



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE UN CONTROL PID Y FUZZY
APLICADO A UN PROCESO VIRTUAL DE NIVEL**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

Autores:

Guaman Maya Franklin Santiago

Mora Jorge Luis

Tutor:

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez

M.Sc.

Latacunga – Ecuador

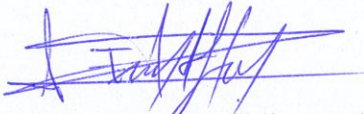
2024

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros: Guaman Maya Franklin Santiago, con cédula de ciudadanía No. 1724704489 y Mora Jorge Luis, con cédula de ciudadanía No. 0504471657 declaramos ser autores de la presente **PROPUESTA TECNOLÓGICA: “ESTUDIO COMPARATIVO DE UN CONTROL PID Y FUZZY APLICADO A UN PROCESO VIRTUAL DE NIVEL”**, siendo el Ing. Luigi Orlando Freire Martinez Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de agosto del 2024



Guaman Maya Franklin Santiago

CI: 1724704489



Mora Jorge Luis

CI: 0504471657

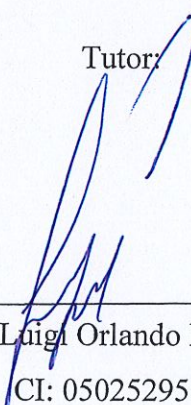
AVAL DEL TUTOR

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE UN CONTROL PID Y FUZZY APLICADO A UN PROCESO VIRTUAL DE NIVEL”, con los postulantes: Guamán Maya Franklin Santiago y Mora Jorge Luis estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considerando que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a evaluaciones del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondientes estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2024

Tutor:



Ing. M. Sc. Luigi Orlando Freire Martínez

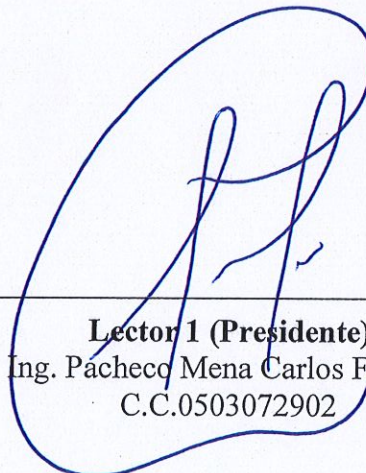
CI: 0502529589

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

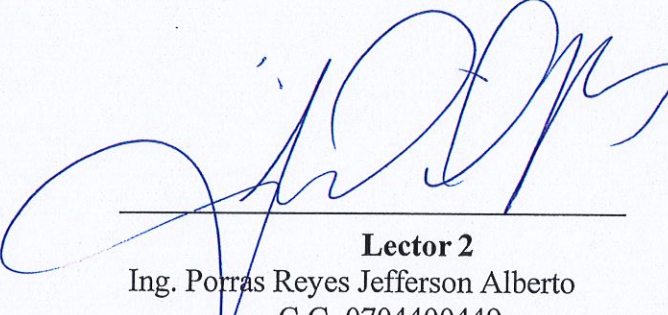
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe Tecnológico de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Guamán Maya Franklin Santiago y Mora Jorge Luis, con el Título de Proyecto de Titulación: “**ESTUDIO COMPARATIVO DE UN CONTROL PID Y FUZZY APLICADO A UN PROCESO VIRTUAL DE NIVEL**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

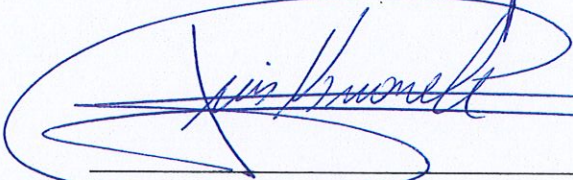
Latacunga, agosto del 2024



Lector 1 (Presidente)
Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco
C.C.0503072902



Lector 2
Ing. Porras Reyes Jefferson Alberto
C.C. 0704400449



Lector 3
Ing. Navarrete López Luis Miguel
C.C.1803747284

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, a mi Madre Esther Mora ya que con esfuerzo y sacrificio me ayudo a sobresalir en mi carrera universitaria, y a mi familia que ha sido el pilar fundamental para llegar a cumplir este gran sueño.

A mis profesores por haberme mostrado lo linda e importante que es mi carrera y por haberme enseñado siempre el camino del esfuerzo y los buenos valores.

Gracias a todos los que de una u otra manera me ayudaron día a día a crecer como persona y como un futuro Ingeniero Electromecánico.

Jorge Luis Mora

AGRADECIMIENTO

Primero quiero expresar mi agradecimiento hacia dios quien me ha bendecido con la salud y la vida, que fue lo primero que necesite para hacer posible concretar un sueño que en algún momento parecía imposible.

Seguido de esto quiero expresar mi agradecimiento hacia mis padres quienes fueron los pilares fundamentales de este logro, con su sabiduría, el apoyo que me dieron desde el principio en mi carrera y todos sus consejos que me llevaron por el buen camino

Por último, agradecer a todos mis amigos y aquellas personas que me apoyaron y me ayudaron, por todas las experiencias vividas que me formaron en la persona que soy, así como la Universidad Técnica de Cotopaxi por los conocimientos impartidos.

Franklin Guaman

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a mi madre, por todo su amor, trabajo en todos estos años, por su educación, consejos, paciencia, por su confianza he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Para mi familia y amigos que me han conocido durante mi carrera universitaria, con su apoyo, aliento y confianza, han realizado sus propios esfuerzos para lograr mis metas académicas.

Jorge Luis Mora

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes con todo el esfuerzo del mundo me pudieron apoyar a conseguir este título, por la forma en que me educaron, la paciencia, los consejos y la buena crianza.

Para mi familia y amigos que me conocieron me aconsejaron y fueron personas sinceras.

Franklin Guaman

INDICE GENERAL

<u>DECLARACIÓN DE AUDITORÍA</u>	ii
<u>AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN</u>	iii
<u>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN</u>	iv
<u>AGRADECIMIENTO</u>	vi
<u>AGRADECIMIENTO</u>	vi
<u>DEDICATORIA</u>	vii
<u>DEDICATORIA</u>	viii
<u>ÍNDICE GENERAL</u>	ix
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	xii
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	xiv
<u>ÍNDICE DE ANEXOS</u>	xv
<u>RESUMEN</u>	xvi
<u>ABSTRACT</u>	xvii

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCION	2
2.1 Situación Problemática	2
2.2 Formulación del problema.....	2
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCION	3
2.3.1 Objeto de Investigación	3
2.3.2 Campo de Acción	3
2.4 BENEFICIARIOS	3
2.4.1 Directo	3
2.4.2 Indirecto.....	3
2.5 JUSTIFICACION.....	4
2.6 OBJETIVOS	4
2.6.1 General.....	4
2.6.2 Específicos.....	4
2.6.3 SISTEMA DE TAREAS.....	5
3. FUNDAMENTACION TEORICA	6
3.1 Control de procesos	7
3.1.1 Definición y objetivos del control de procesos	7
3.1.2 Tipos de controladores.....	8

3.1.3 Estrategias de control	8
3.1.4 Tipos de sistema según su respuesta.....	10
3.1.5 Función de transferencia.....	11
3.2 Control PID (Proporcional-Integral-Derivativo).....	11
3.2.1 Principios Básicos del control PID.....	11
3.2.2 Ecuaciones y algoritmo de control PID.....	12
3.2.3 Aplicaciones y limitaciones	13
3.3 Control difuso (Fuzzy).....	14
3.3.1 Teoría de conjuntos difusos	14
3.3.2 Sistema de inferencia difuso.....	15
3.3.3 Mecanismos de inferencia.	17
3.3.4 Aplicaciones, Limitaciones y Consideraciones.	19
3.4 Proceso Virtual de Nivel.....	20
3.4.1 Descripción del proceso	20
3.4.2 Variables y comportamiento	20
3.5 Modulo DAQ.....	21
3.5.1 Componentes del módulo DAQ	21
3.6 Comunicación OPC (Ole for Process Control).....	21
4. METODOS Y PROCEDIMIENTO	22
4.1 Métodos Utilizados.....	22
4.2 Declaración de Variables	22
4.2.1 Operaciones de las variables.....	22
4.3 Adquisición de datos y obtención del modelo matemático	23
4.3.1 Rango de funcionamiento y configuración de la planta	24
4.3.2 Adquisición de Datos.....	26
4.3.3 Sistema de Adquisición de Datos	27
4.3.4 Procesamiento de Datos.....	27
4.3.5 Estimación de modelos.....	28
4.3.6 Validación de modelos.....	29
4.4 Desarrollo de controladores.....	30
4.4.1 Estructura de comunicación	30
4.4.2 Configuración de entradas y salidas analógicas en PLC	31
4.4.3 Configuración OPC en KEEPSEVEREX.....	32
4.4.4 OPC en Simulink.....	33
4.4.5 Desarrollo del control PID.....	34

4.4.6 Desarrollo del control Fuzzy	37
5. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	40
5.1 Simulación de Controladores	40
5.1.1 Simulación del control PID	41
5.1.2 Simulación del control Fuzzy	42
5.1.3 Análisis comparativo entre PID y Fuzzy	43
5.2 Resumen de análisis comparativo	50
6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS	51
6.1 Presupuesto	51
6.2 Analisis de Impactos	52
6.2.1 Impacto practico	52
6.2.2 Impacto tecnológico	52
6.2.3 Impacto epistemológico.....	53
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
7.1 Conclusiones.....	53
7.2 Recomendaciones.....	54
8. REFERENCIAS	55
ANEXOS	1

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Representación esquemática de un sistema.....	8
Figura 3.2 Sistema de control de Lazo abierto	9
Figura 3.3 Sistema de control de lazo cerrado	9
Figura 3.4 Lazo de un control difuso.....	15
Figura 3.5 Estructura interna de un control Fuzzy	15
Figura 3.6 Ejemplo de reglas difusas de un sistema Mandami con dos variables de entrada.	18
Figura 3.7 Ejemplo de reglas difusas para una arquitectura con dos variables de entrada	18
Figura 3.8 Significado del error y la variación del error.	18
Figura 3.9 Ejemplo de reglas difusas para una arquitectura TSK	19
Figura 3.10 Entorno grafico.....	20
Figura 4.1 Etapas para diseño de modelos de control	23
Figura 4.2 Toma de datos de la entrada y salida diagrama en Simulink.	24
Figura 4.3 Grafica del comportamiento del entorno dentro del software Simulink del sistema integrante.	24
Figura 4.4 Altura del tanque dentro del entorno virtual.	25
Figura 4.5 estimación de tiempo de llenado de un metro cubico dentro del entorno virtual.....	25
Figura 4.6 Sistema de control de variables del control del DAQ.....	26
Figura 4.7 Modelamiento de la función de transferencia del sistema en la función de SystemIdentification.....	28
Figura 4.8 Valores de la función de transferencia.	29
Figura 4.9 Modelos de función de transferencia.	30
Figura 4.10 Estructura de comunicación entre la planta real y el software de diseño....	31
Figura 4.11 Normalización y escalamiento de la señal de entrada PV del PLC.	31
Figura 4.12 Normalización y Escalamiento de la señal de entrada analógica SP del PLC	32
Figura 4.13 Normalización y Escalamiento de la señal de salida analógica del PLC	32
Figura 4.14 Configuración de acceso PUT/GET.....	32
Figura 4.15 Canal de comunicación con el PLC, sin conectar.	33
Figura 4.16 OPC Toolbox.....	34
Figura 4.17 Modelo PID de un proceso integrante.....	34
Figura 4.18 Función de transferencia estimado.....	35

Figura 4.19 Modelo con valores constantes obtenidos.....	36
Figura 4.20 Estructura para la implementación de un controlador PID utilizando comunicación OPC.....	37
Figura 4.21 Estructura para la implementación de un controlador Fuzzy utilizando comunicación OPC.....	38
Figura 4.22 Variables lingüísticas de la variable de entrada del error.	38
Figura 4.23 Variables lingüísticas de la variable de salida.	39
Figura 4.24 Variables lingüísticas de la variable de entrada de la derivada del error.....	39
Figura 4.25 Variables lingüísticas de la variable de salida de la derivada del error.	39
Figura 4.26 Configuración de las reglas de los dos Fuzzy.	40
Figura 5.1 Comportamiento del control PID para un proceso virtual de nivel	41
Figura 5.2 Comportamiento de control Fuzzy para un proceso virtual de nivel	42
Figura 5.3 Parámetros de sintonía del control Fuzzy	43
Figura 5.4 (a)Respuesta de PV, SP y CV PID y respuesta (b) Fuzzy en las mismas condiciones	44
Figura 5.5 (a)respuesta de sobre impulso PID y (b) Respuesta sobre impulso Fuzzy ...	45
Figura 5.6 (a)Tiempo de retardo de un control PID y (b) un control Fuzzy.....	46
Figura 5.7 Comportamiento de un cambio de SP con el sistema de control PID.....	46
Figura 5.8 Comportamiento de bajada en SP con el sistema de control Fuzzy.....	47
Figura 5.9 Comportamiento del control PID con una perturbación de 20%.	48
Figura 5.10 Comportamiento del control Fuzzy con una perturbación de 20%.....	48
Figura 5.11 Aumento de perturbaciones de 10 en 10 con el control PID.....	49
Figura 5.12 Aumento de perturbaciones de 10 en 10 con el control Fuzzy	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1].....	1
Tabla 2.	Aspectos específicos que se tienen que tomar en cuenta para la propuesta tecnológica.....	3
Tabla 3.	Sistema de tareas con todas las actividades a realizar en el proyecto.	5
Tabla 4.	tipo de procesos y función de transferencia[10].....	11
Tabla 5.	Variable Independiente.....	22
Tabla 6.	Variable Independiente.....	22
Tabla 7.	Métodos, técnicas e instrumentos.....	23
Tabla 8.	Métodos de sintonización para un controlador PID de un proceso integrante.[9].....	34
Tabla 9.	Tabla. Parámetros de sintonía de un control PID	42
Tabla 10.	Resumen de análisis comparativo entre un control Fuzzy.....	50
Tabla 11.	Resumen de análisis comparativo entre un control PID.....	50
Tabla 12.	Análisis Económico.....	51
Tabla 13.	Materiales, cantidades y costos.	51
Tabla 14.	Formulas para el calculo de costos de amateriales y mano de obra.	51
Tabla 15.	Porcentajes Relativos.....	52
Tabla 16.	Costos Indirectos	52
Tabla 17.	Porcentaje	52
Tabla 18.	Costo total de fabricación	52

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 PID

ANEXO 2 FUZZY

ANEXO 3 Tia Portal

ANEXO 4 KEPServerEx

ANEXO 5 Modulo DAQ

ANEXO 6 PLANO MODULO AUDIOVISUAL

ANEXO 7 PRESUPUESTO MODULO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “ESTUDIO COMPARATIVO DE UN CONTROL PREDICTIVO Y PID APLICADO A UN PROCESO DIDÁCTICO DE CAUDAL”

Autores: Guamán Maya Franklin Santiago
Mora Jorge Luis

RESUMEN

En la Universidad Técnica de Cotopaxi en la facultad de CIYA en la carrera de Ingeniería Electromecánica sede matriz nace la necesidad de un estudio comparativo entre un control un PID y FUZZY utilizando un proceso virtual de nivel, a través del uso de diferentes aplicaciones de control (PLC S7-1200, MATLAB, TIA PORTAL, DAQ, KEPServerEX) los mismos que brindan las facilidades para realizar la evaluación de los parámetros de desempeño bajo las mismas condiciones, logrando diferenciar las variaciones de cada sistema así como la eficacia, intercomunicación, rendimiento, tiempo y estabilización a través de estos medios con el objetivo de lograr diferenciar mediante los diagramas de control y establecer cual diagrama de control se adapta de mejor forma a nuestras condiciones.

Creadas las condiciones para su implementación mediante Simulink, esta etapa del proceso demanda mayor esfuerzo para encontrar el punto de sintonía adecuado que brinde rapidez y estabilidad al sistema, todo el proceso de comunicación se realiza por OPC utilizando el servidor KEPServerEX, la programación para nuestro PLC se efectúa en Tia Portal basada en programación en bloques consecuente observamos el comportamiento de cada uno de los controladores para posteriormente ser implementados, posterior se obtuvo la función de transferencia desde nuestro módulo DAQ para la evaluación de parámetros la metodología utilizada es prueba y error misma que permite encontrar las carencias que sufren los sistemas posteriores a ser corregidos.

El desempeño para ambos controladores incluso en el rechazo a perturbaciones es muy parejo, en la estabilización PID muestra un mejor comportamiento, esto tomando en cuenta que se está evaluando y comparando su desempeño en el manejo de un sistema (SISO) con uno (MIMO), lo cual inclinaría la balanza hacia el control PID por ser más sencillo de implementar además de contar con un modelo matemático, sin embargo este objetivo de esta investigación es constituir una base para futuros trabajos donde se pueda evaluar desempeños en procesos multivariados.

Palabras clave: FUZZY, DAQ, PID, MIMO, SISO, MATLAB.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: “COMPARATIVE STUDY OF PREDICTIVE CONTROL AND PID
APPLIED TO A FLOW DIDACTIC PROCESS”**

Authors: Guamán Maya Franklin Santiago

Mora Jorge Luis

ABSTRACT

At the Technical University of Cotopaxi, CIYA faculty in the Electromechanical Engineering career, the need arises for a comparative study between a PID and FUZZY control using a virtual level process, through the use of different control applications (PLC S7-1200, MATLAB, TIA PORTAL, DAQ, KEPServerEX) the same ones that offer the facilities to carry out the evaluation of the performance parameters under the same conditions, managing to differentiate the variations of each system as well as the efficiency, intercommunication, performance, time and stabilization through these means with the objective of differentiate by means of the control diagrams and to establish which control diagram adapts in a better way to our conditions, however the objective of this research is to constitute a basis for future works where performance in multivariable processes can be evaluated.

Once the conditions have been created for its implementation through Simulink, this stage of the process requires more effort to find the appropriate tuning point that provides speed and stability to the system. The entire communication process is done by OPC using the KEPServerEX server, the programming for our PLC. It is done in Tia Portal based on block programming, consequently we observe the behavior of each of the controllers to later be implemented, then the transfer function was obtained from our DAQ module for the evaluation of parameters. The methodology used is trial and error, the same as it allows you to find the deficiencies suffered by the systems after being corrected.

The performance for both controllers, even in disturbance rejection, is very even; in PID stabilization shows a better behavior, taking into account that its performance is being evaluated and compared in the management of a system (SISO) with one (MIMO), which would tip the balance towards PID control for being easier to implement; in addition to have a mathematical model.

Keywords: FUZZY, PID, MIMO, SISO, MATLAB

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Estudio comparativo de un control PID y FUZZY aplicado a un proceso virtual de nivel.

Facultad: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera: Ingeniería Electromecánica.

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: No aplica.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Guamán Maya Franklin Santiago

Mora Jorge Luis

Docente tutor propuesto: Ing. Luigi Orlando Freire Martínez. M. Sc.

Área de Conocimiento:

Código correspondiente UNESCO. En la Tabla 1 se presenta un ejemplo del área 33 Ciencias Tecnológicas.

Tabla 1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1]

33 Ciencias Tecnológicas	3304 Tecnología de los Ordenadores	3304.12 Dispositivos de control
		3304.13 Dispositivos de transmisión de Datos
		3304.16 Diseño Lógico
	3310 Tecnología industrial	3310.03 Procesos industriales
		3310.05 Ingeniería de Procesos
	3311 Tecnología de la Instrumentación	3311.01 Tecnología de la Automatización
3311.02 Ingeniería de Control		

Línea de investigación:

Tecnologías de la información y comunicación (TICS)

Sublíneas de investigación:

Diseño construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistema electromecánicos.

Automatización, control protecciones de sistemas electromecánicos.

Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía.

2. INTRODUCCION

En la actualidad, el control de procesos es fundamental en diversas industrias, donde se busca optimizar la operación y garantizar la estabilidad de los sistemas. Entre los métodos de control más utilizados se encuentran los controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) y los sistemas de control Fuzzy. Este estudio se centra en la comparación de estos dos enfoques aplicados a un proceso virtual de control de nivel, permitiendo analizar su rendimiento y efectividad en distintas condiciones operativas.

El controlador PID, conocido por su simplicidad y eficacia, ha sido la opción preferida durante décadas. Sin embargo, su desempeño puede verse limitado en sistemas no lineales o en situaciones donde las dinámicas del proceso son complejas. Por otro lado, los controladores Fuzzy ofrecen una alternativa más flexible, capaz de manejar la incertidumbre y la no linealidad, basándose en reglas lingüísticas que imitan el razonamiento humano.

Este trabajo busca evaluar las ventajas y desventajas de cada enfoque, proporcionando un análisis cuantitativo y cualitativo que permita identificar cuál de los dos métodos se adapta mejor a un sistema de control de nivel específico. Para ello, se implementarán simulaciones en un entorno virtual, comparando parámetros como la respuesta al escalón, el tiempo de establecimiento, el sobre impulso y la estabilidad del sistema.

A través de esta investigación, se espera contribuir al entendimiento de la aplicabilidad de cada controlador, ofreciendo recomendaciones que puedan ser de utilidad para ingenieros y técnicos en la selección del sistema de control más adecuado para sus procesos.

2.1 Situación Problemática

Los sistemas de control de nivel son críticos en numerosas aplicaciones industriales, como en tanques de almacenamiento, procesos químicos y sistemas de tratamiento de agua. La regulación precisa del nivel del líquido es fundamental para prevenir desbordamientos o escasez, lo que puede acarrear problemas operativos y de seguridad. Sin embargo, los procesos de control de nivel pueden ser complejos y estar sujetos a perturbaciones externas, lo que plantea retos significativos para el diseño del controlador.

A pesar de la prevalencia del controlador PID, se han identificado limitaciones en su capacidad para adaptarse a dinámicas no lineales y a cambios en las condiciones del sistema. Por otro lado, aunque el control Fuzzy promete una mayor flexibilidad y robustez, su implementación puede ser más compleja y menos intuitiva para los ingenieros. Así, surge la necesidad de un estudio comparativo que permita determinar cuál de estos enfoques es más eficaz en el contexto específico de un sistema de control de nivel.

2.2 Formulación del problema

Ante la creciente necesidad de mejorar la eficiencia y la estabilidad en el control de procesos de nivel, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la efectividad relativa de los controladores PID y Fuzzy en la regulación de un proceso virtual de nivel, considerando parámetros como el tiempo de respuesta, el sobre impulso y la estabilidad del sistema?

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCION

2.3.1 Objeto de Investigación: Control de un proceso virtual de nivel mediante dos enfoques distintos: el controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) y el controlador Fuzzy.

2.3.2 Campo de Acción

Tabla 2. Aspectos específicos que se tienen que tomar en cuenta para la propuesta tecnológica.

3306 ingeniería y Tecnologías Eléctricas	
0611	Equipos de comunicación
0613	Análisis aplicativo
330609	Transmisión y Distribución

2.4 BENEFICIARIOS

De acuerdo con el proyecto de investigación titulado: “Estudio comparativo de un control PID y FUZZY aplicado a un proceso virtual de nivel.” los principales beneficiarios van a ser:

2.4.1 Directo

- Ingenieros de Control y automatización, ya que obtendrán más información practica para la selección y diseño de controladores adecuados para control de nivel.
- Estudiantes de ingeniería, ya que tendrán un recurso valioso para comprender y aplicar conceptos de control PID y Fuzzy en proyectos y prácticas.
- Profesionales de la industria, técnicos y operarios involucrados a la implementación de sistemas de control.

2.4.2 Indirecto

- Empresas Manufactureras, al adoptar prácticas mejoradas de control, así logrando aumentar su productividad y reducir el costo de los operarios.
- Instituciones Educativas ya que podrán implementar la investigación en sus programas académicos, mejorando la formación de profesionales.
- Clientes finales, ya que la mejora en los procesos industriales se traduce en productos de mejor calidad y servicios más eficientes, llegando así a beneficiar al consumidor final de cualquier industria.

2.5 JUSTIFICACION

El control de procesos es un área crítica en la ingeniería, especialmente en las industrias que requieren un manejo preciso de variable como lo es en el control de líquidos en tanques. La selección del método de control adecuado puede influir significativamente la eficiencia, estabilidad y seguridad de los procesos.

En la industria los sistemas de control son omnipresentes en sectores como la petroquímica, farmacéutica, alimentaria y de tratamientos de agua, optimizar estos procesos es esencial para reducir costos y mejorar la calidad del producto. A pesar del uso más común del control PID, sus limitaciones en sistemas no lineales o con dinámicas complejas son bien reconocidos, El control Fuzzy ofrece una alternativa prometedora, pero su aplicación práctica y comparación sistemática con PID son insuficientemente exploradas.

Este estudio servirá como un recurso educativo para estudiantes y profesionales, facilitando una mejor comprensión de las metodologías de control. Al proporcionar ejemplos prácticos y comparativos se fortalecerá la formación en ingeniería de control.

Identificar y analizar el rendimiento de los diferentes tipos de controladores en las mismas condiciones en este caso Fuzzy y PID puede guiar a las empresas hacia la mejora continua en sus sistemas de control, asegurando una mayor eficiencia operativa y adaptabilidad a cambios en el entorno.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Desarrollar un sistema de control basado en lenguaje PID y Fuzzy, para la evaluación de los parámetros de desempeño en las mismas condiciones.

2.6.2 Específicos

- Investigar sobre los sistemas de control y principios de funcionamiento por el sistema de control Fuzzy y control PID.
- Diseñar los sistemas de control enfocado al caso de estudio de nivel y control en tiempo real.
- Implementar el diseño elaborado, instalando el sistema de comunicación y transmisión de datos en tiempo real del sistema de nivel.
- Comprobar la eficacia y el rendimiento de los sistemas implementados mediante la evaluación de su calidad.

2.6.3 SISTEMA DE TAREAS

Se tiene que tener en cuenta las actividades que se deben de realizar en todo el transcurso del proyecto es así que se redactan a detalle las actividades en la tabla 4 con todos los puntos específicos que se deben de tener en cuenta.

Tabla 3. Sistema de tareas con todas las actividades a realizar en el proyecto.

Objetivos específicos	Actividad	Resultados esperados	Técnicas, medios e Instrumentos.
Investigar sobre los sistemas de control y principios de funcionamiento por el sistema de control Fuzzy y control PID.	Aplicación de una programación lógica basada en lenguajes PIF y FUZZY	Lista de los diferentes medios por los cuales se puede transmitir los datos.	Registro de bibliotecas virtuales dentro del mercado por medio de la red.
	Comparación de los resultados determinando las más eficientes para el sistema que se va a implementar.	Informe de la aplicación específica que se va a utilizar para la comunicación.	Determinación específicamente el sistema que se va a utilizar.
Diseñar los sistemas de control enfocado al caso de estudio de nivel y control en tiempo real.	Elaboración de un sistema de trabajo para vincular los diversos lenguajes.	Determinación de forma clara los puntos críticos del sistema de transmisión de datos.	Inspección en la zona que están instalados los equipos necesarios.
	Verificación de la eficiencia al momento de realizar el control en tiempo real.	Buena vinculación de todos los sistemas que vamos a realizar.	Implementación de un control en tiempo real con los sistemas y verificar y correcto funcionamiento.
Implementar el diseño elaborado, instalando el sistema de comunicación y transmisión de datos en tiempo real del sistema de nivel.	Verificación de los controladores en tiempo real se encuentren funcionando de mejor manera.	La correcta instalación de los medios de comunicación sin presentar ningún tipo de fallas.	Instalación de manera correcta todos los componentes de los programas necesarios.
	Determinación de todos los aspectos técnicos que se necesitan para que el	Realización de pruebas en puntos críticos que se puedan presentar a futuro.	Pruebas en diferentes tramos y determinar el correcto

	proyecto tenga un buen desempeño.		funcionamiento del sistema.
Comprobar la eficacia y el rendimiento del sistema implementado mediante la evaluación de su calidad.	Realización de pruebas en todos los lenguajes y determinar que funciona de manera correcta.	Verificación del lenguaje de comunicación se encuentre funcionando de manera adecuada.	Pruebas en el medio virtual y tiempo real el cual va a ser el encargado de la transmisión de datos.
	Entrega el sistema con las respectivas correcciones.	Comprobación de manera adecuada todo y verificar que no exista ningún tipo de error.	Verificación en un tiempo determinado para visualizar el correcto funcionamiento.

3. FUNDAMENTACION TEORICA

A partir de la creación del sistema difuso o sistema Fuzzy en los años sesenta se ha ido implementando en todo el mundo, este ha tenido muchos avances desde sus inicios en el campo de la ingeniería, la lógica difusa consiste en utilizar expresiones que no son completamente ciertas ni falsas sino que se enfoque en crear un tipo de variables lingüísticas, por otro lado, el control PID ha sido un sistema de control ampliamente utilizado debido a su simplicidad en muchos sistemas industriales sin embargo su rendimiento puede ser precario en sistemas no lineales o con incertidumbre.

Existen innumerables investigaciones que se han basado en la comparación entre los controladores difusos y PID, es así que en investigaciones como la de José Jorge Penco y Mario Roberto Modesti en el año 2018 titulado, “Control difuso versus PID para un sistema de bola y plataforma” demuestran el desempeño de ambos controles, al evaluar el proyecto de bola y plataforma en ambos controles se pudo observar como el control difuso es mejor al momento de eliminar los errores o perturbaciones que se puedan dar, lo cual nos demostró que el empleo de técnicas difusas resulta ventajoso en control de plantas o procesos.[2]

Por otra parte Julio Gómez, Aldo García, Oscar Duque, Jorge Diaz en su investigación “Diseño de una estrategia de control difuso vs PID en sistemas multivariabes lineales acoplados” tras la implementación de los controladores y al realizar las pruebas de control en los diferentes parámetros demuestra varias ventajas y desventajas en el modelo del control Fuzzy, al demostrar menos perturbaciones, pero al ser un sistema de control que no consta con reglas específicas podemos optar por el control PID, está ya depende a la simplicidad y estabilidad que se lo logre sincronizar.[3]

Finalmente un estudio comparativo es el realizado por Alexis Avalos y Christian Pereyra en su trabajo de titulación “Análisis comparativo en el tiempo de establecimiento de un control clásico PID y un Control Difuso para el proceso de Control de Nivel” obteniendo una respuesta mucho mejor con el lenguaje difuso, utilizando el método estadístico, además de la recolección de datos en donde se observa que el mejor tiempo de establecimiento se da en un control difuso con perturbaciones medias, sin embargo hay que tener en cuenta todas las variables que se utilicen en el proceso.[4]

3.1 Control de procesos

Denominamos control de procesos a un grupo de técnicas y metodologías, eficaces al momento de realizar una operación, son utilizadas para mantener regular y optimizar el funcionamiento de sistemas dinámicos y variables en el tiempo, el control de procesos es esencial en una amplia gama de industrias, desde la industria manufacturera, farmacéutica, petroleras, químicas hasta las plantas de alimentos.

3.1.1 Definición y objetivos del control de procesos

Denominados control de procesos al modelo matemático o regla que mantiene una variable dentro de un rango predefinido para asegurar el buen rendimiento del proceso, para ello debemos de tener en cuenta algunos conceptos básicos.[5]

Nos referimos a variable de proceso (PV) a aquella propiedad que es necesario controlar en cualquier sistema industrial, por ejemplo, la presión, temperatura o nivel de un líquido.

El Setpoint (SP) es el valor objetivo al que deseamos llegar para la variable de proceso, es el punto al cual deseamos mantener la variable controlada.

Nos referimos a variable de control (CV) a la señal de control que nos permite ajustar el PV hasta el SP, es aquella que ajusta las condiciones del proceso y genera el control necesario

Los procesos industriales son afectados por muchas razones que muchas veces no depende del operario sino cuestiones externas que se pueden presentar, en la mayoría ocasionando resultados no deseados, estas variaciones.[6]

El objetivo del control es mantener a las variables dentro de los rangos que se preestablecieron para optimizar al máximo en rendimiento del proceso.

Un principio fundamental que debemos de tener en cuenta es la realimentación el cual consta de información del estado actual del proceso para ajustar las variables manipuladas y corregir desviaciones de las variables, así también como la regulación de las variables para mantener los límites predefinidos para ajustar el proceso en tiempo real y por último se debe de tener un monitoreo constante de los parámetros críticos que vamos a utilizar en el proceso todo esto con el fin de evitar cualquier inconveniente como desviaciones o anomalías que pueden afectar la eficiencia de la producción.[7]

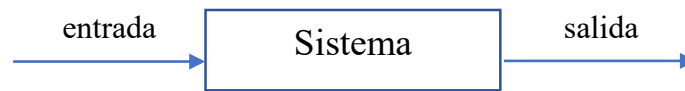


Figura 3.1 Representación esquemática de un sistema.

Denominamos realimentación a una secuencia cerrada entre las variables de un sistema, por ejemplo, en el caso de un sistema de control de nivel, el error va a ser la variable que vamos a realimentar en el sistema. Aquí es en donde podemos observar realimentación positiva cuando el nivel de agua es bajo del setpoint y una realimentación negativa cuando el nivel es superior al setpoint.

Por último el aspecto que debemos tener en cuenta son las perturbaciones, los cuales pueden afectar el valor de la salida de un sistema, estas siempre actúan sobre un sistema modificando el resultado esperado, es por ello que es necesario que el sistema de control se adapte a todo este tipo de circunstancias ya que las perturbaciones actúan de forma totalmente aleatoria.[8]

3.1.2 Tipos de controladores

- Controladores PID son uno de los métodos con mayor aplicación a nivel industrial, debido a la forma en que se realiza el control, a la simplicidad y eficacia.

Este tipo de control combina tres acciones: Proporcional, integral y derivativo, todo ello para mantener el proceso en el nivel que tenga preestablecido, este tipo de control es altamente configurable y adaptable para los diferentes procesos.

- Control Difuso (Fuzzy), este control utiliza la lógica difusa para mantener la imprecisión y la incertidumbre del proceso, esto quiere decir que opera con variables lingüísticas y con reglas lingüísticas que se tienen que programar, este tipo de control es utilizado para manejar variables con incertidumbre.
- Control Predictivo el cual utiliza modelos predictivos para anticipar futuros cambios y ajustar las variables de manera anticipada, estos modelos de control son principalmente para optimizar la señal de control, es útil en procesos donde se requiere una respuesta rápida y el control avanzado es necesario.

Existen diversos tipos de controladores aparte de estos, pero en esta investigación nos vamos a basar solo en tipo de control PID y Fuzzy.

3.1.3 Estrategias de control

3.1.3.1 Control en lazo abierto

Es una estrategia de control en donde la salida no se realimenta, lo cual no nos permite una corrección de valores, como se muestra en la figura 3.2.

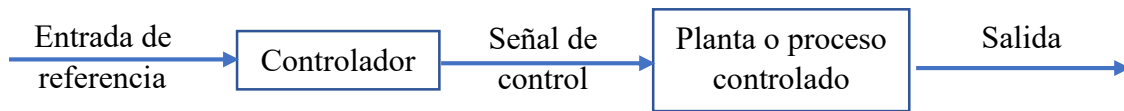


Figura 3.2 Sistema de control de Lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto, se divide en 2 partes, el controlador y la planta o proceso, la señal de entrada nos permita trabajar con una variable estable de salida. Podemos señalar de manera sencilla a un sistema de control en lazo abierto en un caso simple, sin embargo, en sistemas mas complejos podemos utilizar este tipo de sistema haciéndolo un amplificador, esto debido a las características que posee, es así que la exactitud depende de la calibración.

Otro aspecto a tomar en cuenta del control de lazo abierto es su comportamiento frente a las perturbaciones el cual es muy insensible, lo que significa que este tipo de sistema de control es útil siempre y cuando se verifique que no existen perturbaciones actuando sobre el mismo, en la práctica solo se puede utilizar si la relación entre la entrada y la salida es conocida.

Un ejemplo del sistema de control de lazo abierto es en las lavadoras, en las cuales tenemos una variable de entrada y de salida es el grado de limpieza, antes de lavar la ropa se configura los parámetros de limpieza, la lavadora automáticamente entrega la ropa en un nivel de limpieza sin comparar la variable de salida con la de entrada.

3.1.3.2 Control en lazo cerrado

El control de lazo cerrado se lo distingue por el proceso de retroalimentación del cual consta, esto nos ayuda a realizar un ajuste en las variables para poder obtener el resultado configurado en el setpoint, con el fin de disminuir el error y rectificar la salida, en otras palabras, como se muestra en la figura 3.3.

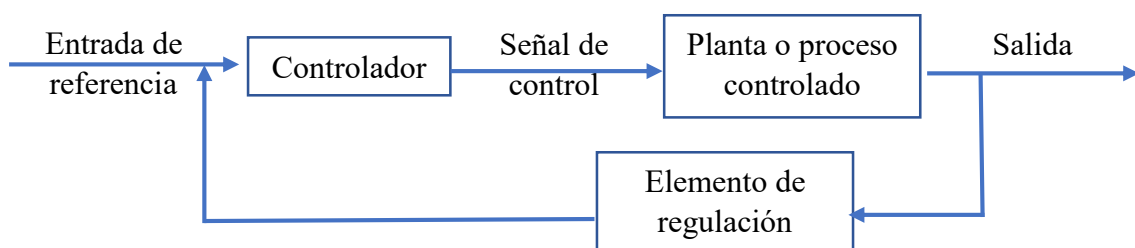


Figura 3.3 Sistema de control de lazo cerrado

El control de lazo cerrado consta de diferentes componentes, primero tenemos que tener el controlador, este va a ser el corazón del sistema ya que es el que va a recibir la señal de entrada, y la señal de realimentación y calcula la señal de control para mantener la

señal de salida cerca del set point, el proceso controlado es el sistema físico, ya sea un motor, horno, etc.

El elemento de regulación es aquel que se encarga de medir la variable de salida y convertirla en señal eléctrica o digital que pueda ser procesada por el controlador realimentando el sistema.

El funcionamiento del sistema de control de lazo cerrado empieza primero estableciendo el set point que puede ser temperatura, velocidad, nivel. La medición de la variable controlada, para ser comparada con el valor establecido y según esto generar la señal de control. El ciclo está en constante repetición en tiempo real, ya que siempre sigue actualizándose la configuración para mantener la estabilidad y precisión del sistema.

Un ejemplo en el sistema de control de lazo cerrado es en el alumbrado público en ya que este no puede ser configurado siempre a una misma hora ya que esto depende del clima y de la época del año, es así que el alumbrado público tiene un sistema de retroalimentación por fotoceldas que le hace enviar una señal de salida a la realimentación para ser procesado otra vez.

3.1.4 Tipos de sistema según su respuesta

Los sistemas se clasifican según su respuesta, sistemas autorregulados, sistemas integrantes y sistemas inestables. Se establecen respuestas para cada uno de estos tipos de sistemas. Esto se realiza con la información de la curva de reacción del proceso.

Sistema Autoregulado

Se caracteriza principalmente por la habilidad de estabilizarse en un valor máximo como por ejemplo en un sistema de control de temperatura de un cautín, en el cual va a existir un valor máximo de temperatura al que va a poder llegar. La principal característica de este sistema es que requieren de una acción integral para poder corregir el error y así poder eliminar cualquier tipo de perturbación.

Sistema Integrante

Se describen como procesos que principalmente están caracterizados por un tiempo muerto y un crecimiento sostenido de la variable de proceso, controlados por una acción integral. La respuesta de un proceso integrante contiene una ganancia integrante y un tiempo muerto.[9] Por ejemplo, en un sistema de nivel al establecer el flujo de la válvula de control en un punto, este sistema tiende a irse al infinito.

Sistema Inestable

O también llamados sistema runaway es aquel en el que la perturbación o una señal de entrada provoca que las salidas del sistema desvíen, nos referimos a un sistema que no mantiene un equilibrio y tiende a desviarse con el tiempo. Esta inestabilidad ocurre en varios contextos. Un ejemplo es el sistema de orientación de un avión el cual tiende a ser bien inestable.

3.1.5 Función de transferencia

Es necesario para saber el comportamiento de un sistema y obtención del modelo matemático, es utilizado para describir como un sistema responde a una señal de entrada.

Para poder identificar el modelo matemático en procesos industriales es necesario determinar el tipo de función que necesitamos en el sistema que se va a estudiar, los tipos de procesos que existen para estudiar el diseño de reguladores y controlar eficientemente los procesos.

Tabla 4. tipo de procesos y función de transferencia[10]

Procesos	Funciones de transferencias
Primer Orden	$G_p(S) = \frac{K}{\tau S + 1}$
Primer Orden más tiempo muerto	$G_p(S) = \frac{K}{\tau S + 1} e^{-t_m s}$
segundo orden con polos reales	$G_p = \frac{K}{(\tau_1 S + 1)(\tau_2 S + 1)}$
segundo orden más tiempo muerto con polos reales	$G_p = \frac{K}{(\tau_1 S + 1)(\tau_2 S + 1)} e^{-t_m s}$

Identificado el proceso y la función de transferencia es necesario considerar los modelos paramétricos y matemáticos de orden superior.

3.2 Control PID (Proporcional-Integral-Derivativo)

3.2.1 Principios Básicos del control PID

El control PID es un tipo de control sumamente utilizado en la industria con sistemas de control en lazo cerrado. La estructura de un control PID es simple ya que la suma de tres operaciones proporcional, integral y derivativo, aunque su simpleza es también su debilidad.[11]

Control Proporcional (P)

El control proporcional es aquel que ajusta la salida del control proporcionalmente al error actual, esta acción es crucial para reducir el error presente y ajustar la salida del sistema de manera directa y proporcional al error actual.

Control Integral(I)

Este control realiza la suma de los errores pasados en un periodo de tiempo y ajusta la salida del controlador en función de la suma acumulada, esta parte del control es

sumamente efectivo al momento de eliminar errores estacionarios que persisten aun después de realizar el control proporcional.

Control Derivativo(D)

El control derivativo es el que se encarga de considerar la tasa del error con respecto al tiempo y ajusta el tiempo para prever la tendencia futura del error. Modificando este control obtenemos una mejor respuesta para prevenir oscilaciones y estabilizar la salida ante cambios rápidos en el error.

El funcionamiento básico del control PID es el cálculo del error en tiempo real, este control calcula el error como la diferencia entre la variable de salida y el setpoint, dependiendo de los parámetros que se configuren en las constantes el sistema de control puede resultar en oscilaciones, respuestas más veloces o lentas, con sobre picos, etc. Para ello se deben ajustar las constantes adecuadamente para cada aplicación

Métodos comunes para ajustar los parámetros PID incluyen el método de Ziegler Nichols, el método de ajuste por ensayo y error, y métodos basados en modelos matemáticos del sistema.

3.2.2 Ecuaciones y algoritmo de control PID

Considerando los conceptos, vimos que el control PID es la unión de 3 operaciones Proporcional Integral y Derivativo.

La acción de control Proporcional es la que genera una salida al controlador que es proporcional al error, es decir

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (3.1)$$

Kp = Constante proporcional ajustable.

$e(t)$ = Error en función del tiempo.

$u(t)$ = Señal de control en el tiempo t

La acción de control Integral es la encargada de dar una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, logrando así poder estabilizar el sistema, su fórmula es:

$$u(t) = Ki \int_0^t e(t)dt \quad (3.2)$$

Ki = Constante integral ajustable.

Acción de control derivativo, es la parte del control PID que se encarga de prever futuros errores y estabilizar la salida del controlador, su fórmula es:

$$u(t) = Kd \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (3.3)$$

Kd = Constante derivativa ajustable.

Esta acción combinada nos permite utilizar las ventajas de cada control por separado, la ecuación del controlador nos quedaría de la siguiente manera.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3.4)$$

En general las acciones del control PID, en resumen: (Kp) Reduce el tiempo de subida, pero no elimina nunca el error en régimen permanente. La acción integral (Ki) elimina el error en régimen permanente, pero empeora la respuesta transitoria, la acción derivativa (Kd) incrementa la estabilidad del sistema, reduce el sobre impulso y mejora la respuesta transitoria.

En general las acciones del control PID se resumen analizando que Kp es la encargada de reducir el tiempo de subida, pero no es capaz de eliminar el error. La Ki elimina el error pero empeora la respuesta, es así que dentro del sistema va a controlar la CV de una manera brusca y la acción derivativa Kd, que incrementa la estabilidad del sistema adaptándose mejor a los cambios.

3.2.3 Aplicaciones y limitaciones

El control PID ha sido uno de los más usados dentro del ámbito industrial y en la automatización debido a la capacidad que posee de proporcionar un control preciso sin embargo también tiene sus limitaciones, algunas de las aplicaciones más comunes del control PID son:

Control de temperatura: En hornos industriales, sistemas de calefacción y aire acondicionado ya que permite mantener la temperatura dentro de los límites, lo que es crucial para la calidad.

Control de Velocidad: En motores eléctricos, servomotores, sistemas de transporte, etc. Ya que asegura una velocidad constante y precisa, minimizando oscilaciones.

Control de nivel y flujo: En tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías, procesos de líquidos, para mantener flujos constantes, previniendo desbordamientos o escasez.

Control de posición: En robots industriales, sistemas de posicionamiento ya que permite mover y posicionar objetos con precisión, lo cual es primordial en aplicaciones de ensamblaje y fabricación.

Las limitaciones de las que consta un control PID son las siguientes:

No es adecuado para todos los sistemas ya que tiene algunas fallas en sistemas dinámicos no lineales con grandes cambios en la perturbación en donde es necesario cambiar de tipo de controlador.

La sintonización crítica, ya que la configuración de los parámetros de las constantes KP, Ki, Kd requiere experiencia, ya que al no configurar bien los parámetros puede terminar en oscilaciones, sobre pico o tiempo de respuesta lento.

La respuesta limitada a cambios grandes o grandes perturbaciones ya que el control PID no puede ajustarse lo suficientemente rápido para mantener la estabilidad o evitar oscilaciones significativas.

Tiene sensibilidad al ruido y a la variabilidad del sensor, el termino derivativo del control PID puede amplificar el ruido en la señal de retroalimentación, especialmente si no se filtra adecuadamente.

3.3 Control difuso (Fuzzy)

El controlador de lógica difusa (Fuzzy) es una de las técnicas más utilizadas en la industria, puede ser mejor expresado como un control a través de palabras en este caso variables lingüísticas que interpretan el sentido común, en lugar de números, o sistemas de ecuaciones, por lo tanto, no es necesario linealizarlo, ya que este proceso utiliza reglas, por ello es mayormente utilizada cuando se tienen sistemas no lineales en donde la información no es exacta, sino que tienen mucha imprecisión.[12]

3.3.1 Teoría de conjuntos difusos

El desarrollo del control Fuzzy tiene su origen basado en reglas para la toma de decisiones y en la función de Fuzzy logic para la evaluación de las mismas. Los controladores Fuzzy al igual que otro tipo de control toman los valores de la entrada y realiza el proceso con ellas, modificando las variables de salida con un sistema lazo cerrado de realimentación. Definimos como conjuntos a una colección de objetos en donde tienen que estar enumerados los miembros y parametrizando el sistema de control.[13]

La principal característica de los controles difusos es que nos permiten utilizar variables lingüísticas para poder operar dentro de unos conjuntos que tienen grado de ambigüedad, pero en esencia no son precisos, por lo cual nosotros definimos los parámetros de verdad que tienen los valores y así el control opera comparando mediante los mecanismos de inferencia el grado de verdad. Un aspecto importante es que dentro de los parámetros que se van a estabilizar se pueden dar valores ambiguos, todo esto depende del tipo de variables vayamos a definir dentro del universo de discurso.

En un conjunto difuso se generaliza el concepto de membresía para una función que va a operar dentro de los rangos que el diseñador preestablezca, además de la formulación de reglas de manera lógica. La función de pertenencia $\mu_A(a)$ de un conjunto difuso A es una función de con recorrido en el segmento $[0, 1]$ de los números reales.

$$\mu_A(a): U \subseteq \mathbb{R} \rightarrow [0, 1] \quad (3.5)$$

En donde U es el conjunto de todos los valores de edad humana posibles (por ejemplo, de 0 a 100), y A el conjunto de lo que llamamos años de la “adultez”, “infancia”, “vejez”. En donde U pertenece a los reales. Es importante tener en cuenta que al graficar la relación que existe entre las variables reales y los valores de membresía.

3.3.2 Sistema de inferencia difuso

La principal diferencia del control Fuzzy frente a otros tipos de control para variables no lineales es que no procesan ni tablas ni ecuaciones, lo que realiza el control Fuzzy es utilizar la lógica difusa para procesar los datos dependiendo de las reglas para decidir como cambiar a la variable de salida, esto permite que sea un tipo de control mas accesible, ya que no requiere muchos conceptos de programación, ya que las reglas son más cerca del sentido común que de las ecuaciones y los modelos.[14]

Para un mejor entendimiento vamos a basarnos en la figura 3.4 la cual nos va a mostrar el diagrama de bloques de un control Fuzzy.

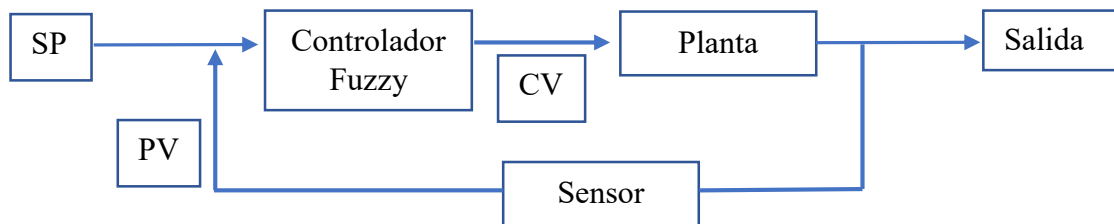


Figura 3.4 Lazo de un control difuso

Dentro del controlador Fuzzy contamos con diversas partes como se muestra en la figura 3.5.

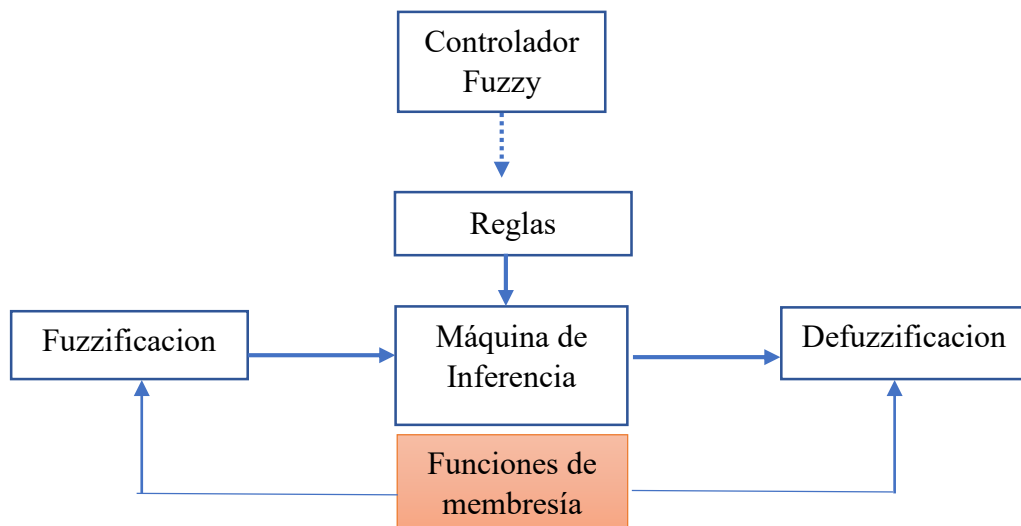


Figura 3.5 Estructura interna de un control Fuzzy

Un sistema de control Fuzzy va a constar de las diferentes partes:

La fuzzificación es la primera parte del proceso donde luego de adquirir las señales de entrada se las procede a calcular en el grado de membresía a la que perteneces dentro de las distintas expresiones posibles o variables lingüísticas, para ello procesa y busca la resultante entre el estado de la variable y la función de transferencia o membresía.

Las reglas son las condiciones en las que va a operar en este caso el “sí y entonces”, ofrecidos para un controlar el sistema de decisiones, las reglas dependen del número de variables de entrada, es así que al tener más variables de entrada se van a definir más reglas.

Para la evaluación de las reglas, al haber obtenido expresado los estados de las variables de forma lingüística, tenemos que proceder a programas de manera lógica entre ellas, el método para determinar las reglas es el (IF-THEN).

Una vez realizada la fuzzificación, analiza el resultado evaluando los antecedentes de las reglas, obteniendo así el grado de verdad para cada regla y operando de manera óptima como, por ejemplo.

SI el nivel es bajo **ENTONCES** voltaje de la válvula alto, recordando que el grado de verdad se definirá por los antecedentes.

Es así que podemos definir sistemas con más variables, recordando que entre mayor sea el número de variables igual va a ser el número de reglas como, por ejemplo:

SI el nivel es bajo y la temperatura del agua es baja **ENTONCES** aumente la válvula de control y el nivel de temperatura.

Las reglas serán tan verdaderas como lo sean los antecedentes. Y así al operar con un sistema de lazo cerrado, se va a realimentar el sistema hasta poder eliminar el error, este proceso se lo realiza para cada regla, dando como resultado a cada regla un peso correspondiente, además son la base que tiene un sistema de control difuso para poder guardar el conocimiento lingüístico de las reglas, las reglas tienen que estar definidas en tablas.

Llamaremos variable lingüística a aquella noción o concepto que vamos a calificar de forma difusa. Por ejemplo, la altura, edad, situación económica todas ellas deben de constar de la variación del error en este caso, le aplicamos el adjetivo “lingüístico” porque definiremos sus características mediante lenguaje hablado.[15] Estas variables se dividen entre variables lingüísticas de entrada y salida para las variables que se vayan a utilizar en el control Fuzzy respectivamente.

La máquina de inferencia es la que determina el grado de coincidencia entre la entrada difusa y las reglas, deben implementarse según el campo de entrada proporcionado, posteriormente, las reglas aplicadas se combinan para desarrollar las acciones de control.

El universo de discurso es el intervalo de valores en los que va a trabajar cada variable de entrada o salida, por ejemplo, en un sistema de velocidad podemos controlar de 100 a -100 RPM. Esta parte es crucial ya que se define el rango sobre el cual se utilizan las funciones de membresía.

Las funciones de membresía son curvas o rectas que se definen entre dos valores, a estas funciones se les agrega un nombre que va a ser la variable lingüística, estos rangos de valores se definen según el experto analizando el sistema a controlar y verificando cómo se comportan las variables. Las funciones de membresía tienen algunas formas las más conocidas con las trapezoidales triangulares sigmoidales y gaussianas.

Por último, se realiza la defuzzificación proceso en el cual vamos a convertir los conjuntos difusos en un valor nítido. Hay muchos tipos de técnicas, por ello se utiliza la mejor que se adapte cuando se utiliza con un sistema experto. En esta etapa los valores de salida se representan por medio de un valor numérico el cual va a ser calculado por la fórmula 3.6 en donde se tiene en cuenta los grados de pertenencia y se evalúan las reglas para dar un resultado.

El método de defuzzificación para el diseño del controlador Fuzzy, fue el de centro de masa, este es el método más usado para la defuzzificación, también llamado método de centro de gravedad, el cual retorna el centro del área de la curva o del polígono que se generó en la etapa de inferencia.

Para obtener el centro de gravedad se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$cg = \frac{\sum x.f(x)}{\sum f(x)} \quad (3.6)$$

Donde x es el rango o universo del discurso de la variable de salida f(x) es el vector hallado anteriormente.

3.3.3 Mecanismos de inferencia.

Arquitectura Mamdani

Es posiblemente el método más utilizado y propuesto por Ebrahim Mamdani en 1975, la arquitectura Mamdani consiste en una serie de reglas “SI-ENTONCES” (IF-THEN), el cual toma los valores de entrada y aplicando los antecedentes de las reglas se realiza un correcto análisis del como tiene que comportarse el sistema.[16]

En el método de Mamdani es normal listar todas las reglas difusas con el fin de determinar cómo se obtiene la salida del sistema como se muestra en la figura 3.6.

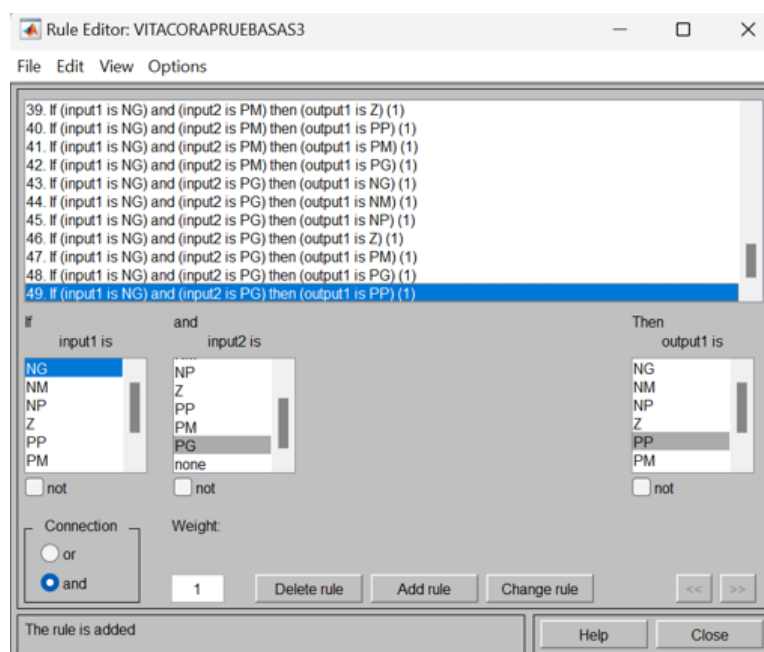


Figura 3.6 Ejemplo de reglas difusas de un sistema Mandami con dos variables de entrada.

El control Fuzzy es un sistema muy práctico y factible debido a su capacidad de operar como sistema MIMO en el cual operamos con dos variables, para ello es necesario realizar la tabla de reglas con las que vamos a operar, como se muestra en la figura 3.7.

		$dE(t) = E(t) - E(t-T)$				
		MN	PN	Z	PP	MP
E(t)	MN	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar
	PN	MCerrar	MCerrar	MCerrar	MCerrar	MCerrar
	Z	Cerrar	MCerrar	Nada	MAbrir	Abrir
	PP	MAbrir	MAbrir	MAbrir	MAbrir	MAbrir
	MP	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir

Figura 3.7 Ejemplo de reglas difusas para una arquitectura con dos variables de entrada

Para poder realizar el análisis de las reglas vamos a operar con el error y la derivada del error, esto lo realizamos con el fin de reducir al mínimo el error, y mantener la variable de proceso dentro del nivel establecido en el setpoint, como se muestra en la figura 3.8.

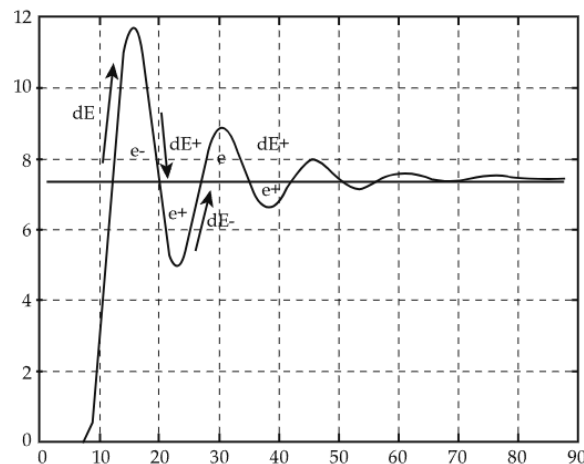


Figura 3.8 Significado del error y la variación del error.

Arquitectura de Takagi-Sugeno-Kang (TSK)

En 1985, Takagi y Sugeno aportan a la teoría de control difuso como otra opción al método de Mamdani. Se trata de un método al igual que de Mamdani mediante reglas pero que en el resultado no es un conjunto difuso, sino que esta expresando en forma de función lineal, este modelo de arquitectura es mas complejo y para dimensiones mayores.

La arquitectura TSK consiste en una serie de reglas de la forma:

Si $X(t)$ es A entonces Z es $Y=f_l(x,y)$

En donde A es un conjunto difuso, X son los atributos observables y Z la variable controlada del sistema y Y es una ecuación de salida lineal.

La principal diferencia con respecto al modelo de arquitectura Mamdani es que no contra con un proceso de defuzzificación, debido al modelo en que se realiza el sistema de ecuación. Se analizará el mismo caso con el método de Mamdani en donde tenemos dos variables de entrada y una de salida que en este caso son funciones, analizamos el caso más sencillo en donde las dos variables de entrada son igual a cero, cuyos valores se elegirán de acuerdo a la experiencia del experto en el proceso.[17]

		$dE(t) = E(t) - E(t-T)$				
		MN	PN	Z	PP	MP
E(t)	MN			-1		
	PN			-0.5		
	Z	-1	-0.5	0	0.5	1
	PP			0.5		
	MP			1		

Figura 3.9 Ejemplo de reglas difusas para una arquitectura TSK

3.3.4 Aplicaciones, Limitaciones y Consideraciones.

Las aplicaciones del control de lógica difusa son principalmente en las industrias sin embargo al ser un sistema de control con variables lingüísticas se puede llevar esta lógica de programación más allá como en diagnósticos médicos, sistemas de recomendación, análisis de Riesgo y finanzas, etc.

Las limitaciones de este tipo de control son principalmente en la sintonización de las reglas y funciones de membresía ya que ajustar los parámetros son de manera intuitiva y se necesita de conocimientos previos de un modo que las variables se comporten adecuadamente a la naturaleza del problema, tenemos que considerar también la falla al interpretar variables en ciertos aspectos, esto sucede debido a que la salida puede ser menos intuitiva que las decisiones binarias o precisas.

El desempeño computacional es otro factor que es limitante al momento de realizar los controles necesarios, esto debido a que dependiendo de la complejidad del sistema y la cantidad de reglas que este contenga puede recurrir a los recursos computacionales significativos para un tiempo de respuesta aceptable.

La posibilidad de reconocer semejanzas entre objetos no estrictamente iguales, la traducción de pensamiento humano a operaciones de computadores digitales, en otras palabras, transferir al computador “el sentido común”.

El sistema de lógica difusa es una herramienta poderosa para realizar modelos y manejo de incertidumbres complejas, conllevando así flexibilidad y capacidad para tomar decisiones basadas en conocimiento expertos o en datos vagos y cualitativos.

3.4 Proceso Virtual de Nivel

3.4.1 Descripción del proceso

La realidad virtual es un entorno en el cual es posible poder interactuar con un mundo artificial, mediante un proceso de comunicación, actualmente la realidad virtual tiene una amplia variedad de aplicaciones, ya que permite la interacción con la simulación, simulaciones que se pueden adaptar a diferentes necesidades.[18]

El proceso virtual que vamos a realizar es una aplicación hecha en Unity, la cual nos va a simular en entorno en el que vamos a trabajar.



Figura 3.10 Entorno grafico

Un entorno grafico debe de contar con diferentes aspectos entre ellos, la simulación la cual es la capacidad de crear un sistema lo suficientemente parecido con la realidad, esto implica reaccionar a los cambios y los diferentes valores.

La interacción para mantener el control del sistema diseñado para que las interacciones del usuario produzcan cambios en el mundo artificial, usando diferentes interfaces de hombre máquina, como puede ser teclado y ratón.[19]

3.4.2 Variables y comportamiento

Las variables son los datos que se procesa o trabaja el entorno gráfico, pueden ser de diferentes tipos, en este proceso de nivel los datos que vamos a realizar son un SP, una PV y CV.

El proceso simula un flujo de nivel con respecto a un setpoint y cómo se comporta el entorno ante diferentes valores de perturbación.

3.5 Modulo DAQ

O también llamado sistema de adquisición de Datos lo vemos como algo q siempre pasa en los procesos productivos, hace falta contar con un sistema que nos permita interactuar con la información de sensores y transformarla. Este monitorio se realiza con la finalidad de conocer el estado en tiempo real y conforme a ello tomar decisiones, es decir tomar decisiones y transformarlas en datos numéricos.[20]

3.5.1 Componentes del módulo DAQ

Primero tenemos a los sensores que tiene la finalidad de medir una magnitud física como por ejemplo la temperatura el nivel o la velocidad y convertir esta lectura en una señal eléctrica factible de ser medida y comunicada de algún modo.

El dispositivo DAQ es el elemento que permite la interacción entre el computador y los sensores con los que cuente el sistema, el entorno se puede dar en forma física o de forma virtual para análisis. Así mismo estos módulos tienen incorporado un circuito que permita adecuar las señales para el sistema, esto incluye interfaces de hardware como tarjetas de adquisición de datos, módulos de entrada/salida y convertidores analógico-digitales (ADC)

Por último, el software de supervisión, su función es efectuar la interacción de datos con el usuario del sistema. Son programas que permiten la configuración del sistema DAQ mediante la visualización y almacenamiento de datos en diferentes formas, procesarlos y hacer determinados cálculos. Algunos ejemplos de software para DAQ son LabVIEW, MATLAB y el software específico del fabricante de hardware DAQ.

3.6 Comunicación OPC (Ole for Process Control)

El sistema OPC es un software que permite a los programas para componentes industriales y realizar una sintonización y programación de los mismos, especialmente es un software que permite la comunicación con dispositivos de hardware industrial, el modelo de comunicación OPC es el más utilizado para comunicación con controladores, dispositivos y aplicaciones, todo aquel dispositivo que nos permita transferir datos.

Es una tecnología de comunicación con una arquitectura de cliente y servidor. Es así que el comportamiento de la comunicación es de forma cliente servidor. Por un lado, el servidor es un programa que convierte el protocolo de comunicación del dispositivo que se va a controlar en este caso el PLC y el cliente es el software que se va a conectar al servidor logrando así una programación exitosa.

OPC es una tecnología de comunicación industrial estándar, es así que permite el intercambio de información entre múltiples dispositivos y sistemas de control sin restricciones o límites, para poder utilizar el servidor OPC utilizamos programas que nos permitan esta comunicación, la característica mejor aprovechada de un OPC es que es

capaz de estar comunicado por un PLC, HMI y RTUs. Además otra ventaja que tenemos con la comunicación OPC es que no importa las marcas ni el fabricante ya que todo esta comunicación se la realiza en tiempo real y todas los software tienen la misma configuración, el cumplimiento del estándar OPC posibilita la comunicación continua en tiempo real.[21]

Los softwares especializados para adquirir datos son llamador servidores OPC o OPC Servers, el kit de herramientas OPC extiende las prestaciones de MATLAB y Simulink con herramientas para la interacción con servidores OPC. Este conjunto de funciones permite la lectura, escritura y el registro de datos OPC que provienen de dispositivos.

4. METODOS Y PROCEDIMIENTO

4.1 Métodos Utilizados.

La implementación de una estrategia de control PID y Fuzzy para un proceso virtual de nivel conlleva diferentes aspectos técnicos y teóricos los cuales son sustentados en primera instancia media la investigación bibliográfica en donde se recopila mayormente los principios de funcionamiento y todas las bases teóricas para cada estrategia de control, así como los antecedentes y trabajos relacionados con el tema de estudio.

En cuanto a los métodos utilizados en la propuesta tecnológica son de tipo deductivo y experimental, ya que en principio este método permitirá manipular la variable de entrada para determinar su efecto sobre la variable de salida, obteniendo así una idea del funcionamiento en tiempo real de la planta.

4.2 Declaración de Variables

- Variable Dependiente
Funcionamiento del Controlador PID y Fuzzy.
- Variable Independiente
Parámetros de funcionamiento de los controladores.

4.2.1 Operaciones de las variables

Tabla 5. Variable Independiente

Variable independiente	Unidad de medida	Instrumento de medición
Desempeño de cada controlador	- Segundos (s) - Porcentaje (%)	Análisis de tendencias

Tabla 6. Variable Dependiente

Variable dependiente	Unidad de medida	Instrumento de medición
Criterios de selección	Adimensional	Análisis de tendencias

Tabla 7. Métodos, técnicas e instrumentos

Método	Técnica	Instrumentos
Experimental	Observación Medición	Ficha de rangos de operación
Deductivo	Modelación y simulación	Función de transferencia y Parámetros de sintonía
Cuantitativo	Validación	Parámetros de desempeño

4.3 Adquisición de datos y obtención del modelo matemático

En esta atapa sigue la lógica planteada en la figura 4.1 en donde el objetivo es obtener un modelo matemático en espacios de estado como en función de transferencia.

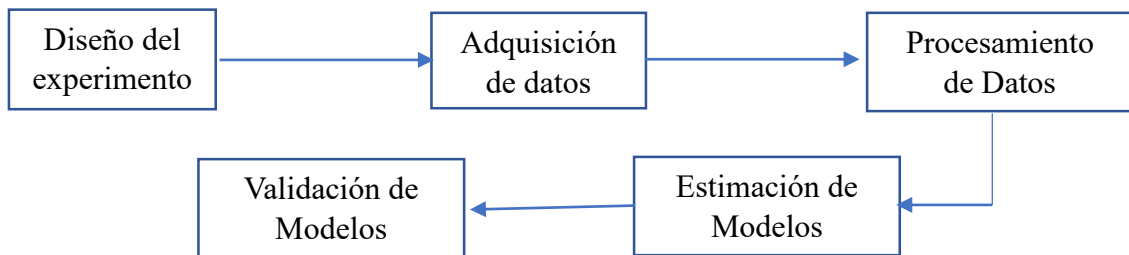


Figura 4.1 Etapas para diseño de modelos de control

Para la adquisición de datos en primera instancia vamos a realizar la prueba del entorno en condiciones específicas en este caso vamos a realizar con un setpoint de 60 considerando que es el 30% del nivel al que va llegar el proceso, y un porcentaje de apertura de la válvula al 30% exportando los datos al área de trabajo dentro del software de Matlab, hay que tener en cuenta que la toma de datos se realiza con una perturbación al 0% como se muestra en la fig.

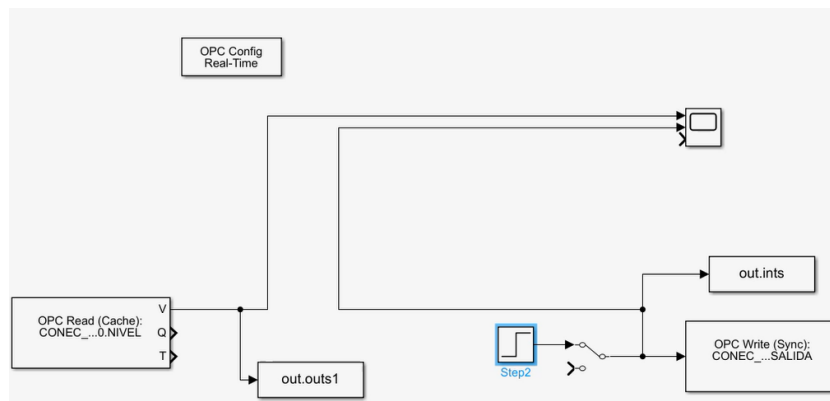


Figura 4.2 Toma de datos de la entrada y salida diagrama en Simulink.

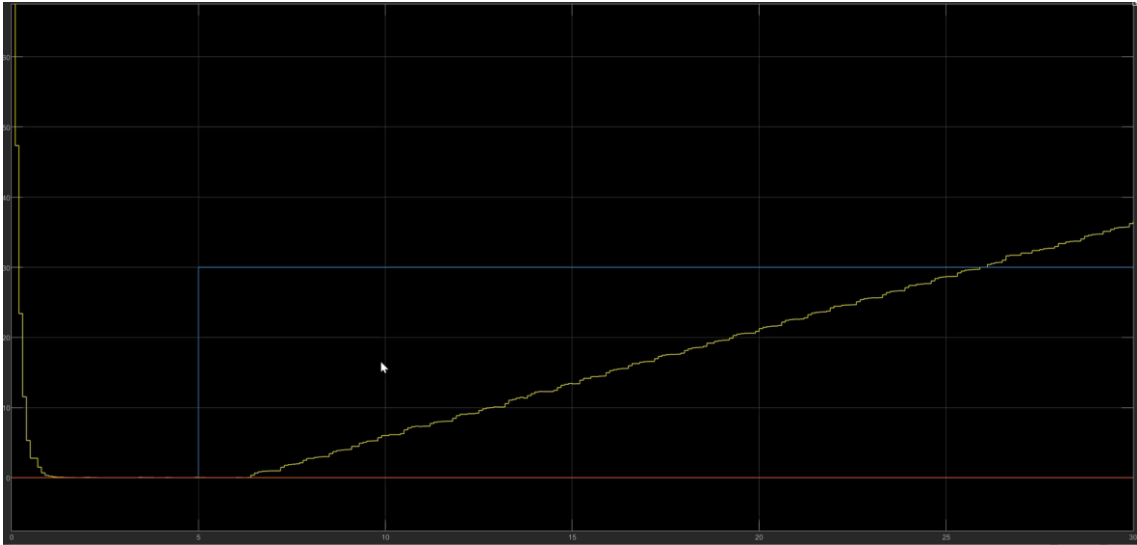


Figura 4.3 Grafica del comportamiento del entorno dentro del software Simulink del sistema integrante.

4.3.1 Rango de funcionamiento y configuración de la planta

Para la adquisición de datos es necesario determinar los rangos de funcionamiento de la planta, así como también reajustar los parámetros de funcionamiento del sensor de flujo en el entorno virtual.

Primero vamos a determinar el volumen de tanque dentro del entorno virtual, para ello utilizamos la fórmula de un cilindro en donde:

$$V = \pi r^2 h \quad (4.1)$$

Como podemos observar en la figura 4.4 dentro del entorno virtual podemos determinar las medidas del tanque, en este caso la altura es de 2m y el diámetro 0,8m.

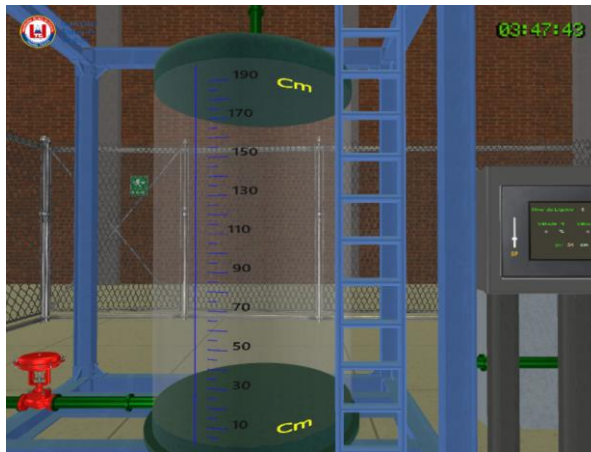


Figura 4.4 Altura del tanque dentro del entorno virtual.

Encontramos el volumen del cilindro.

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 h & (4.2) \\ V &= 3.1416 * (0,4)^2 * 2m \\ V &\approx 1m^3 \end{aligned}$$

Procedemos a realizar pruebas para ver las condiciones en la que opera el entorno virtual, primero realizamos una prueba de llenado de tanque con un porcentaje de 100% en la CV determinando así el tiempo que se demora en alcanzar el máximo tiempo de llenado que en este caso es de una altura de 2m que corresponde a 1 metro cubico, como se muestra en la figura 4.5.

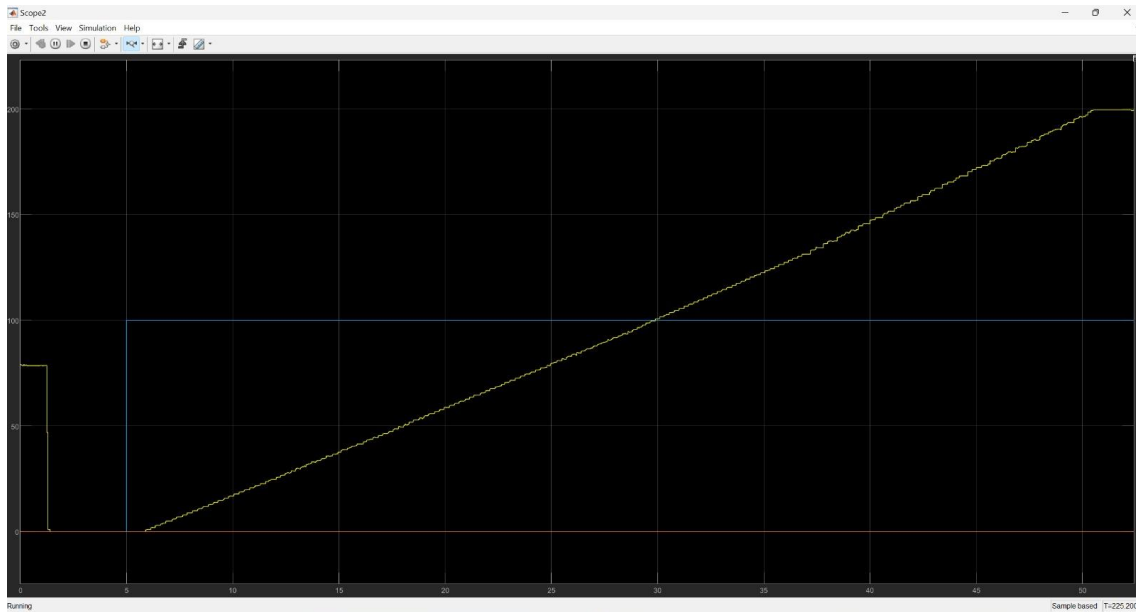


Figura 4.5 estimación de tiempo de llenado de un metro cubico dentro del entorno virtual.

Después de realizar las pruebas del entorno podemos determinar que el tiempo que se demora va a ser igual a:

$$t \approx 42s$$

Después de haber determinado el tiempo en el que se llena el tanque procedemos a calcular el caudal del sistema en donde:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V}{t} & (4.3) \\ Q &= \frac{1m^3}{42s} \\ Q &= 0,0238m^3/s \end{aligned}$$

Hay que tomar en cuenta que el diámetro de la entrada y salida del tanque van a ser igual a 2 pulgadas lo cual podemos observar dentro del entorno virtual. Procedemos a calcular la velocidad en la que se comporta el sistema, siendo:

$$Q = A * v \quad (4.4)$$

En donde A va a ser igual al área de la tubería en este caso:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.5)$$

Hay que recordar que el diámetro es de 2 pulgadas pero tenemos que realizar el cambio al sistema en el que estamos trabajando es así que:

$$2in = 5.08cm$$

$$5.08cm = 0.0508m = d$$

$$A = \frac{\pi * (0.0508m)^2}{4}$$

$$A = 0.002026m^2$$

Entonces.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4.6)$$

$$v = 11,74m/s$$

4.3.2 Adquisición de Datos

En el proceso de control operamos con variables específicas en el sistema, como se demuestra en la figura 4.6.



Figura 4.6 Sistema de control de variables del control del DAQ.

En donde los valores de PV va a ser el valor de proceso en este caso el valor en el que se encuentre el líquido, CV la variable de control con la que se va a operar la entrada de líquido del tanque, el valor de SP el cual lo vamos a definir en el setpoint del proceso de nivel, la perturbación que en va este caso va a ser a ser el valor de apertura de la válvula de salida del tanque, establecido en el setpoint de la aplicación de unity, el cual nos va a permitir realizar el control del entorno virtual.

Variamos la perturbación y verificamos el comportamiento de cada sistema de control, en este caso de propuesta tecnológica se realiza en un entorno gráfico y el nivel del líquido va a estar cerca del valor preestablecido en el setpoint, hay que recordar que la conexión al entorno grafico se realiza por OPC sin embargo para realizar en un sistema físico hay que reestablecer las variables y los parámetros que se configuran en el tipo de control a instalar, en este caso configurando los componentes físicos.

Para mayor detalle del entorno gráfico y la conexión con el modulo DAQ dirigirse al anexo 5 en donde vamos a poder determinar las condiciones de operación del modulo DAQ.

4.3.3 Sistema de Adquisición de Datos

La adquisición de datos se la realiza con el módulo DAQ, esta parte es fundamental para el proceso de conexión y sincronización de los datos en el sistema, en esta etapa depende de los controladores a diseñar, en este caso en el software de simulink de Matlab, estos datos deben de ser tomados con precisión para el moldeado del sistema comparativo y puedan operar de manera óptima.

En este proceso corresponde al registro de valores de una variable de entrada a una de salida en un sistema (SISO), para obtener una variación en la salida del sistema se requiere de una respuesta del control que se realiza en ese aspecto.

Para obtener una variación de la salida del sistema depende de la configuración en la que opera cada sistema de control, la respuesta va a ser evaluada en diversos setpoint en su sistema específico de control para realizar el análisis comparativo, se obtiene un promedio de variable de salida.

4.3.4 Procesamiento de Datos

Para procesar toda la información es necesario utilizar el software de Matlab en este caso Simulink, aquí es en donde se va a realizar los diagramas de bloques y la comunicación en tiempo real con el OPC y el PLC con el entorno virtual.

Vamos a realizar la programación correspondiente y al obtener los datos desde el entorno grafico ya en el simulink operamos con los distintos tipos de control, en el caso de la propuesta tecnológica el software de Tía portal sirve solo para cargar la programación ya que el PLC se va comportar como pasarela.

Hay que tener en cuenta el rendimiento de los equipos para el proceso de datos ya que el tiempo de respuesta va a ser mejor o peor dependiendo de las características de los equipos, en este caso entre mejor sea los componentes de la PC mejor va ser el tiempo de respuesta y al momento de realizar las distintas pruebas, esto es de suma importancia.

4.3.5 Estimación de modelos

Analizando los datos obtenidos en entrada y salida podemos verificar el sistema en el que vamos a trabajar es un proceso integrante por el comportamiento que tiende hacia el infinito, mediante la fundamentación teórica tenemos determinado el modelo de función de transferencia, en este caso es de primer orden más tiempo muerto, en donde la función de transferencia es de la siguiente forma.

$$G_p(S) = \frac{K}{\tau S + 1} e^{-t_m s} \quad (4.7)$$

Procedemos a utilizar la función de Matlab SystemIdentification, para realizar el análisis de la función de transferencia mediante la formula, como se muestra en la figura 4.7.

Es de suma importancia tener calibrado todos los tiempos de respuesta en un solo valor dentro del software de Simulink para que no exista problemas al momento de realizar el diseño y simulación del sistema.

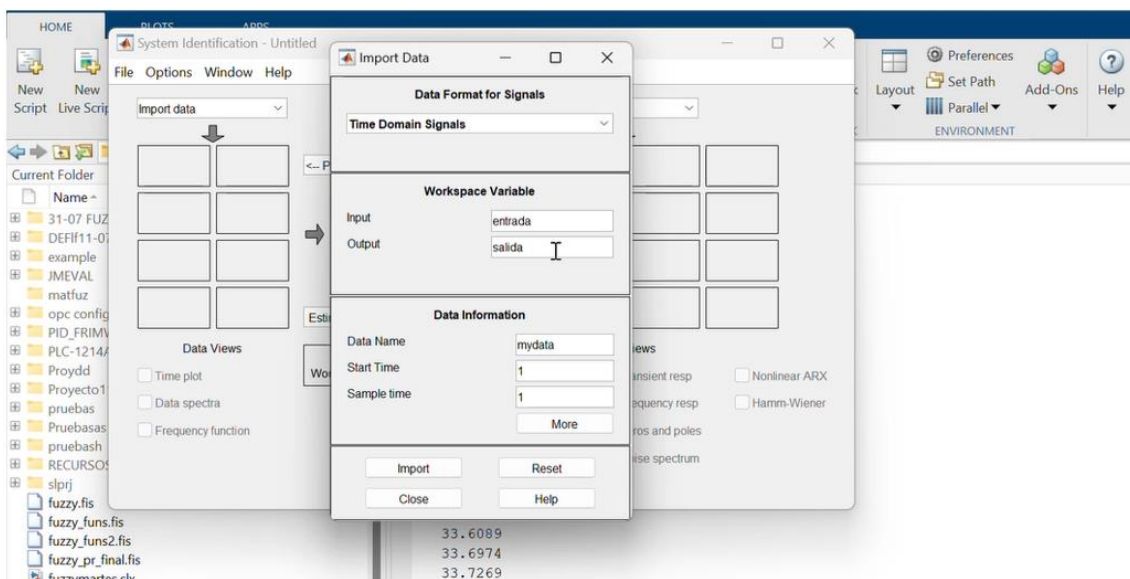


Figura 4.7 Modelamiento de la función de transferencia del sistema en la función de SystemIdentification.

Para el modelamiento de la función de transferencia es necesario considerar los datos de la simulación del sistema de entrada y salida exportados en el workspace del Matlab, los vectores de los valores deben de encontrarse de igual magnitud para que opere el

modelamiento de la función. En la función de transferencia nos quedaría de la siguiente manera.



Figura 4.8 Valores de la función de transferencia.

Para la adquisición de datos hay que tener en cuenta que la función de transferencia sirve siempre y cuando en la forma de onda no se alteren los parámetros, es así que al ir variando la perturbación la función de transferencia va a ir variando de igual manera.

Para tener una base de valores en los que vamos a ir experimentando subiendo o bajando los parámetros para que el sistema se comporte de manera adecuada. Esto constituye una parte fundamental para el proceso de modelado del sistema y diseñar las condiciones óptimas y estables de operación.

4.3.6 Validación de modelos

Una forma de validar el modelo estimado es utilizado dentro de la misma ventana de systemIdentification, para cada modelo o forma de representación estimada se muestra el grado de coincidencia con el modelo real, se realizan diversas pruebas con las funciones de transferencia hasta obtener un modelo muy aproximado a la función.

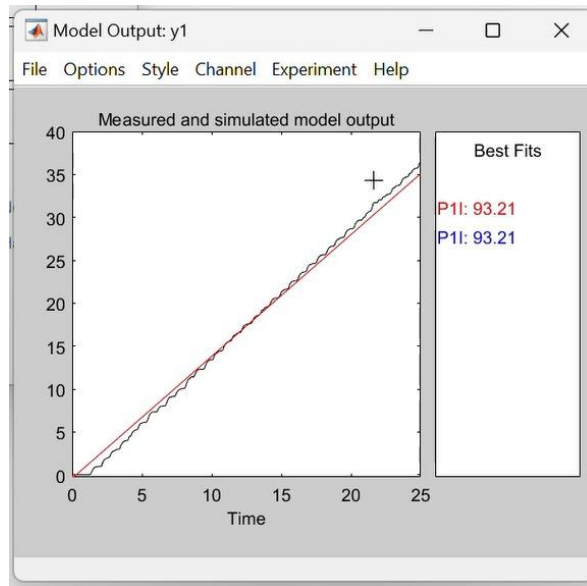


Figura 4.9 Modelos de función de transferencia.

Al obtener la función de transferencia ya podemos realizar las estimaciones de los controles en la figura 4.9 se muestra el grado de coincidencia entre la salida real y la estimación del modelo.

4.4 Desarrollo de controladores

El desarrollo de los controladores se basa en un sistema de simple entrada y simple salida (SISO), esto por las características constructivas y además porque el presente trabajo constituye un paso inicial hacia el desarrollo de posteriores trabajos en la implementación de controladores más modernos con el pasar del tiempo. En el control SISO contribuye a establecer criterios de valor en cuanto al desempeño de cada uno de los controladores.

4.4.1 Estructura de comunicación

LA estructura de comunicación para la comunicación entre el software de diseño de los controladores (PID, Fuzzy) y la planta real es la mostrada en la figura 4.10, en donde el PLC hace la función de una tarjeta de adquisición de datos, es decir recibir y enviar señales de la planta real hacia el ordenador por el puerto de ethernet. La comunicación OPC actúa como una pasarela para poder leer y escribir datos desde Simulink hasta el PLC y este a su vez con la planta.

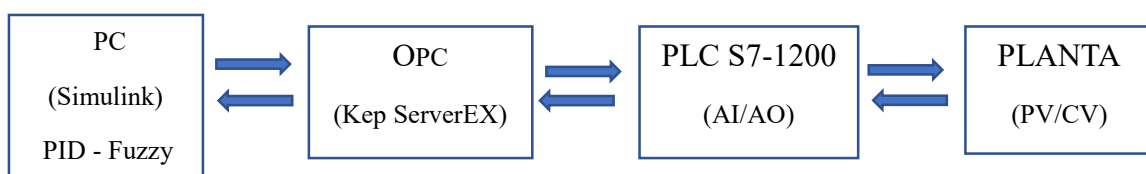


Figura 4.10 Estructura de comunicación entre la planta real y el software de diseño.

4.4.2 Configuración de entradas y salidas analógicas en PLC

EL primer paso es establecer una comunicación entre el PLC y la planta mediante las configuraciones de las señales de entrada (IW64) y (IW66) y la salida analógica que en este caso es por la (QW80), para lo cual hay que normalizar y escalar las señales

Entrada analógica IW64

La entrada analógica del PLC recoge la señal de la salida de la planta, es decir el sensor de flujo con un rango de 1 a 5V como está indicado el valor de voltajes en el módulo DAQ, es necesario normalizar y escalar, para determinar el rango de valores en los que va a operar tenemos que tener en cuenta q 10v equivalen a 27648, este valor se guarda en una marca en este caso MD10 y enviada al bloque "ESCALE_X" donde se escala a un rango de 0 a 200 debido a que el tanque es de 200 y la salida del resultado es guardado en una marca MD100 como se muestra en la figura 4.11.

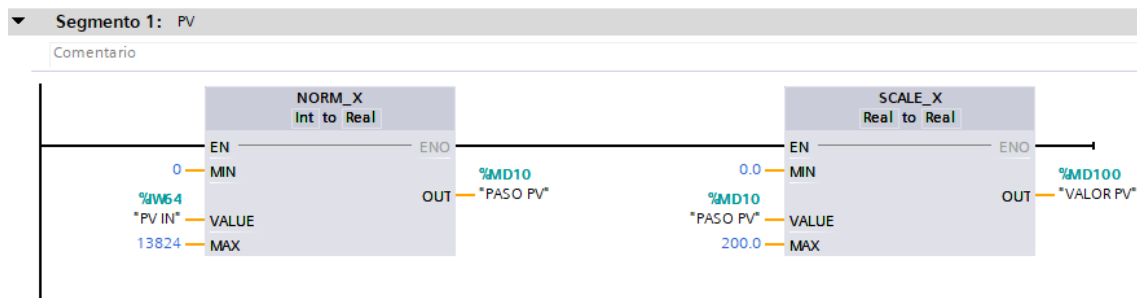


Figura 4.11 Normalización y escalamiento de la señal de entrada PV del PLC.

Entada analógica IW66

La entrada analógica del PLC obtiene la señal que sale de la planta, el SP se configura desde la planta simulando una acción en la vida real, el rango de valores que opera el SP es 1 a 5V como se muestra en el DAQ, igual que la anterior entrada analógica es necesario normalizar y escalar. La normalización opera de un rango de 1 a 5V recordemos que 10V son equivalentes a 27648, hacemos una regla de tres y colocamos el rango de valores para normalizar, este valor se guarda en una marca que en este caso es MD20, para escalar vamos a colocar el rango de 0 a 200 ya que este es el valor que vamos a operar en el tanque. Una vez escalado el resultado es guardado en la marca MD200, como se muestra en la figura 4.12.

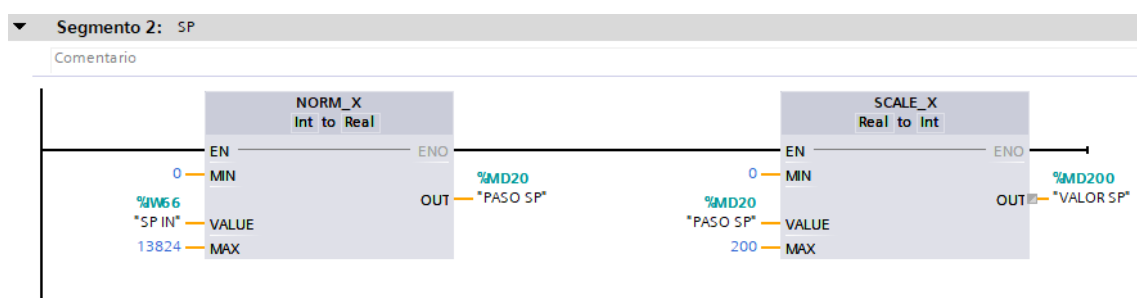


Figura 4.12 Normalización y Escalamiento de la señal de entrada analógica SP del PLC

Salida Analógica QW80

La salida analógica del PLC es la encargada de enviar la señal de control hacia la entrada de la planta, de la misma manera es necesario normalizar y escalar. En este caso la señal generada desde Simulink y su valor se escribe en la marca MD300, el resultado de esta normalización se guarda en la marca MD30, que es la que ingres en bloque para escalar, el rango en el que va a operar es de 0 a 27648 ya que opera hasta los 10V y la salida es enviada por la salida analógica QW80, como se muestra en la figura 4.13

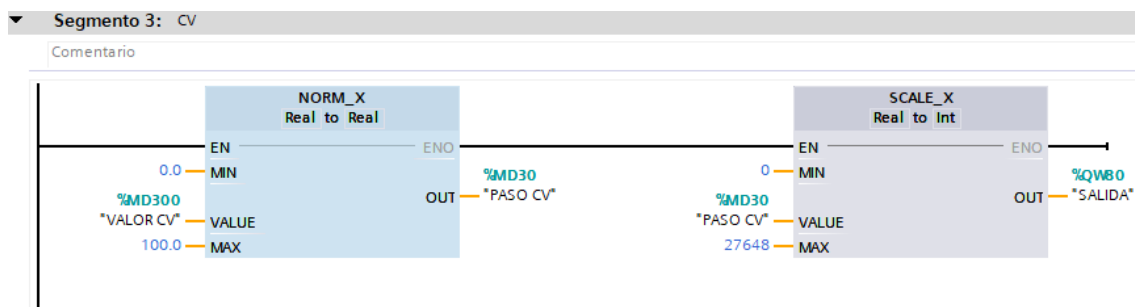


Figura 4.13 Normalización y Escalamiento de la señal de salida analógica del PLC

Una vez creado los bloques de programación para la lectura y escritura en la entrada salida analógicas, el programa dese ser cargado a la memoria física del PLC añadiendo una configuración en los mecanismos de conexión del PLC, en la cual se debe habilitar el acceso vía comunicación PUT/GET, esta configuración permitirá posteriormente utilizar la pasarela de comunicación OPC.

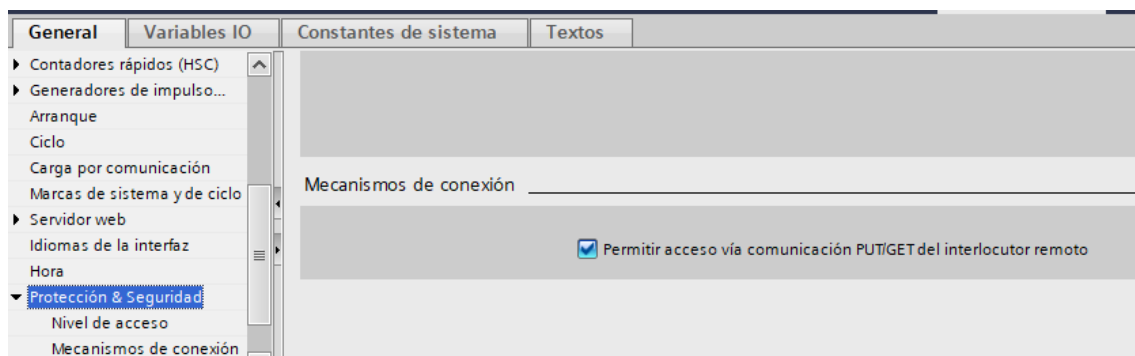


Figura 4.14 Configuración de acceso PUT/GET

Para la configuración a detalle del modelo y funcionamiento de la programación del tía Portal podemos verificar en el anexo 3.

4.4.3 Configuración OPC en KEEPServerEX

La comunicación se realiza por medio de un servidor OPC cuya configuración se detalla en el anexo 4, en la figura 4.13 podemos visualizar la ventana de trabajo del programa KEEPServerEX utilizado para establecer la comunicación OPC, donde se creará un canal de comunicación del PLC(S7-1200), además podemos observar las marcas que generamos para realizar la comunicación con los sistemas de control.

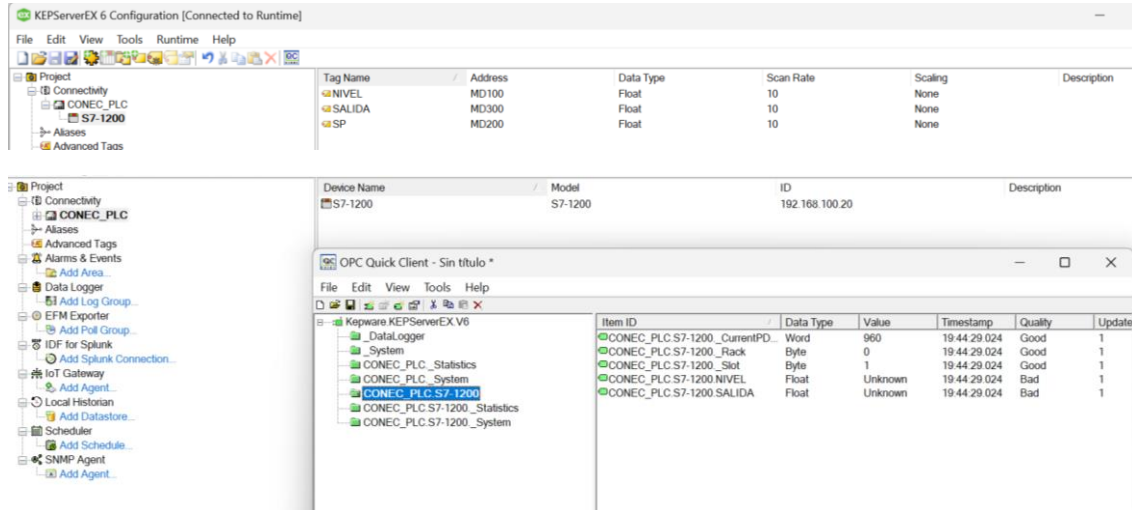


Figura 4.15 Canal de comunicación con el PLC, sin conectar.

Para verificar la conexión del OPC con el PLC tenemos que verificar la entrada y salida de valores para las variables que vamos a utilizar en el entorno gráfico, en este caso la variable de nivel, salida y el SP.

4.4.4 OPC en Simulink

Dentro de simulink se encuentra un tool box exclusivo para configurar la comunicación con el servidor OPC, Se hace uso de los bloques para la configuración, Read y Write. La configuración se encuentra detallada en el Anexo 1.

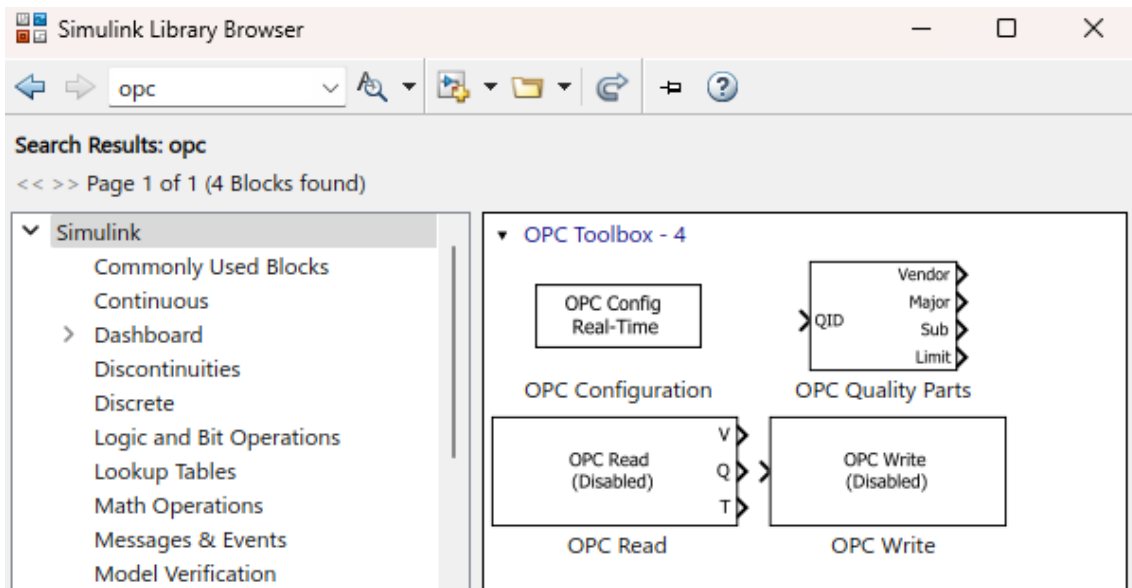


Figura 4.16 OPC Toolbox

4.4.5 Desarrollo del control PID

Una vez obtenida la función de transferencia del sistema procedemos a realizar el análisis de un control PID de un proceso integrante como se muestra en la figura 4.15.

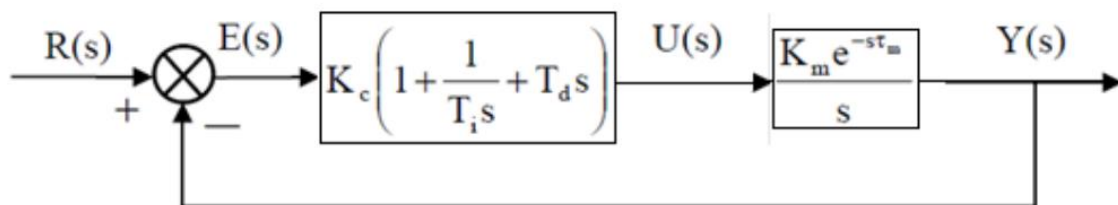


Figura 4.17 Modelo PID de un proceso integrante

En la industria los métodos más comunes de sintonización de controladores PID se describen en la tabla 8, donde se especifica la fórmula correspondiente a aplicarse para el cálculo de constantes K_c , T_i y T_d , proporcional e integral y derivativo respectivamente.

Tabla 8. Métodos de sintonización para un controlador PID de un proceso integrante.[9]

Método de sintonización	K_c	T_i	T_d
Ford	$\frac{1,48}{k_m \tau_m}$	$2\tau_m$	$0,37\tau_m$
Hay	$\frac{0,4}{k_m \tau_m}$	$3,2\tau_m$	$0,8\tau_m$

Astrom and Haggglund	$\frac{0,94}{km \tau m}$	$2\tau m$	$0,5\tau m$
Leonard	$\frac{0,74}{km \tau m}$	$12,2\tau m$	$0,41\tau m$
Rotach	$\frac{1,21}{km \tau m}$	$1,60\tau m$	$0,48\tau m$
Zou and Bringham	$\frac{2}{km(\gamma + 0,5\tau m)}$	$2\gamma + \tau m$	$\frac{\gamma + 0,25\tau m}{2\gamma + \tau m}$
	$0,5\tau m \leq \gamma \leq 3\tau m$		

Determinación de las constantes

Para poder determinar las constantes vamos a basarnos en los valores obtenidos de la función de transferencia. En donde la estimación nos genera dos valores en los que vamos a trabajar como se muestra en la figura 4.16.

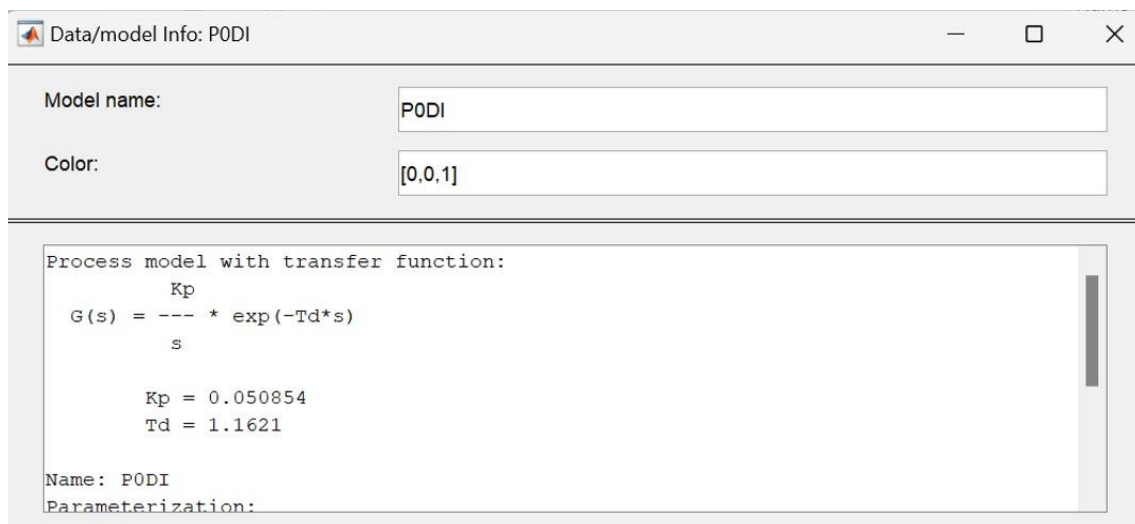


Figura 4.18 Función de transferencia estimado.

Los valores de K_p y T_d los vamos a reemplazar en la tabla 8 Métodos de sintonización para un controlador PID de un proceso integrante en dónde.

$$k_p = km = 0,0500853$$

$$T_d = tm = 1,1621$$

Reemplazando en los métodos de sintonización obtenemos una respuesta más cercana con el método de *Hay*, la constante proporcional en este caso corresponde a K_c en donde:

$$K_c = \frac{0,4}{km \tau m} \quad (4.8)$$

$$K_c = \frac{0,4}{0,050853 * 1,1621}$$

$$Kc = 6,76816$$

$$Ti = 3,2 \text{ tm} \quad (4.9)$$

$$Ti = 3,2 * 1,1621$$

$$Ti = 3.71872$$

Para obtener la constante Integral es necesario tener en cuenta que:

$$Ki = \frac{1}{Ti} \quad (4.10)$$

$$Ki = \frac{1}{3.71872}$$

$$Ki = 0.268909$$

Para obtener la constante derivativo es necesario tener en cuenta que:

$$Td = Kd \quad (4.11)$$

$$Td = 0,8 \text{ tm} \quad (4.12)$$

$$Td = 0,8 * 1,1621$$

$$Kd = 0.92968$$

Obtenido los valores de las constantes realizamos el modelo del sistema. Como se muestra en la figura 4.17 y verificamos el funcionamiento.

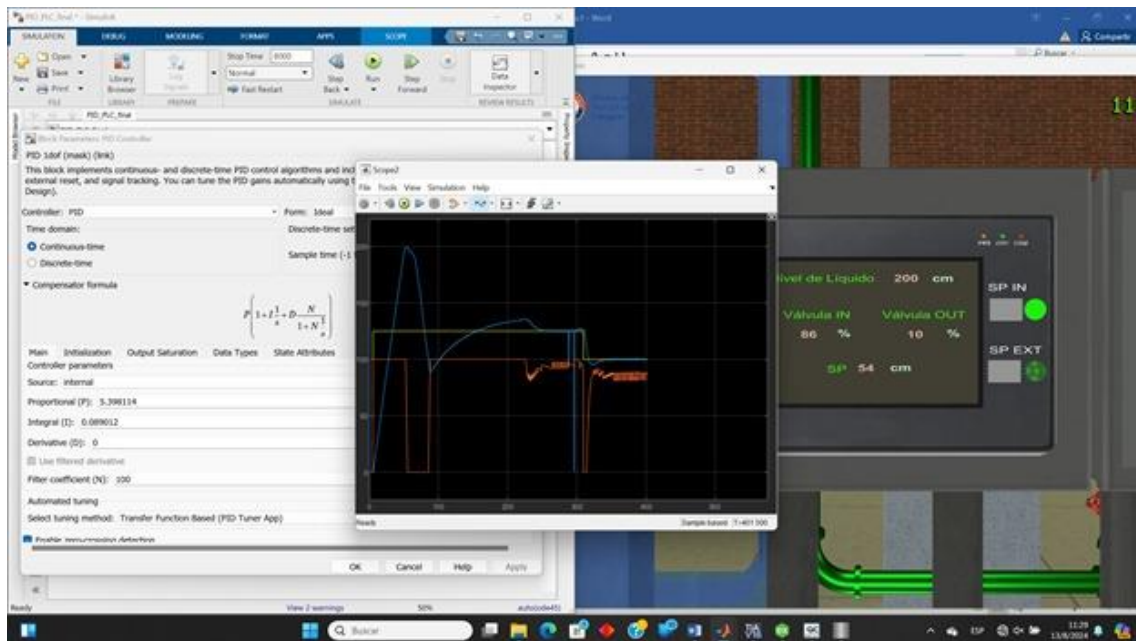


Figura 4.19 Modelo con valores constantes obtenidos

Para un mejor comportamiento modificamos los valores de las constantes mediante método experimental, habiendo obtenido las bases solo realizamos ajustes necesarios para que el comportamiento del sistema sea de manera óptima.

Estructura para la implementación de un PID

La estructura para la implementación se puede ver en la figura 4.18, en este caso hemos añadido algunos display para poder confirmar los valores de control con precisión, tenemos configurada la opción de ingresar el valor del setpoint para poder realizar el control de una manera más estable, sin embargo, hay que recordar que el setpoint lo vamos a ingresar por la aplicación del entorno gráfico, la configuración detallada del modelado del sistema de control PID se encuentra en el anexo 1.

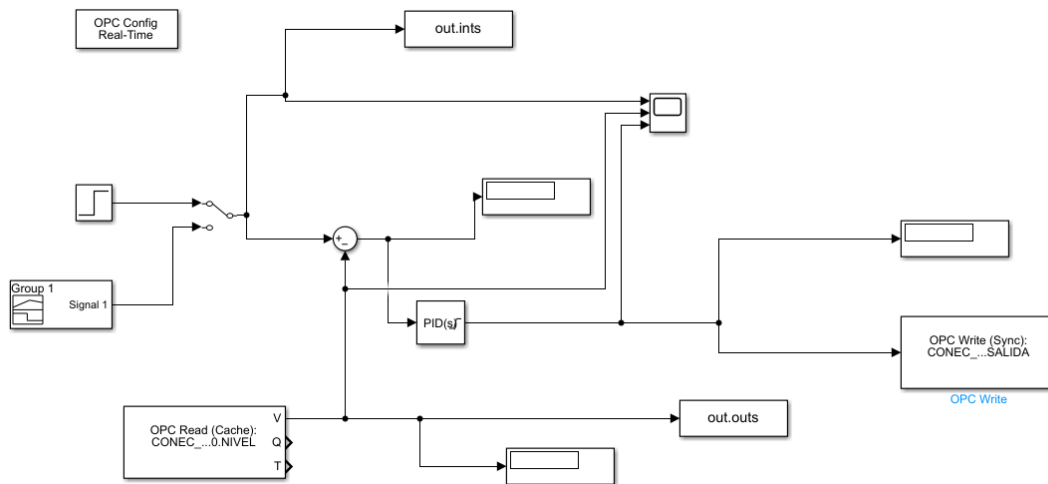


Figura 4.20 Estructura para la implementación de un controlador PID utilizando comunicación OPC.

4.4.6 Desarrollo del control Fuzzy

4.4.6.1 Diseño y simulación del control Fuzzy

Para el diseño del controlador Fuzzy primero se tiene que analizar la planta en la que va a operar en este caso es un entorno virtual, la manera más óptima del sistema se nos resume en dos modelos de Fuzzy que van a estar controlando el valor de error del sistema y la derivada del error lo que nos va a permitir corregir la diferencia que existe entre el setpoint y el nivel.

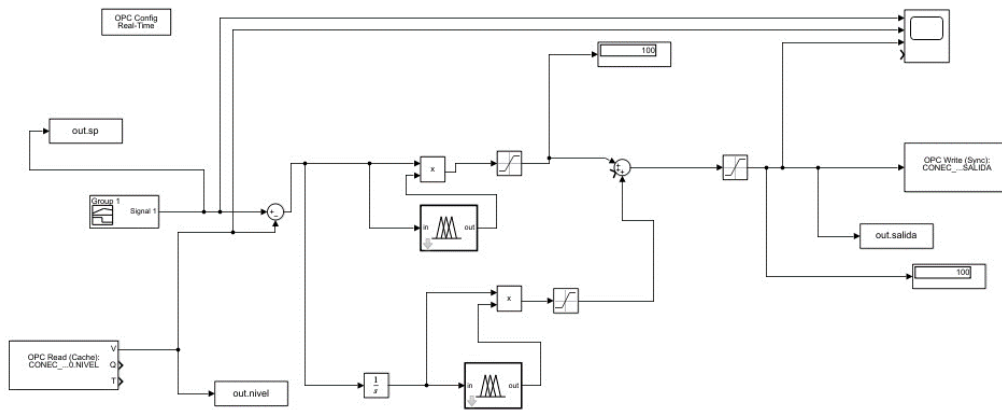


Figura 4.21 Estructura para la implementación de un controlador Fuzzy utilizando comunicación OPC.

Lo primero que debemos de tener en cuenta es el valor de los rangos que va a trabajar cada variable, en este caso tenemos un rango de valor de error entre -200 y 200, sin embargo, la válvula de control no puede operar en valores negativos, ya que solo realiza la acción de abrir. Entonces las configuraciones serán las siguientes.

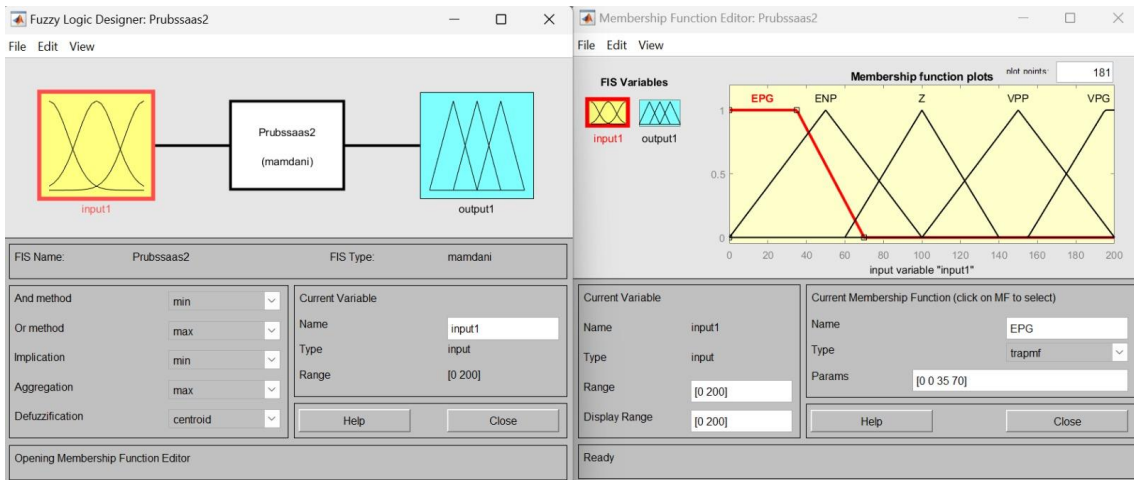


Figura 4.22 Variables lingüísticas de la variable de entrada del error.

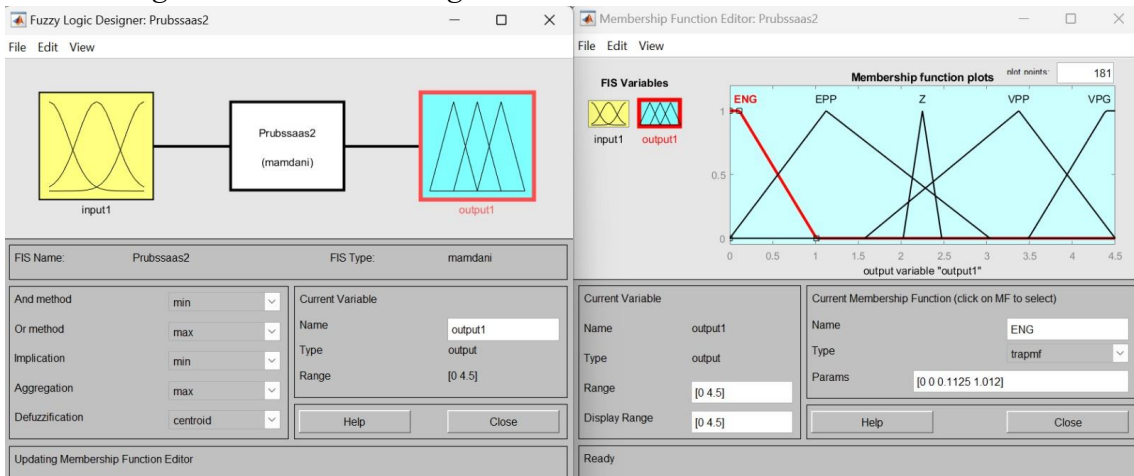


Figura 4.23 Variables lingüísticas de la variable de salida.

El análisis lo diseño del control Fuzzy lo vamos a realizar con dos controladores Fuzzy, uno va a operar la variable del error y el otro va a operar la derivada del error para poder ir estabilizando el sistema.

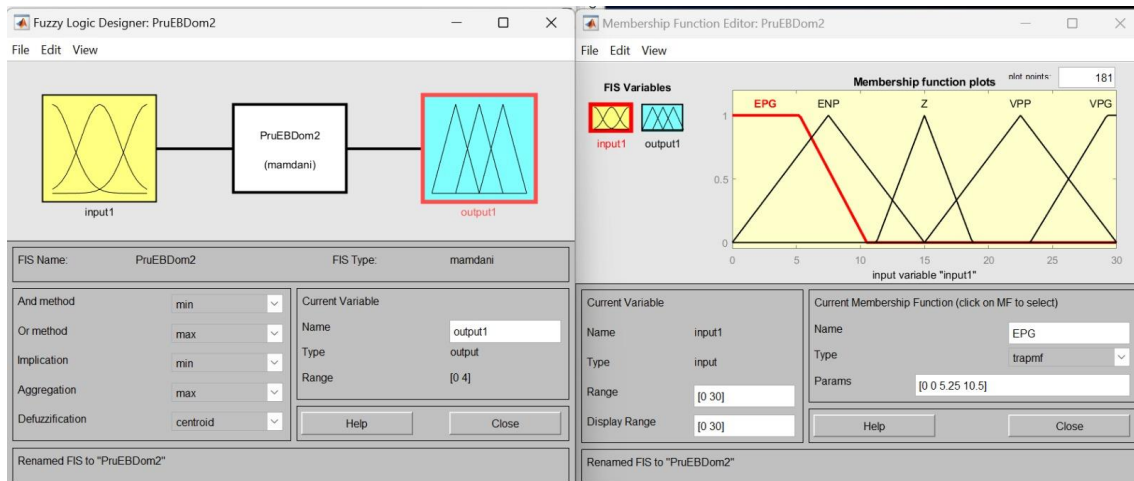


Figura 4.24 Variables lingüísticas de la variable de entrada de la derivada del error.

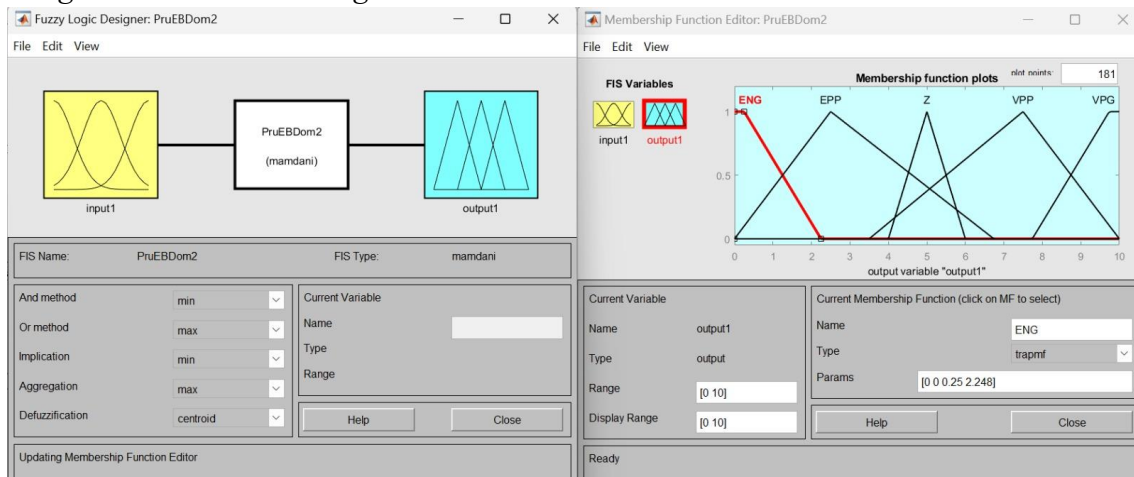


Figura 4.25 Variables lingüísticas de la variable de salida de la derivada del error.

La variable de error es la más importante en un control Fuzzy ya que el control depende del error respecto a la señal de consigna para realizar la asignación de valores de la variable de salida.

En las variables que vamos a utilizar son de valores muy pequeños para poder trabajar de forma óptima, ya que el error fluctúa en pequeños valores con respecto a la variable de consigna de tal forma que mientras más pequeños son los cambios en el error el control es más efectivo y estable.

Para poder configurar las reglas del control Fuzzy primero tenemos que realizar una tabla en donde realizamos el análisis del error con respecto a la derivada del error, así colocamos las variables lingüísticas y aplicando la lógica definimos las reglas necesarias,

en este caso contamos con cinco variables lingüísticas en las dos variables de entrada lo que nos genera las siguientes reglas.

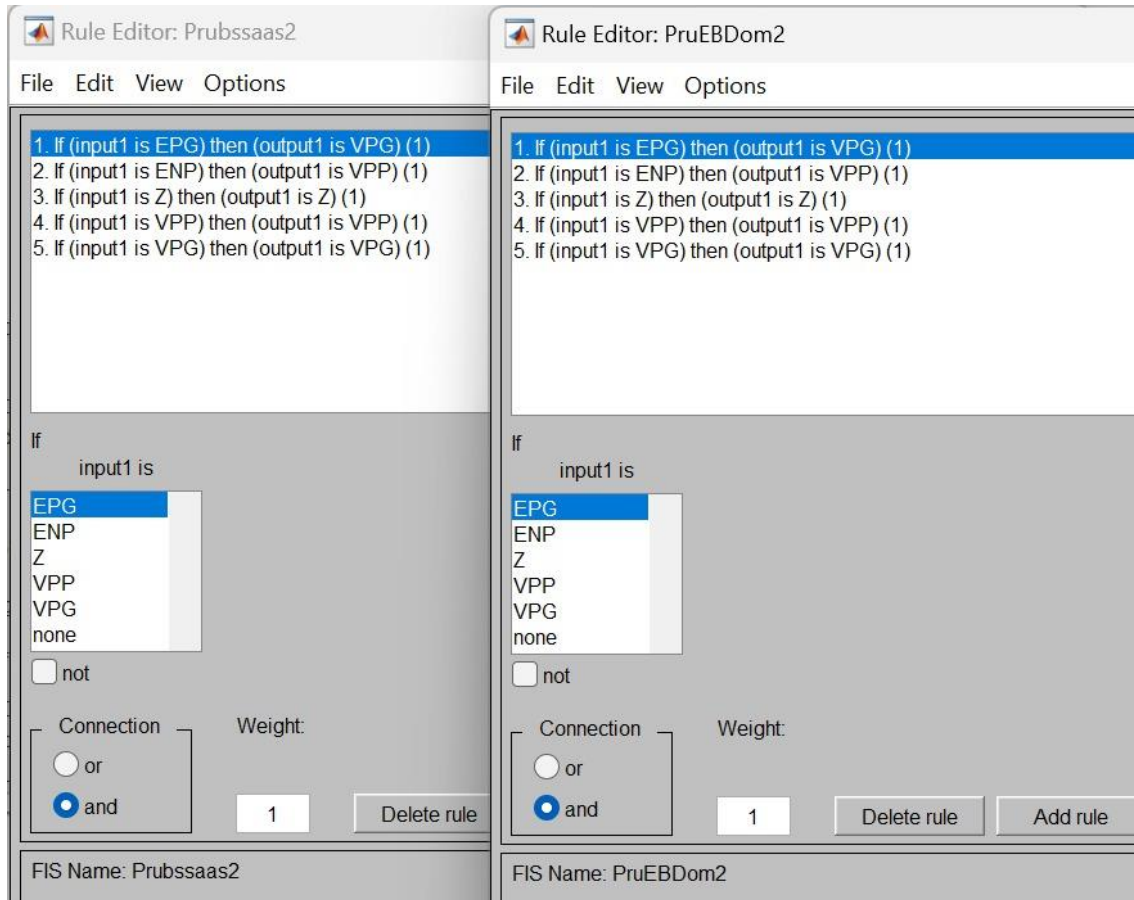


Figura 4.26 Configuración de las reglas de los dos Fuzzy.

La configuración detallada del modelado del sistema de control Fuzzy se encuentra en el anexo 2.

5. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la simulación de los controladores PID y Fuzzy para el control de proceso virtual de nivel, la evaluación de desempeño de los controladores se hará en función de los parámetros característicos de una respuesta transitoria ante una señal de escalón.

5.1 Simulación de Controladores

Las simulaciones se realizan con el objetivo de obtener información sobre cómo se desempeña con respecto a la planta y a su vez validen los modelos matemáticos anteriormente planteados, es necesario recalcar que los ajustes en cada uno de los controladores se realizan con el fin de alcanzar un mayor grado de eficiencia al momento de la implementación.

5.1.1 Simulación del control PID

La simulación del control PID es realizada utilizando la estructura mostrada en la figura 4.18 estructura del PID. Inicialmente la respuesta que genera el controlador bajo los parámetros predeterminados del programa da como resultado una respuesta con sobre impulso del nivel.

Con el objetivo de conseguir una respuesta más óptima se ajusta el control necesariamente y se realizan las pruebas, como podemos observar la válvula de control genera un control con retardo al establecer el setpoint, es importante tener en cuenta que el valor del setpoint lo ingresamos por medio del entorno gráfico, sin embargo, para motivos de análisis y comparar tiempos de respuesta, vamos a ingresar el valor del SP por medio de la aplicación de Simulink.

Realizamos una variación del setpoint de manera automática para realizar un análisis de comportamiento, como se muestra en la figura 5.1.

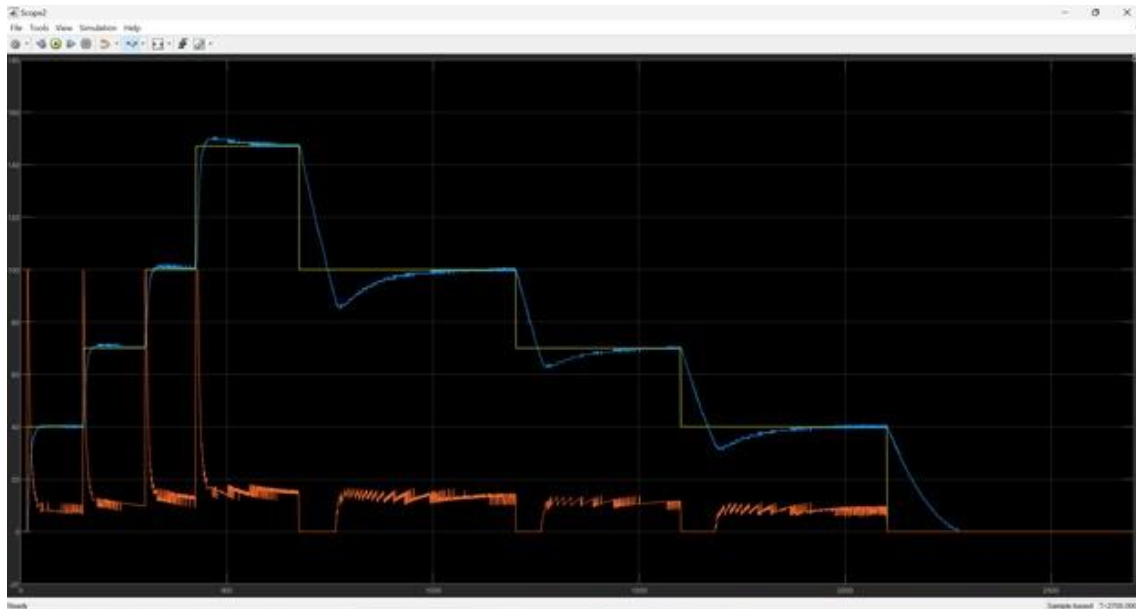


Figura 5.1 Comportamiento del control PID para un proceso virtual de nivel

Como podemos observar existe un sobre impulso al momento de llenado, por efectos del control PID necesita tener una manera de estabilizar el sistema, la perturbación con la que estamos trabajando es del 10% en todo el sistema. El tiempo de estabilización del sistema al momento de llenado es de unos 3 minutos aproximadamente.

Al momento del vaciado del tanque existe un cambio en el sistema con un error de 15 como resultado el tiempo de estabilización en el setpoint son 7 minutos. Este error que se genera depende específicamente del valor de la perturbación que se manipula, es así que entre mayor sea el valor de la perturbación se va a desestabilizar el sistema de manera proporcional.

Tabla 9. Tabla. Parámetros de sintonía de un control PID

Kp	2,888531
Ki	0,0341446
Kd	2,9708822

5.1.2 Simulación del control Fuzzy

En primera instancia vamos a realizar una prueba con las mismas condiciones del PID, dentro del entorno de trabajo de Simulink, obteniendo una respuesta con curvas como se muestra en la figura 5.2 logrando ver el comportamiento base para empezar el análisis comparativo.



Figura 5.2 Comportamiento de control Fuzzy para un proceso virtual de nivel

En ambos casos se obtiene una buena respuesta al lograr estabilizar la variable sin sobre impulsos ni oscilaciones. Para más detalles en el anexo 2.

<pre> [Input1] Name='input1' Range=[0 30] NumMFs=5 MF1='EPG': 'trapmf', [0 0 5.25 10.5] MF2='ENP': 'trimf', [0 7.5 15] MF3='Z': 'trimf', [11.25 15 18.75] MF4='VPP': 'trimf', [15 22.5 30] MF5='VPG': 'trapmf', [23.25 29.25 30 30] [Output1] Name='output1' Range=[0 4] NumMFs=5 MF1='ENG': 'trapmf', [0 0 0.1 0.8992] MF2='EPP': 'trimf', [0 1 2.696] MF3='Z': 'trimf', [1.6 2 2.4] MF4='VPP': 'trimf', [1.4 3 4] MF5='VPG': 'trapmf', [3.096 3.896 4 4] [Rules] 1, 5 (1) : 1 2, 4 (1) : 1 3, 3 (1) : 1 4, 4 (1) : 1 5, 5 (1) : 1 </pre>	<pre> [Input1] Name='input1' Range=[0 200] NumMFs=5 MF1='EPG': 'trapmf', [0 0 35 70] MF2='ENP': 'trimf', [0 50 100] MF3='Z': 'trimf', [60 100 140] MF4='VPP': 'trimf', [100 150 200] MF5='VPG': 'trapmf', [155 195 200 200] [Output1] Name='output1' Range=[0 4.5] NumMFs=5 MF1='ENG': 'trapmf', [0 0 0.1125 1.012] MF2='EPP': 'trimf', [0 1.125 3.038] MF3='Z': 'trimf', [2.025 2.25 2.475] MF4='VPP': 'trimf', [1.575 3.375 4.5] MF5='VPG': 'trapmf', [3.488 4.388 4.5 4.5] [Rules] 1, 5 (1) : 1 2, 4 (1) : 1 3, 3 (1) : 1 4, 4 (1) : 1 5, 5 (1) : 1 </pre>
--	---

Figura 5.3 Parámetros de sintonía del control Fuzzy

5.1.3 Análisis comparativo entre PID y Fuzzy

Para realizar el análisis comparativo de la simulación es necesario evaluarlos en condiciones específicas, en los dos softwares se obtiene la misma señal de respuesta debido a ello se comparará tomando una misma grafica de señales de respuesta.

5.1.3.1 Tiempo de asentamiento de señal

Para esta comparación se les da a ambos controladores una señal de escalón de 80 donde el comportamiento se muestra en la fig.5.4

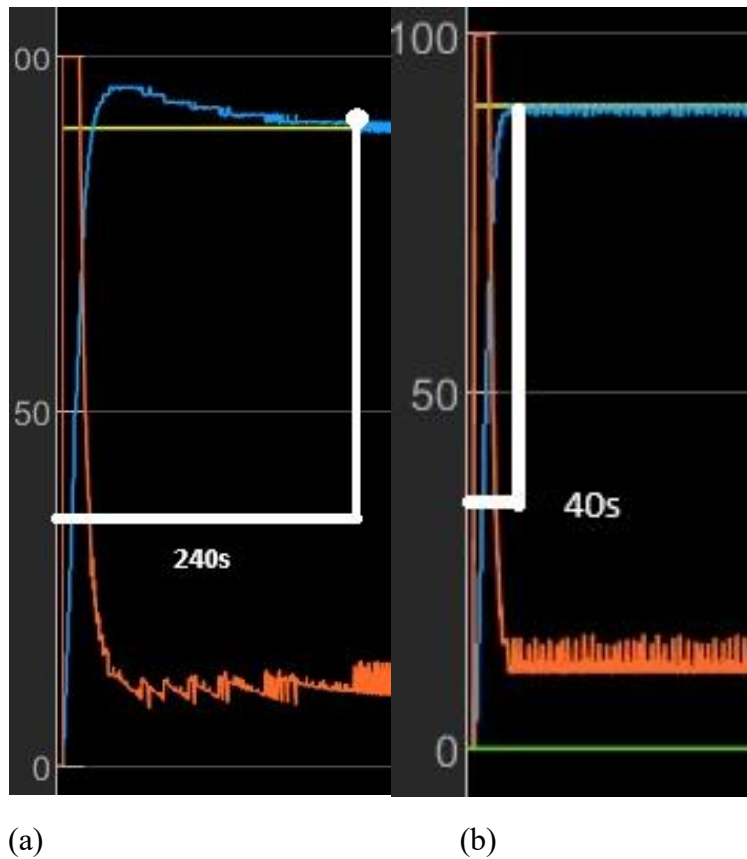
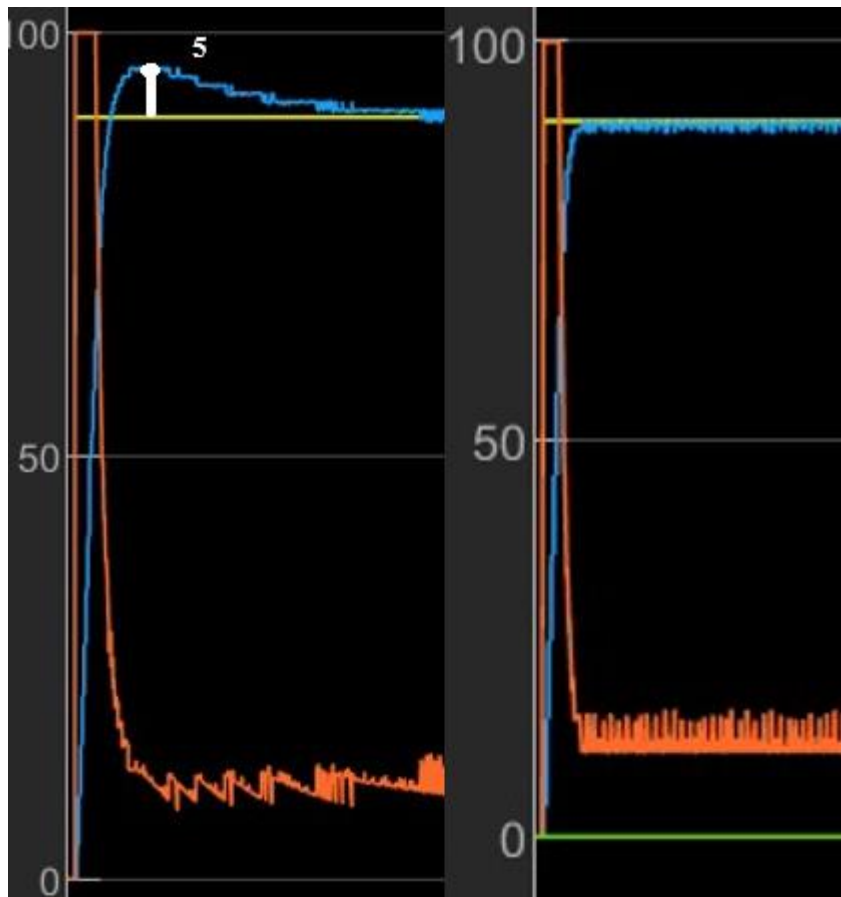


Figura 5.4 (a) Respuesta de PV, SP y CV PID y respuesta (b) Fuzzy en las mismas condiciones

Observando el comportamiento podemos observar que el tiempo de asentamiento va a ser diferente entre ambos controles, en primera instancia el control PID tiene un tiempo de asentamiento de 240 segundos, mientras que en el control Fuzzy se estabiliza dentro de 40 segundos, logrando así una optimización del 85% contra el PID.

5.1.3.2 Sobre Impulso

En la simulación se obtiene una respuesta que proviene de la señal PV la cual en el control Fuzzy existe un sobre impulso de 3 antes de llegar a su estabilización, mientras tanto el control Fuzzy aumenta paulatinamente.



(a)

(b)

Figura 5.5 (a) respuesta de sobre impulso PID y (b) Respuesta sobre impulso Fuzzy

En el control PID existen un sobre impulso de alrededor de 5 con un error negativo, por otro lado, en el control Fuzzy no existen sobre impulsos al momento de llenado de tanque.

5.1.3.3 Tiempo de retardo

En las figuras se observa que existe una perturbación mínima en la válvula de control, a esto consideramos una perturbación permanente que se adapta dependiendo del valor de

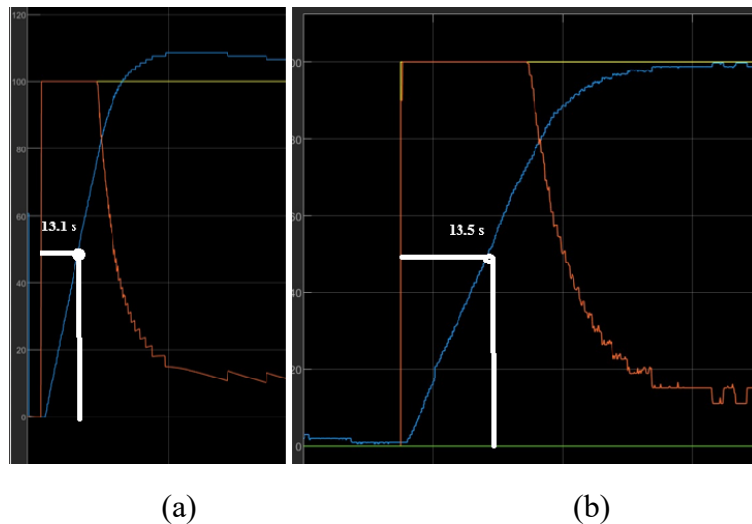


Figura 5.6 (a)Tiempo de retardo de un control PID y (b) un control Fuzzy.

Es el tiempo requerido para que la variable alcance la mitad del valor como se muestra en la figura. Como podemos observar en el modelo del control PID tiene mayor velocidad aunque no es por mucho, hay que tener en cuenta que el sistema se realizó las pruebas en un 10% de perturbación.

5.1.3.4 Comportamiento ante descenso de SP

Realizamos el análisis del comportamiento en los sistemas de control, al momento de la bajada del sistema.

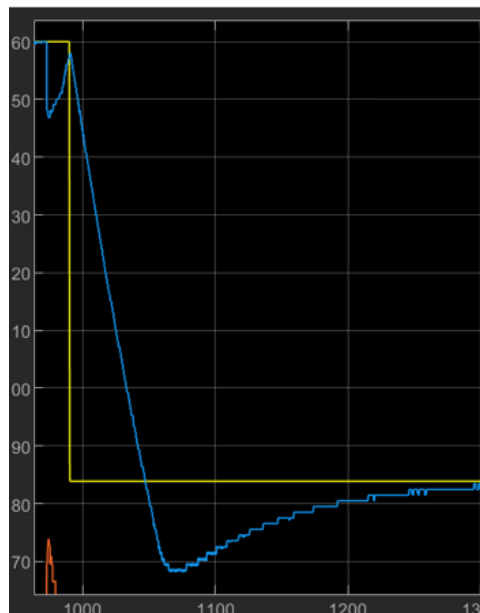


Figura 5.7 Comportamiento de un cambio de SP con el sistema de control PID

Como podemos observar al realizar un cambio de SP existe un error de 15, el tiempo que se demora en estabilizar el sistema 330s. Hay que recordar que las pruebas la realizamos

en un nivel de perturbación del 10%. Condiciones en las que el sistema opera de manera optima.

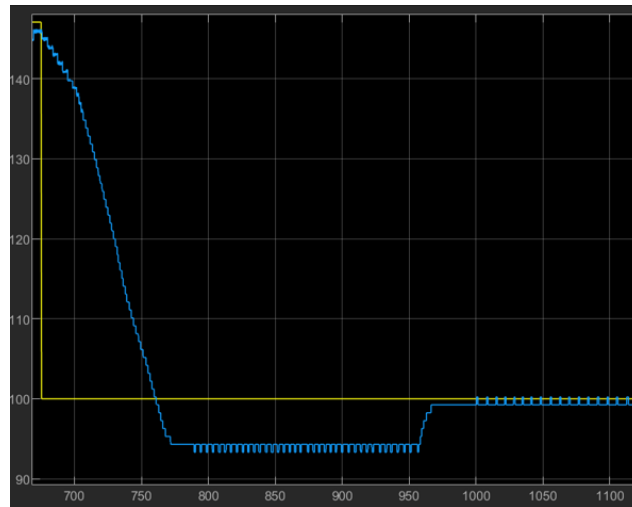


Figura 5.8 Comportamiento de bajada en SP con el sistema de control Fuzzy

La respuesta de un control Fuzzy se puede observar en la figura 5.8 en donde al momento de cambiar el nivel del tanque existe un error de 5 con respecto al setpoint dentro de un rango de 200s, tiempo después se estabiliza el sistema.

Comparando las respuestas de ambos controladores podemos determinar que el control Fuzzy se comporta de manera mas optima dentro las condiciones en las que se realizo las pruebas, analizando los comportamientos podemos observar que el control Fuzzy es el mejor al momento de variar el setpoint dentro de las condiciones en las que se realizó las pruebas.

5.1.3.4 Comportamiento ante Perturbaciones

Obtenidos los parámetros se procede a verificar el comportamiento en tiempo real, y procedemos a realizar pruebas ante diferentes valores de perturbación, observamos el comportamiento de recuperación de cada uno de los controladores, en el caso del control PID y Fuzzy evaluando ambos controladores en las mismas condiciones.

En el sistema aprobado las condiciones fueron de una perturbación de 10% dentro del DAQ para todos los setpoint, sin embargo, vamos a ver el funcionamiento de los controladores con diferentes niveles de perturbación.

Perturbación a un 20%

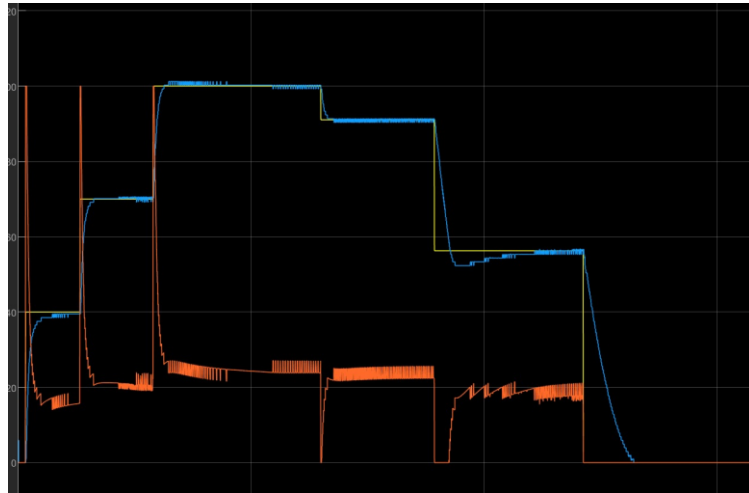


Figura 5.9 Comportamiento del control PID con una perturbación de 20%.

Analizando el comportamiento del sistema podemos deducir algunos aspectos, como por ejemplo que al cambiar el setpoint entre rangos pequeños la estabilidad se realiza de manera más estable, con diferencia que al existir una gran diferencia entre setpoints en la caída de nivel va a ser más exponencial al variar los puntos del setpoint de manera más controlada. Este comportamiento también va a depender del porcentaje de apertura en que se encuentra la válvula de perturbación es por ello que la presente propuesta tecnológica se realiza para mantener el control con condiciones ideales.

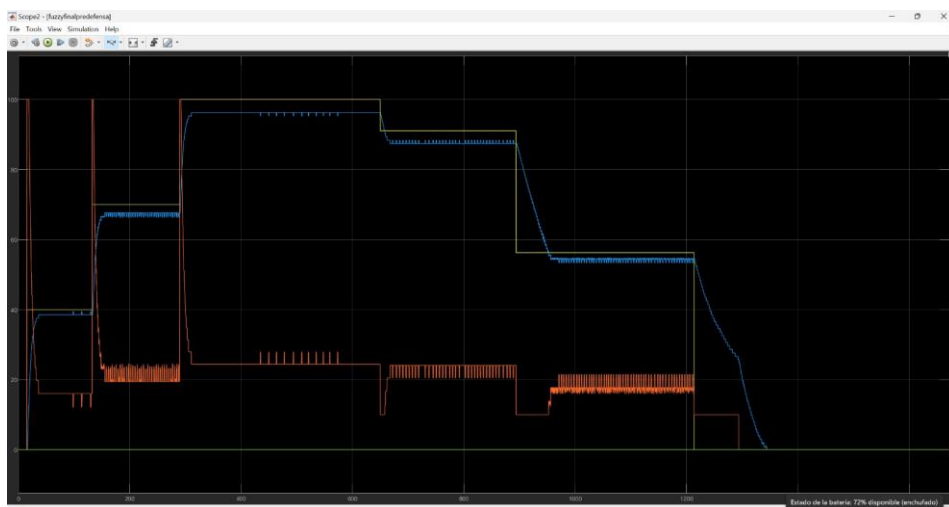


Figura 5.10 Comportamiento del control Fuzzy con una perturbación de 20%.

Analizando el control Fuzzy podemos observar que la señal de control es mejor al momento de subir y bajar el setpoint, el control Fuzzy regula las caídas del nivel al momento de bajar el setpoint, al momento de calibración del Fuzzy se realizó en condiciones estables, en este caso con una perturbación del 20%, así al momento de subir el nivel del agua se establece en el setpoint con un margen de error de 2 a 3, al momento de bajar el setpoint se mantiene el margen de error dependiendo del porcentaje de apertura en el que estén trabajando.

Para el análisis de ambos controladores vamos realizar pruebas con los diferentes valores de perturbación que nosotros podemos controlar dentro del módulo DAQ.

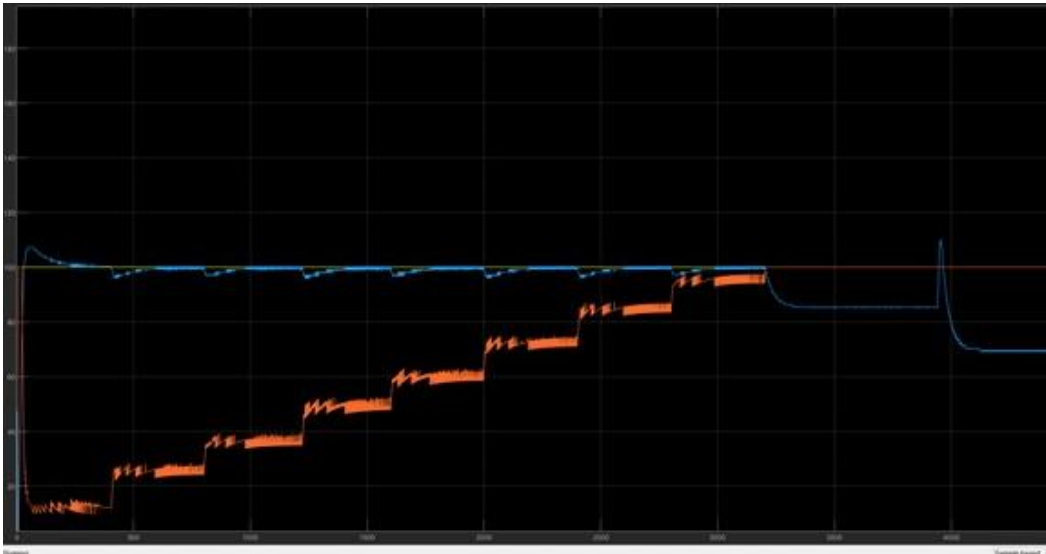


Figura 5.11 Aumento de perturbaciones de 10 en 10 con el control PID



Figura 5.12 Aumento de perturbaciones de 10 en 10 con el control Fuzzy

Observando los comportamientos de las figuras podemos deducir que el control PID realiza una mejor sintonización con respecto al aumento de las perturbaciones, con una respuesta casi inmediata a la válvula de control, con respecto al control Fuzzy podemos observar que el comportamiento va aumentando el error de manera proporcional con el porcentaje de perturbación, sin embargo al provocar un valor máximo de perturbación va a existir un error máximo de 30 que es el mismo valor que se refleja en el control PID con valores excesivos de perturbación.

5.2 Resumen de análisis comparativo

Observando el comportamiento de los sistemas de control Fuzzy y PID pudimos observar un mejor desempeño con respecto al control Fuzzy para sistemas en donde la perturbación sea baja y la aplicación de un sistema PID si se considera que el sistema va a sufrir grandes cambios en la perturbación, en la tabla 10 y 11 se muestra un resumen de la comparativa de los parámetros de desempeño entre un control PID y Fuzzy.

Tabla 10. Resumen de análisis comparativo entre un control Fuzzy.

perturbación	SP	Tiempo estabilización	Tiempo retardo	Tiempo de respuesta	S	B	nivel de error	S	B
10%	40	36.4	4.2	1	x		5.5cm	x	
10%	70	27	5	1.1	x		0.6,-0.88	x	
10%	100	19.25	4.7	2.4	x		-0.88	x	
10%	140	23.5	6.87	1.6	x		-0.88	x	
10%	100	260.25	43.4	1.1		x	-7,-0.75		x
10%	70	87	30.3	3.5		x	-5.83,0.6		x
10%	40	274.1	31.7	1		x	-		x
10%	0		58.7	2.7		x	0		x

Tabla 11. Resumen de análisis comparativo entre un control PID.

perturbación	SP	Tiempo estabilización	Tiempo retardo	Tiempo de respuesta	S	B	nivel de error	P	N
10%	40	32	5.2	1	X		0.48	x	
10%	70	29	4.6	0.9	x		1.55	x	
10%	100	25	4.3	0.7	x		1.22	x	
10%	140	232.4	6.28	0.3	x		3.72	x	
10%	100	377	35	0.85		x	0.23,-0.8	x	x
10%	70	309.4	26.4	1		x	0.5,-0.88	x	x
10%	40	380	33.2	0.8		x	0.5,-0.5	x	x
10%	0	182.9	62.35	0.9		x	0		

Para la obtención de pruebas completas de los sistemas de control podemos acercarnos al anexo 6 en donde se encuentra la obtención de datos en los distintos niveles de perturbación.

6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

Tabla 12. Análisis Económico.

ANALISIS ECONOMICO.	
Costos Directos.	
Costos Directos de Fabricacion	Valor Final (USD)
Costos del material.	549,5
Costos de mano de obra.	330
Total	\$ 879,50

Tabla 13. Materiales, cantidades y costos.

Material	Cantidad	Precio Unt	Precio Tot
PLC S7 1200 1214c DCDCDC	1	500	500
Modulo DAQ	1	40	40
Cable de cobre tipo THW de Cal. 12 AWG	3	0,5	1,5
Terminales tipo banana	10	0,25	2,5
GLC CE-1103C Cable UTP CAT 5E	1,5	1	1,5
Cable de cobre tipo THW de Cal. 14 AWG	2	0,5	1
cable comunicacion Arduino USB Tipo A a Usb Tipo B	1	3	3

Total			549,5
--------------	--	--	-------

Tabla 14. Formulas para el calculo de costos de amateriales y mano de obra.

PORCENTAJE RELATIVO	
	Formulas
Porcentaje de costos de materiales	$\left(\frac{\text{Costos de materiales}}{\text{Totales de costos directos}} \right) * 100$
Porcentaje de Mano de obra	$\left(\frac{\text{Costos de mano de obra}}{\text{Totales de costos directos}} \right) * 100$

Tabla 15. Porcentajes Relativos

Porcentaje Relativos	
Costos de materiales	Mano de obra
62,48	37,52

Tabla 16. Costos Indirectos

Costos Indirectos	
Descripcion	Valor final (USD)
Transporte	3
Gastos Inesperados	10
Detalle de ingenieria e investigacion	10
TOTAL	\$ 23,00

Tabla 17. Porcentaje

Porcentaje.	
	Formula
Costos indirectos	$\left(\frac{\text{Costos Indirectos}}{\text{cts directos} + \text{cts Indirectos}} \right) * 100$

Tabla 18. Costo total de fabricación

COSTO TOTAL DE FABRICACION	
Descripcion	Valor Final (USD)
Costos directos	\$ 879,50
Costos Indirectos	\$ 23,00
TOTAL	\$ 902,50

6.2 Analisis de Impactos

6.2.1 Impacto practico

Desde una perspectiva comparativa, este estudio permite la evaluación y uso de parámetros de desempeño específicos para cada controlador de señales analógicas y digitales, brindando una visión más completa y detallada del uso de diferentes controladores de variables de proceso. Esta evaluación comparativa no sólo mejora la comprensión de la efectividad de cada técnica, sino que también proporciona una base sólida para futuras investigaciones en esta área. Ayuda a tomar decisiones más informadas e implementar métodos de control más efectivos en la aplicación práctica, beneficiando la práctica profesional y el desarrollo tecnológico en el control de procesos.

6.2.2 Impacto tecnológico

La ejecución de controladores de nivel que utilizan conectividad OPC es un avance significativo en la tecnología de control, superando las limitaciones de las estaciones anteriores diseñadas solo para control básico. Al integrar el PLC S7-1200 como elemento de control principal, la nueva estación ofrece una mayor versatilidad en el control de parámetros y amplía enormemente su funcionalidad y beneficios. Este avance no sólo optimiza el rendimiento de la estación de caudal, sino que también abre la puerta al análisis comparativo entre los métodos de control anteriores y actuales. Esta comparación permite una evaluación detallada del rendimiento de ambos métodos y proporciona una visión técnica para el futuro. El control moderno no se presenta como una solución aislada, sino como parte de una serie de métodos de control interrelacionados, destacando su potencial para integrar y mejorar estrategias tecnológicas en el control de procesos. Por tanto, este desarrollo tecnológico no sólo optimiza la funcionalidad actual, sino que también sienta una base sólida para un mayor desarrollo e innovación en la gestión de los sistemas de control

6.2.3 Impacto epistemológico

La implementación de este proyecto mejora significativamente el conocimiento en los sistemas de control, especialmente en el control de variables de nivel. Estos avances se demuestran tanto en áreas prácticas como teóricas, abordando dos controladores que han generado impacto e interés significativos en la ciencia, la academia, la industria y la ingeniería.

El análisis comparativo y la implementación de estos controladores no solo enriquece la comprensión teórica de sus principios y aplicaciones, sino que también proporciona nuevas perspectivas y conocimientos prácticos que pueden influir en futuras investigaciones y desarrollos en este campo. De esta manera, el proyecto contribuye al desarrollo de la teoría existente, revisa y mejora los modelos existentes y proporciona una base sólida para nuevas investigaciones sobre control variable en sistemas de control.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El estudio de los sistemas de control fuzzy y el control PID proporciona una comprensión profunda y detallada de sus principios operativos y aplicaciones. Se descubrió que ambos sistemas tienen propiedades únicas que los hacen adecuados para diferentes tipos de problemas de control. Los sistemas de control fuzzy se destacan por su capacidad para manejar las variaciones y los cambios en datos imprecisos utilizando reglas lingüísticas, mientras que el control PID se caracteriza por su robustez y sencillez a la hora de regular sistemas lineales.
- El diseño de los sistemas de control enfocado al caso de estudio de nivel y control en tiempo real ha demostrado ser altamente efectivo en la práctica. Basado en el análisis y la implementación del sistema, se logró establecer un control

notablemente estable para el llenado de tanques de agua. La investigación y el diseño meticuloso permitieron ajustar y optimizar los parámetros del sistema de control, asegurando una respuesta precisa y una regulación eficiente del nivel de agua. Este éxito no solo confirma la viabilidad del enfoque adoptado, sino que también ofrece una solución robusta para problemas similares en aplicaciones industriales. La información obtenida y las técnicas implementadas en este estudio servirán como base sólida para futuros desarrollos y aplicaciones en el campo del control en tiempo real.

- La implementación del diseño elaborado que incluyó la instalación de un sistema de comunicación y transmisión de datos en tiempo real para el control de nivel, fue un gran éxito. En particular, la transferencia de datos resultó muy satisfactoria y superó las expectativas iniciales en términos de velocidad, precisión y fiabilidad. La capacidad del sistema para transferir datos de forma inmediata facilita un seguimiento y control efectivo, ayudando a alcanzar niveles óptimos de gestión. Este éxito resalta la eficiencia y la capacidad del diseño para abordar los desafíos de la transmisión de datos, sentando una base sólida para futuras aplicaciones y mejoras a sistemas de control similares
- La comprobación de la eficacia y el rendimiento de los sistemas implementados, a través de la evaluación exhaustiva de su calidad, ha demostrado resultados altamente satisfactorios. Tras realizar diversas pruebas con diferentes variables, el desempeño del sistema en términos de comunicación y transmisión de datos cumplió y superó las expectativas. Los resultados obtenidos confirman que los sistemas no solo operan de manera eficiente, sino que también mantienen una alta calidad en su rendimiento bajo distintas condiciones. Este éxito valida la efectividad de las soluciones implementadas y proporciona una base sólida para su aplicación en entornos reales y para futuras optimizaciones..

7.2 Recomendaciones.

- Para obtener resultados óptimos en la simulación y procesamiento de las diversas actividades propuestas, se recomienda utilizar un dispositivo con las siguientes especificaciones: 32 GB de RAM, una tarjeta gráfica Nvidia RTX 3060, un procesador Intel Core i9 de 12ª generación y un disco SSD de 1 TB. Estas especificaciones asegurarán un rendimiento eficiente y fluido en la ejecución de simulaciones complejas y el procesamiento intensivo de datos, permitiendo manejar de manera efectiva las cargas de trabajo requeridas y mejorando la precisión y velocidad de los resultados obtenidos. Adopción de este tipo de hardware contribuirá significativamente a la calidad y fiabilidad de los análisis realizados en el estudio.
- Para garantizar la integridad y precisión de futuras investigaciones basadas en este estudio, se recomienda evitar cambios repentinos en los sistemas o métodos implementados. No se recomienda hacer ajustes drásticos, sino utilizar un enfoque gradual para probar y monitorear gradualmente los datos. Este enfoque permitirá detectar y eliminar posibles errores a tiempo, reducir el riesgo de errores graves y garantizar la estabilidad y fiabilidad de los resultados. La adopción de este enfoque ayudará a gestionar los ajustes de manera más eficiente y mejorará la resiliencia del sistema durante todo el proceso de la encuesta.

- Para mejorar la eficiencia del diseño y análisis de investigaciones futuras, se recomienda utilizar dos equipos profesionales: uno dedicado a simulaciones y el otro a la recopilación y gestión de datos. Esta separación de funciones permitirá que el equipo de simulación se centre continuamente en el procesamiento y análisis del modelo, mientras que el equipo de recopilación de datos se centra en garantizar la precisión y fiabilidad de la información recopilada. Además, esta estructura ayudará a crear un repositorio más estable y fiable, lo que facilitará una evaluación más precisa y justificada de los resultados obtenidos. La implementación de esta estrategia mejorará la organización y la calidad del estudio y optimizará los procesos de simulación y la gestión de datos.

8. REFERENCIAS

- [1] «codigos_unesco.pdf». Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/codigos_unesco.pdf
- [2] J. J. Penco y M. R. Modesti, «Control Difuso Versus PID para un Sistema de Bola y Plataforma», *RTyC*, n.º 36, pp. 155-168, oct. 2019, doi: 10.33414/rtyc.36.155-168.2019.
- [3] J. E. Gomez-Hernandez, A. Pardo-Garcia, O. M. Duque-Suarez, y J. L. Díaz-Rodríguez, «Diseño de una estrategia de control difuso vs PID en sistemas multivariados lineales acoplados», *Mundo FESC*, vol. 11, n.º S6, Art. n.º S6, feb. 2021, doi: 10.61799/2216-0388.1108.
- [4] D. F. Ovalle Fajardo y E. F. Castro Solano, «Análisis comparativo de un control clásico y un control fuzzy de nivel en la planta de procesos amatroil T5552 desarrollado en Labview ®», oct. 2016, Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7714>
- [5] alvnx_edit, «Técnicas para el control de procesos industriales: Optimizando la eficiencia y la calidad», Alvinox. Accedido: 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.alvinox.com/tecnicas-control-procesos-industriales/>
- [6] Predictiva21, «Principios Básicos del Control de Procesos Industriales», Predictiva21. Accedido: 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://predictiva21.com/8-1-principios-control-procesos/>
- [7] alvnx_edit, «Técnicas para el control de procesos industriales: Optimizando la eficiencia y la calidad», Alvinox. Accedido: 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.alvinox.com/tecnicas-control-procesos-industriales/>
- [8] B. E. P. Berenguer, «INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL».
- [9] «T-ESPEL-ENI-0451.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/23330/T-ESPEL-ENI-0451.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] «Dialnet-MetodologiaParaLaSintonizacionDeControladoresPIDIn-7889104.pdf».
- [11] «PID.pdf». Accedido: 21 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>
- [12] «Diseño por simulación de un control Fuzzy y MPC para un proceso de nivel», *Ciencia Latina*, vol. 6, n.º 1, pp. 1951-1970, feb. 2022, doi: 10.37811/cl_rcm.v6i1.1621.
- [13] «Cap1_ConjuntosDifusos.pdf».

- [14] «Fuzzy-Control.pdf». Accedido: 22 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.frba.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2021/02/Fuzzy-Control.pdf>
- [15] «fuzzy.pdf». Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<http://www.lcc.uma.es/~eva/aic/apuntes/fuzzy.pdf>
- [16] «153569963.pdf». Accedido: 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/153569963.pdf>
- [17] D. Guzmán y V. M. Castaño, «La lógica difusa en ingeniería: principios, aplicaciones y futuro», *Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 24, n.º 2, Art. n.º 2, 2006, Accedido: 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/2640>
- [18] «63f24042a562c213670413595727c00f.pdf». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://unividaufp.edu.co/repositorio/files/original/63f24042a562c213670413595727c00f.pdf>
- [19] «T-ESPEL-MEI-0011.pdf».
- [20] «Revista ElectroIndustria - ¿Qué son los sistemas DAQ?» Accedido: 6 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3286&ni=que-son-los-sistemas-daq>
- [21] «content.pdf». Accedido: 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/875e8262-6805-4573-850d-9be2285f57f4/content>

ANEXOS

ANEXO 1 PID

1.PASOS PARA INICIAR EL PROYECTO DE CONTROL PID-SIMULINK.....	3
1.1 Entorno Matlab-Simulink.....	3
1.2 Inicio entorno simulink.....	3
1.3 panel de tareas Simulink.....	4
1.4 Simulink elección de accesorios OPC.,.....	4
1.4.1 Library Browser.....	5
1.4.2 Menú búsqueda.....	5
1.4.3 OPC Configurador.....	6
1.4.5 OPC Read.....	6
1.4.6 OPC Write.....	7
1.5 Elementos secundarios del programa.....	7
1.5.1 En la barra de búsqueda de Library Browser insertamos sum para ingresar al sumador.....	7
1.5.2 Workspace.....	8
1.5.3 Scope.....	8
1.5.4 Display.....	9
1.5.5 Manual Switch.....	9
1.5.6 Step.....	10
1.5.7 Constante.....	10
1.5.8 PID.....	11
1.5.9 Diagrama.....	11
1.6 Conexión de elementos.....	12
1.6.1 Step y Manual Switch.....	12
1.6.2 Constante y Manual Switch.....	13
1.6.3 Manual Switch y Workspace.....	13
1.6.4 Manual Switch y Sumador.....	13
1.6.5 Sumador y PID.....	14
1.6.6 OPC Read V y sumador.....	14
1.6.7 OPC Read V y Workspace.....	15
1.6.8 Workspace y Display.....	15
1.6.9 Pid y OPC Write.....	16

1.6.10	PID y Display.....	16
1.6.11	Señales del control de nivel	17
1.6.12	La segunda señal.....	17
1.6.13	La tercera señal.....	18
Figura 1.	Pantalla principal Matlab 1.....	3
Figura 2.	Panel de tareas Matlab	3
Figura 3.	Panel de tareas Simulink	4
Figura 4.	Library browser	5
Figura 5.	Búsqueda OPC	5
Figura 6.	OPC Real Time.....	6
Figura 7.	OPC Read.....	6
Figura 8.	OPC Write.....	7
Figura 9.	Sumador(sum)	8
Figura 10.	Workspace1	8
Figura 11.	Scope	9
Figura 12.	Display	9
Figura 13.	Manual switch.....	10
Figura 14.	Step.....	10
Figura 15.	Constante.....	11
Figura 16.	PID Controler.....	11
Figura 17.	Elementos a utilizar	12
Figura 18.	Conexión Step y Manual Switch	12
Figura 19.	Conexión constate con Manual Switch	13
Figura 20.	Salida Manual Switch con entrada Workspace.	13
Figura 21.	Manual Switch con la entrada sumador.....	14
Figura 22.	Salida sumadora con entrada al PID	14
Figura 23.	OPC con entrada al sumador	15
Figura 24.	Salida V OPC Read con entrada Workspace.	15
Figura 25.	Conexión Workspace con Display2.	16
Figura 26.	Salida PID con entrada OPC Write.	16
Figura 27.	Entrada PID A ingreso de Display.....	17
Figura 28.	Primera entrada del Scope al ingreso del sumador	17
Figura 29.	Segunda entrada del Scope a la segunda entrada del sumador.....	18

Figura 30. Tercera entrada del Scope con la entrada al OPC Write..... 18

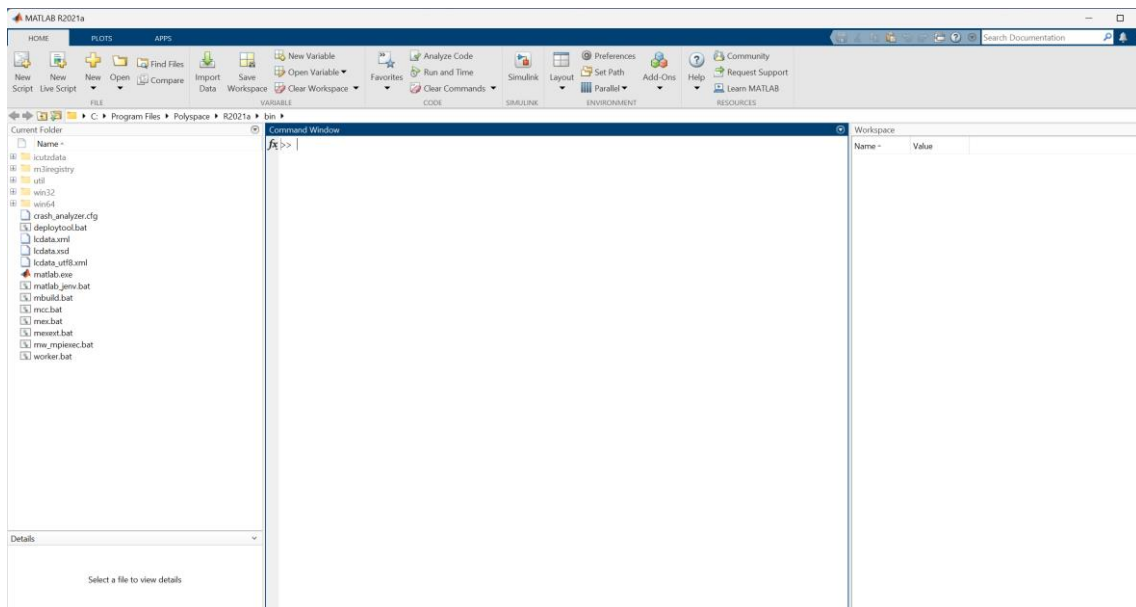
MATLAB

1.PASOS PARA INICIAR EL PROYECTO DE CONTROL PID-SIMULINK

Antes de iniciar el crear el nuevo proyecto en simulink debemos tener el Matlab en una versión 2021 en el cual se iniciará un proyecto para la vinculación de los programas antes mencionados.

1.1 Entorno Matlab-Simulink

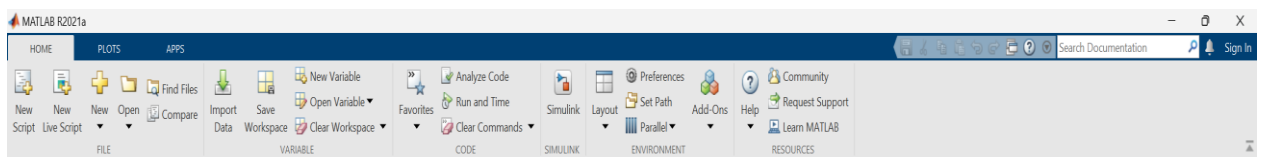
Al iniciar el programa de Matlab se genera una pantalla de trabajo donde nos permite abrir un proyecto existente o crear un nuevo proyecto, en este caso se abrirá la versión de Simulink.



Pantalla principal Matlab 1

1.2 Inicio entorno simulink

Dar doble clic en la opción de simulink se iniciará una ventana de trabajo.

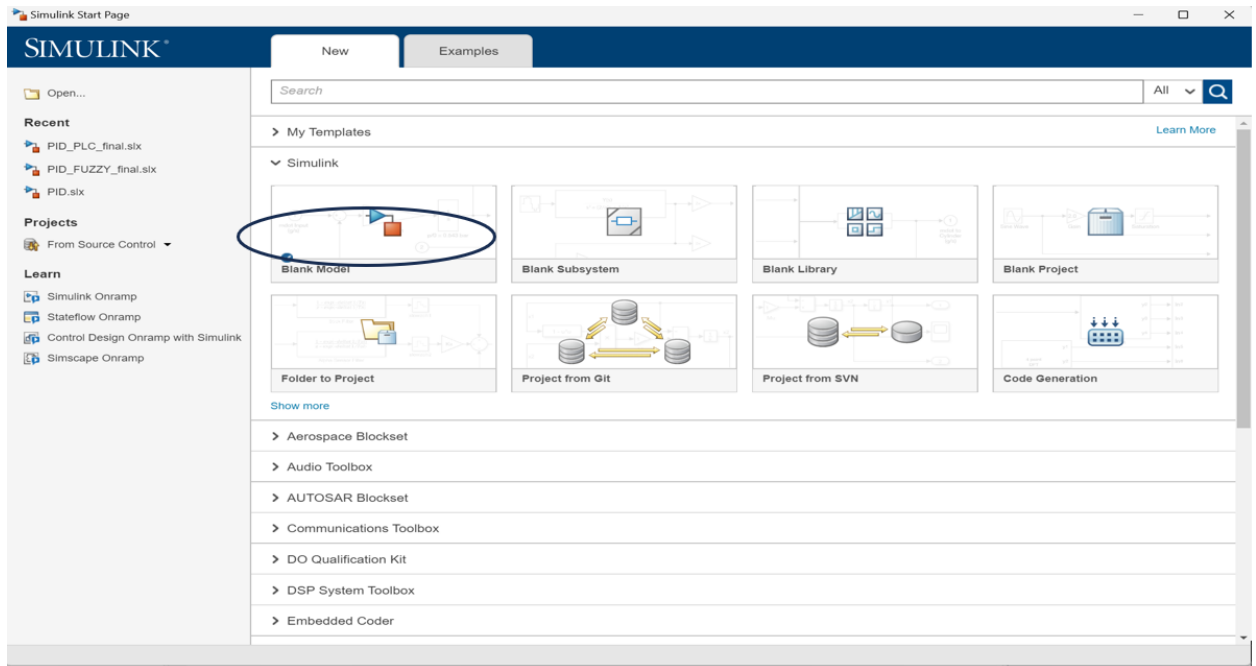


Panel de tareas Matlab

1.3 panel de tareas Simulink

En este panel de tareas se encuentra predefinido y genera opciones diversas para realizar simulaciones

- Dar clic en blank model,



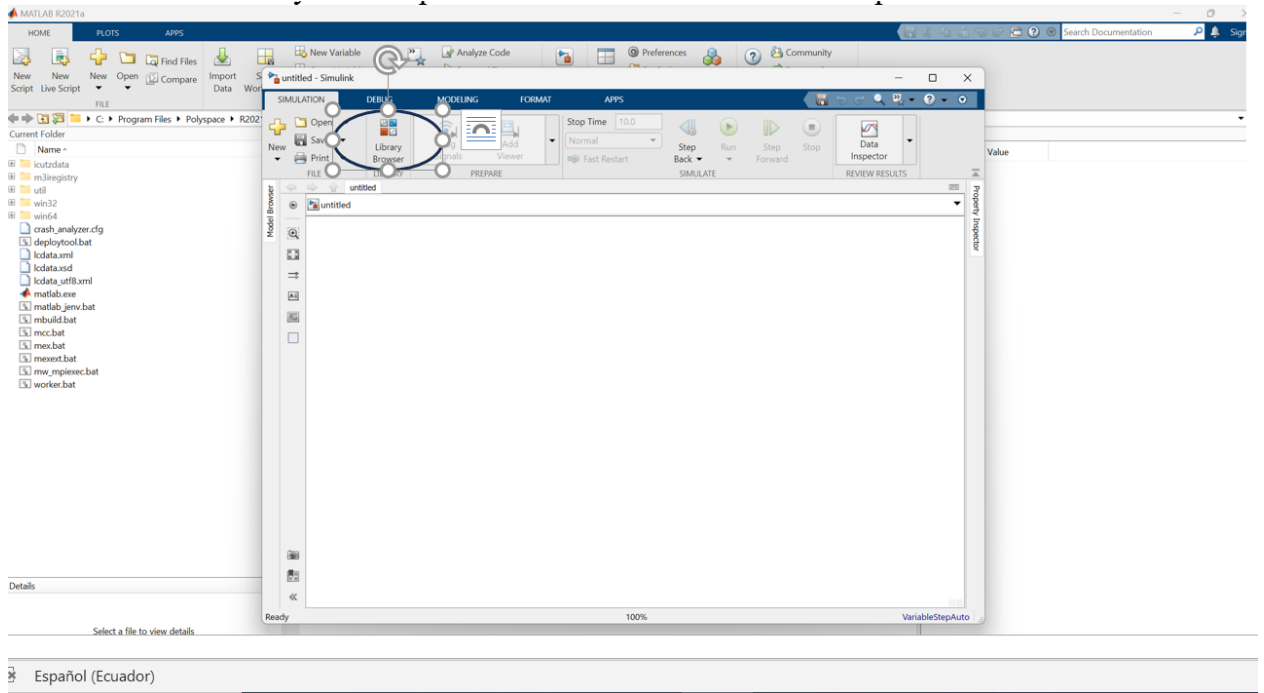
Panel de tareas Simulink

1.4 Simulink elección de accesorios OPC.,

La base de datos de Simulink cuenta con varios elementos que permiten la intercomunicación entre varias aplicaciones virtuales.

1.4.1 Library Browser.

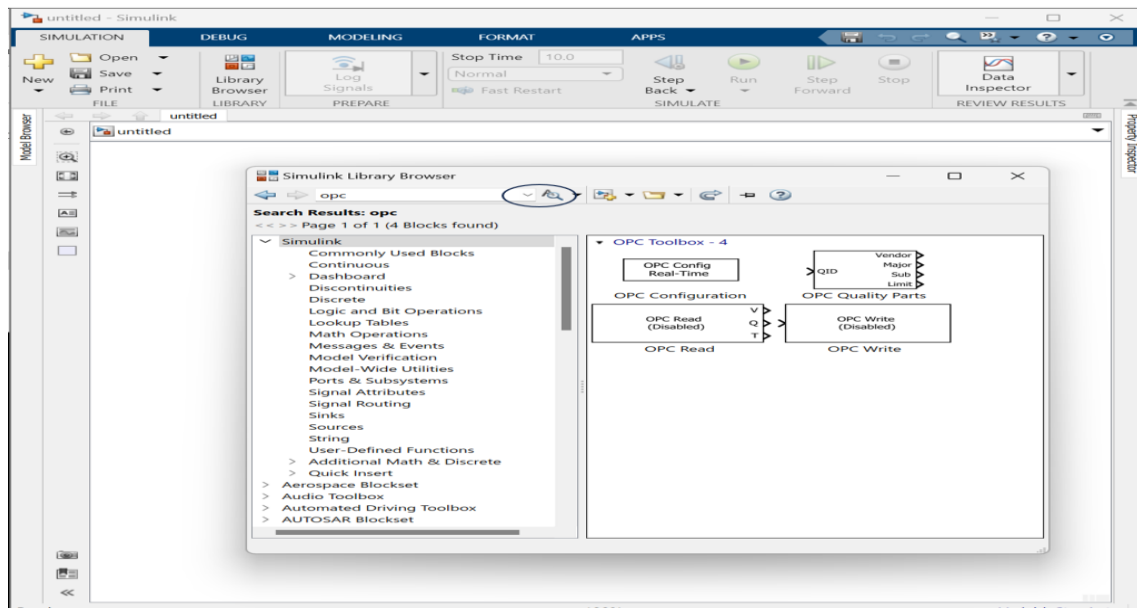
Generamos doble clic y se nos aparece una librería con distintos dispositivos



Library browser

1.4.2 Menú búsqueda

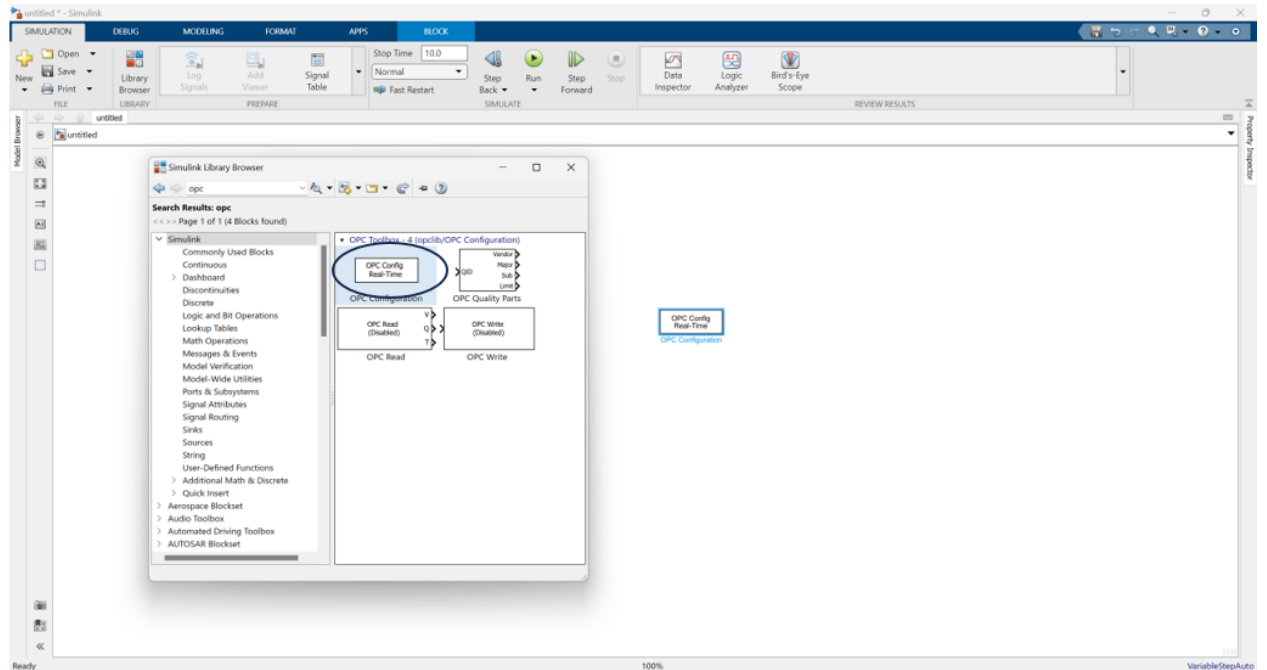
Seleccionamos en el indicador de búsqueda e ingresamos OPC.



Búsqueda OPC

1.4.3 OPC Configurador.

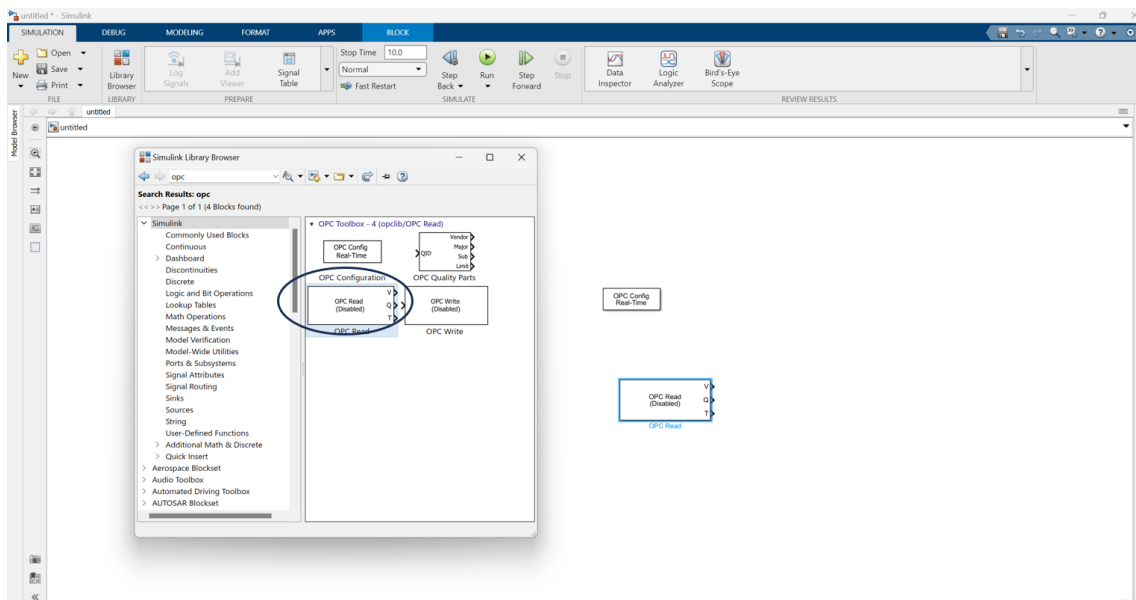
Seleccionamos el OPC de configuración y arrastramos hasta la pantalla de trabajo.



OPC Real Time

1.4.5 OPC Read.

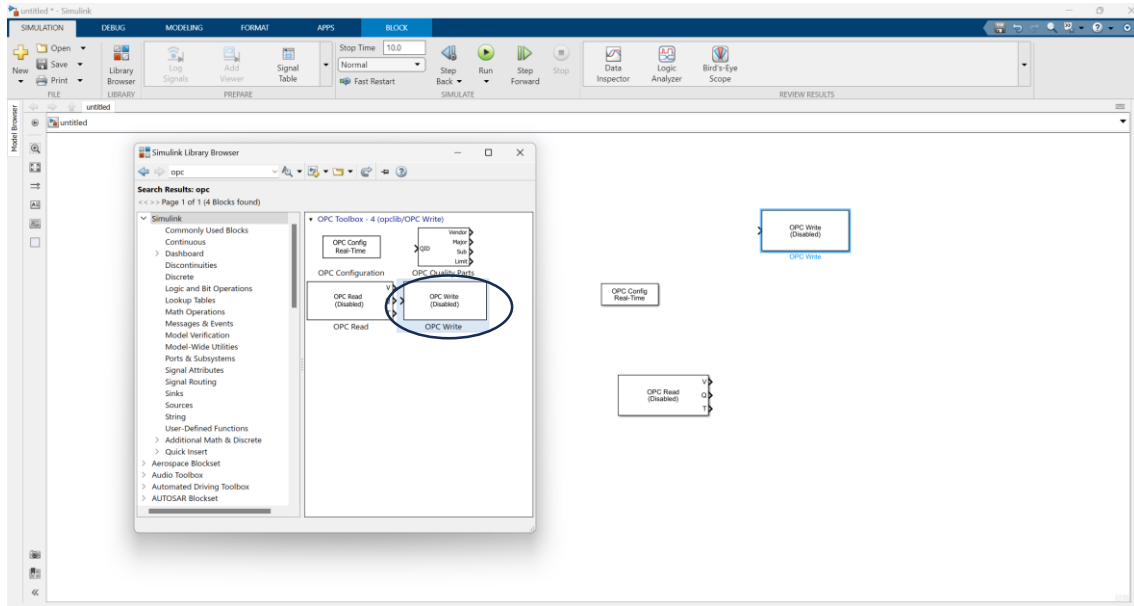
Seleccionamos OPC Read y de igual manera lo arrastramos en incorporamos al área de trabajo



OPC Read

1.4.6 OPC Write.

A continuación añadimos un OPC write y lo asignamos a la pantalla de trabajo.



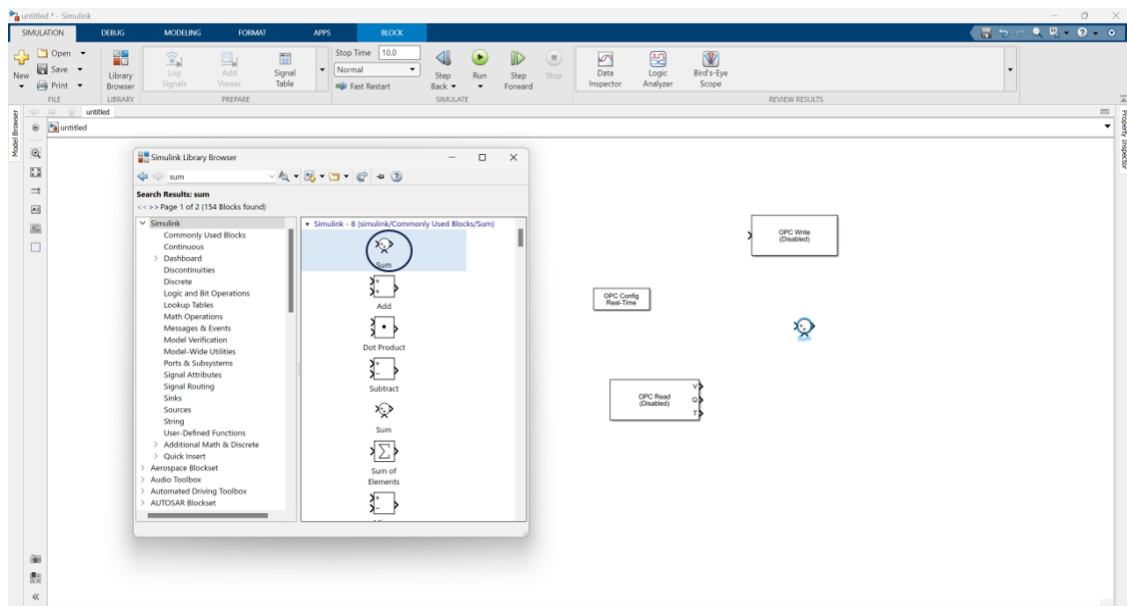
OPC Write

1.5 Elementos secundarios del programa

En los elementos secundarios elegimos los sumadores adicional del osciloscopio, así como Workspace.

1.5.1 En la barra de búsqueda de Library Browser insertamos sum para ingresar al sumador.

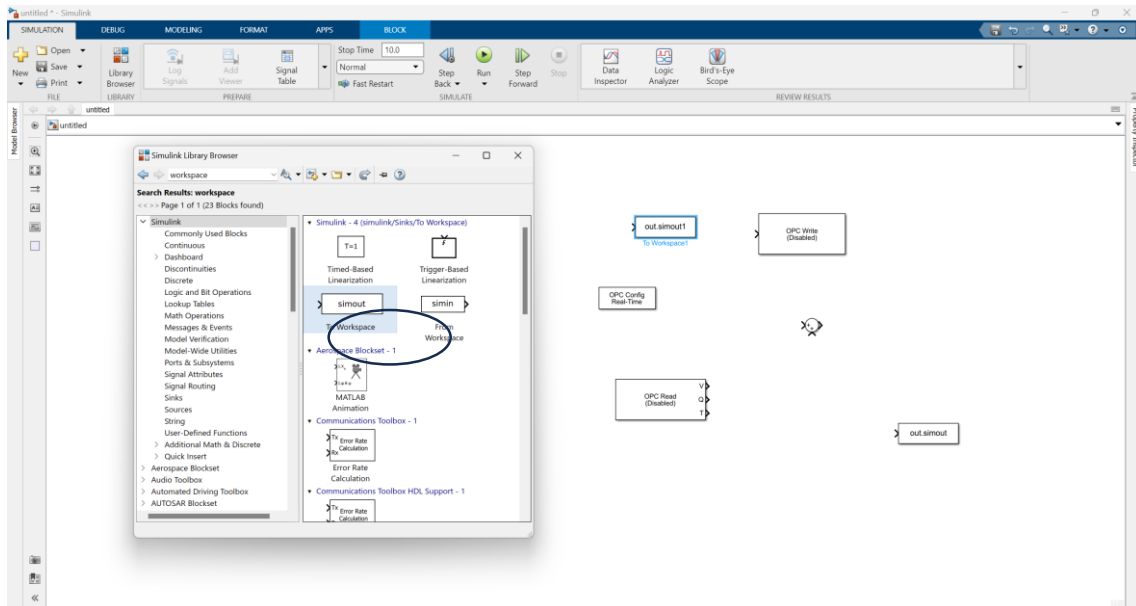
el mismo realiza las operaciones básicas y permite realizar los tres ejercicios matemáticos suma, resta o los dos al mismo tiempo



Sumador(sum)

1.5.2 Workspace

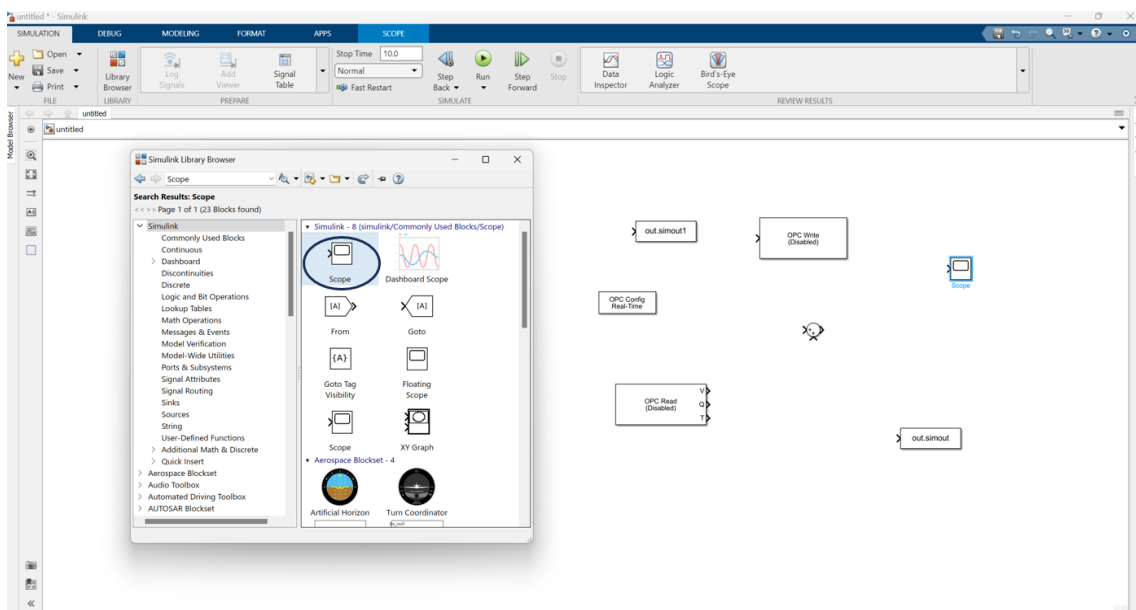
Añadimos dos elementos de Workspace de igual manera que los anteriores elementos.



Workspace1

1.5.3 Scope

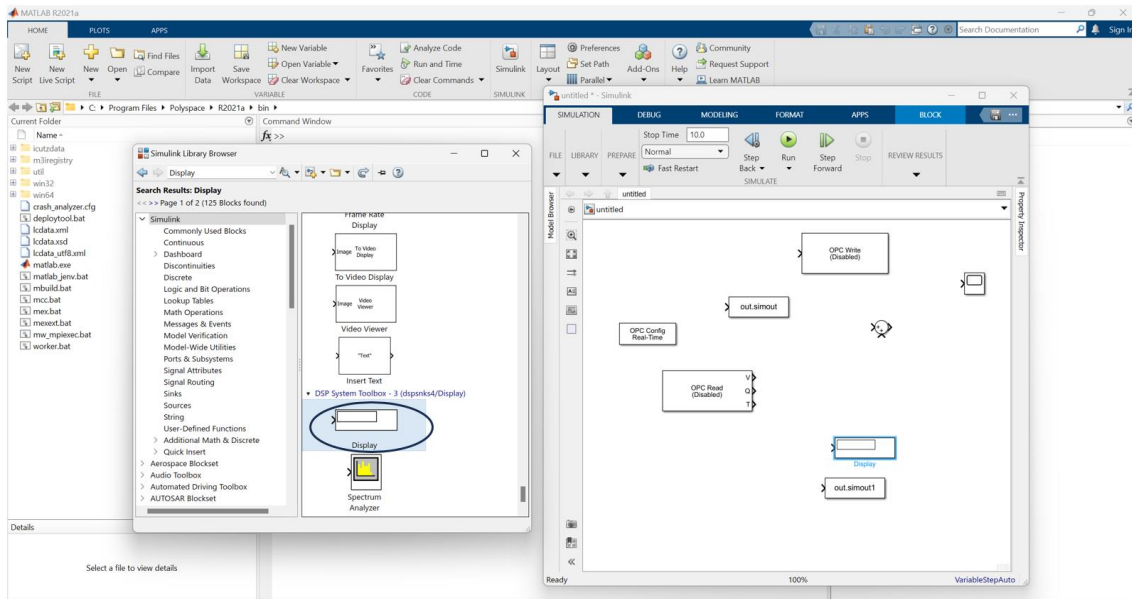
Ingresamos de igual manera los Scope “osciloscopio” que indicaran las señales producidas por los diferentes elementos.



Scope

1.5.4 Display

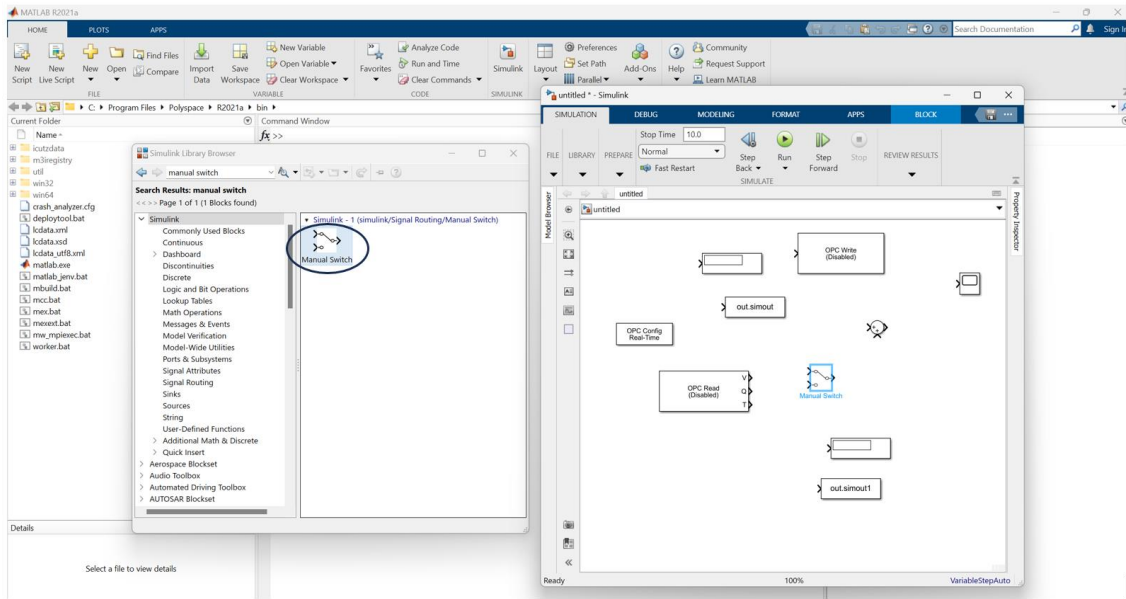
Agregamos los Display que nos ayudaran a visualizar los datos numéricos emitidos por los servidores.



Display

1.5.5 Manual Switch.

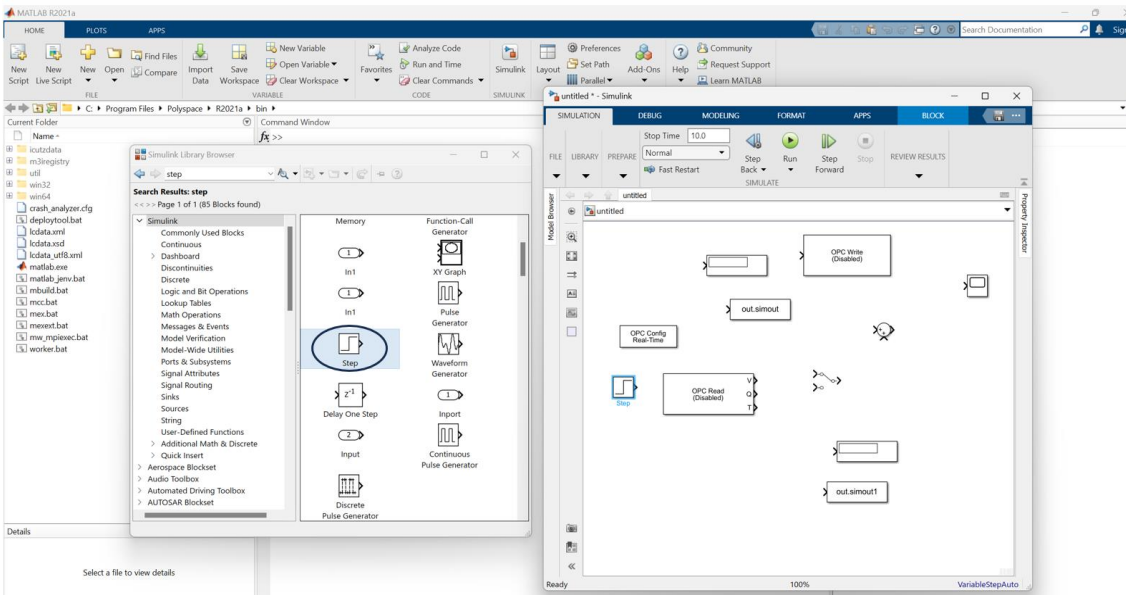
Añadimos un Switch manual que nos permita el ingreso de las variables del set point y de igual manera un Signal builder



Manual switch

1.5.6 Step.

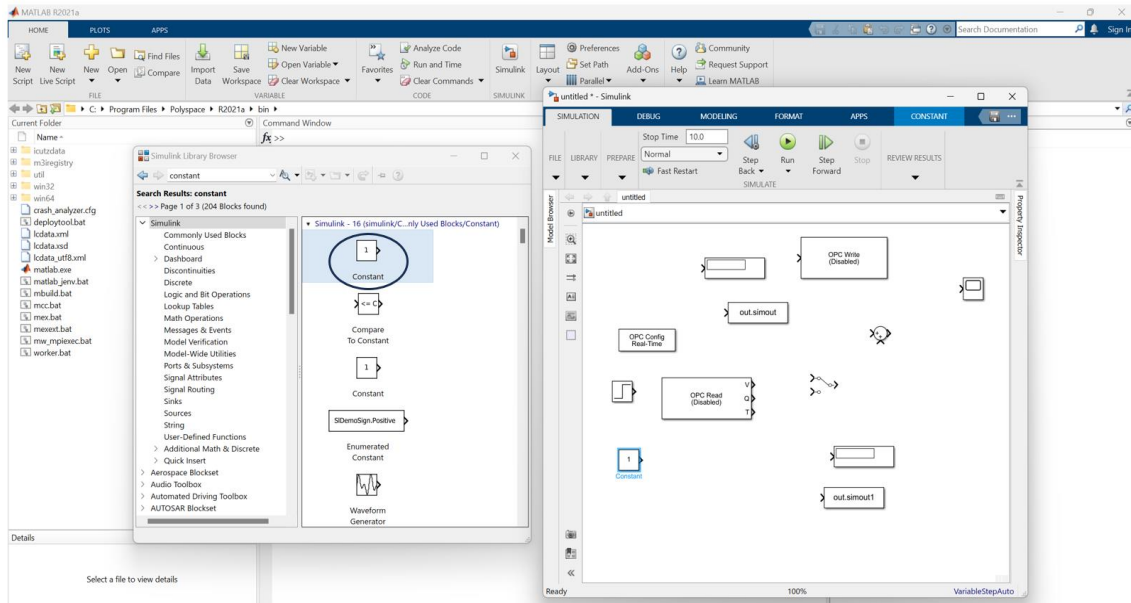
Agregamos un Step que nos servirá para ejecutar los sets point.



Step.

1.5.7 Constante.

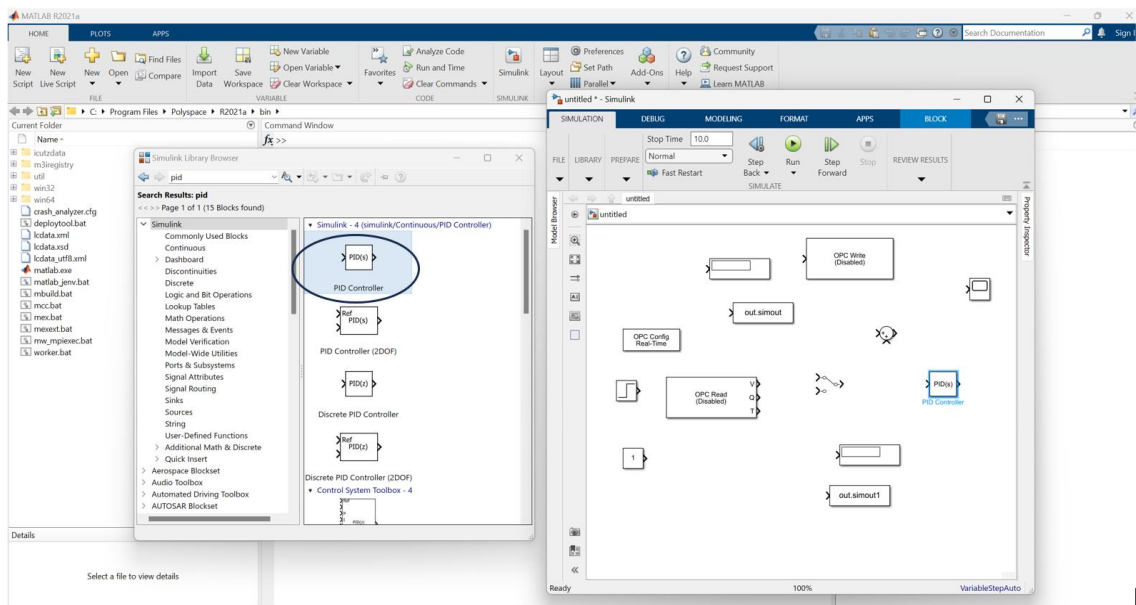
Seleccionamos una constante que nos permita establecer un valor fijo.



Constante

1.5.8 PID.

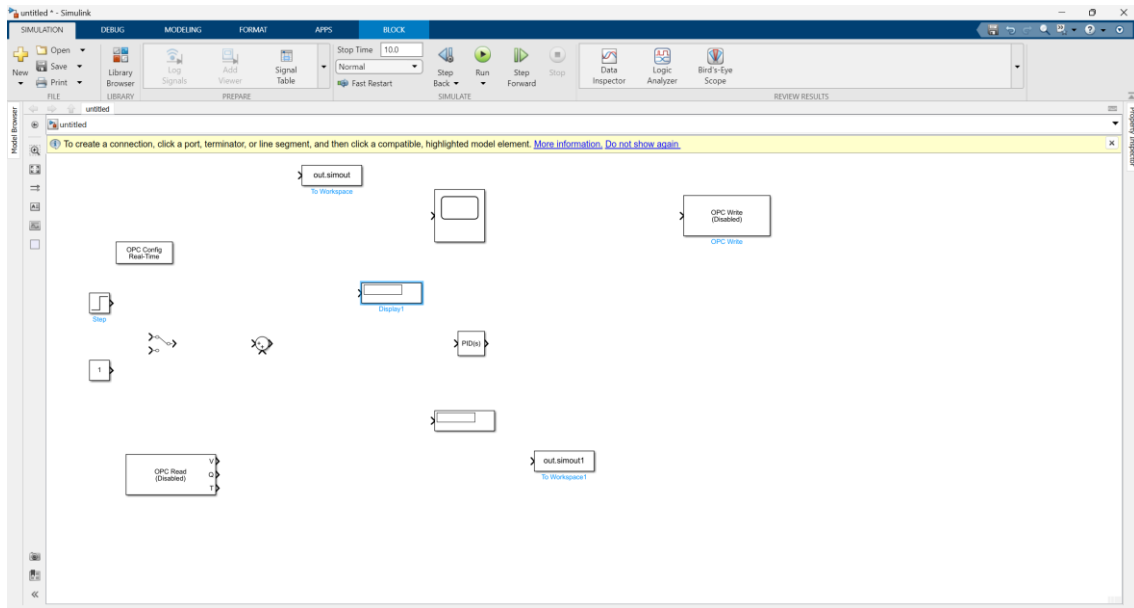
Seleccionamos PID Controller y añadimos a nuestra area de trabajo.



PID Controller.

1.5.9 Diagrama.

A continuación, podemos observar los elementos que van a ser utilizados para el diagrama de control PID.



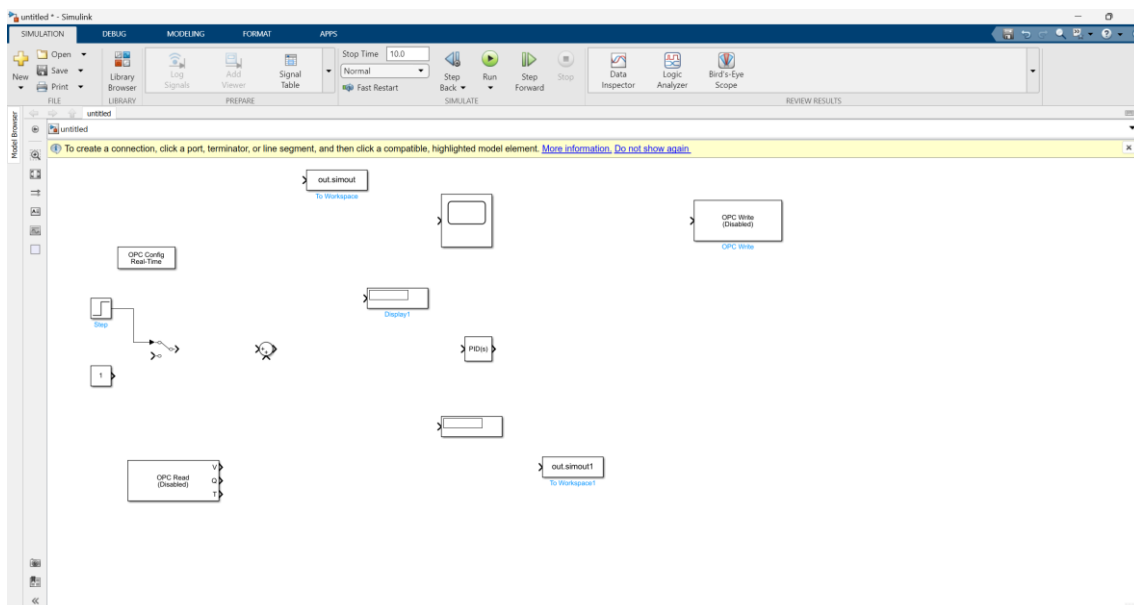
Elementos a utilizar

1.6 Conexión de elementos

Para la conexión de los elementos que intervienen en el diagrama de control de nivel basado en lenguaje PID debemos seguir los siguientes pasos de manera correcta para evitar fallos.

1.6.1 Step y Manual Switch.

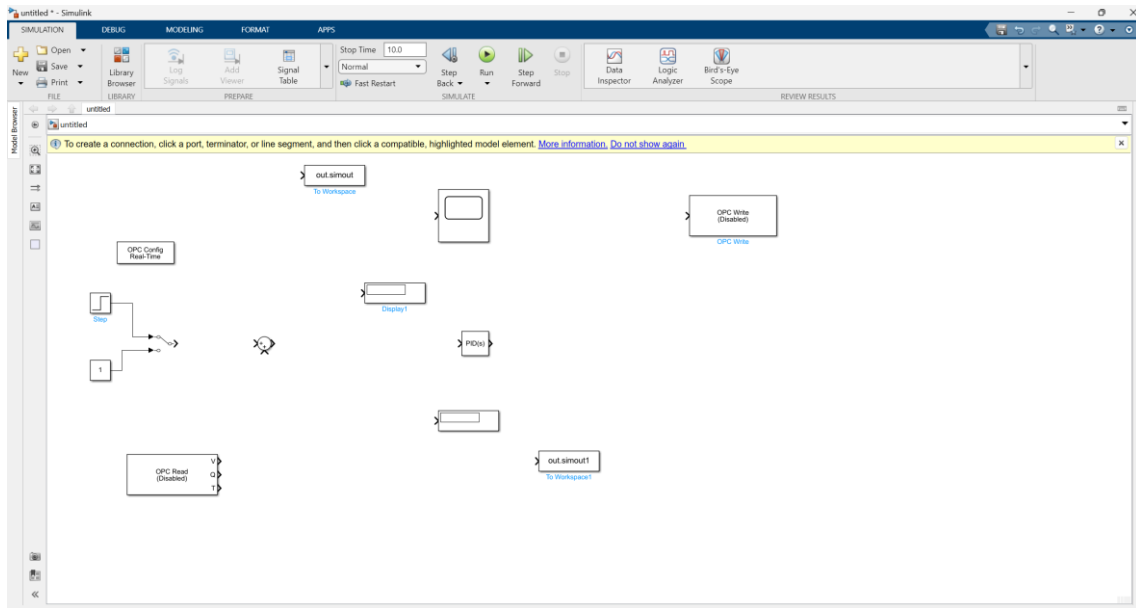
Para esta conexión seleccionamos la salida del Step y la dirigimos hacia la primera entrada del Switch.



Conexión Step y Manual Switch

1.6.2 Constante y Manual Switch.

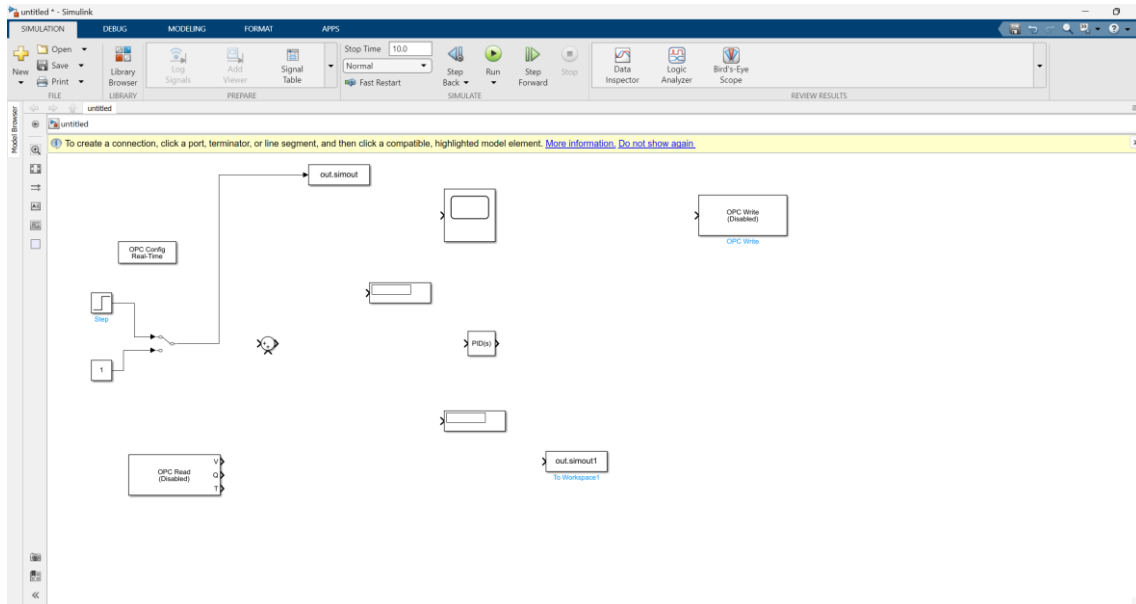
En esta parte conectamos la salida de la constante con la siguiente entrada del manual switch.



Conexión constante con Manual Switch

1.6.3 Manual Switch y Workspace.

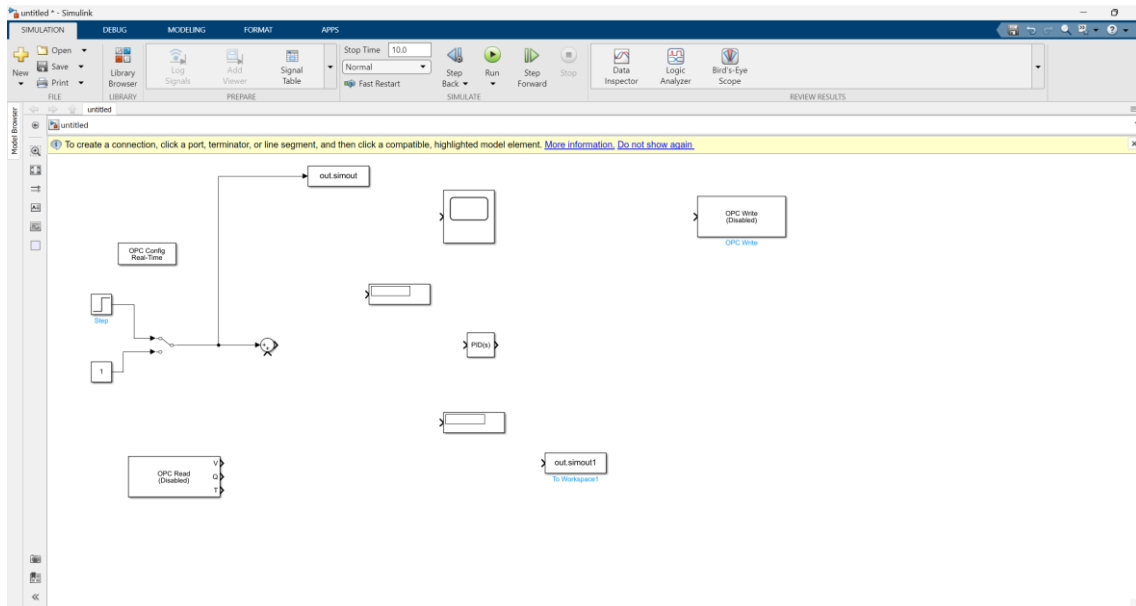
A continuación seleccionamos la salida del Manual Switch con la entrada al workspace.



Salida Manual Switch con entrada Workspace.

1.6.4 Manual Switch y Sumador.

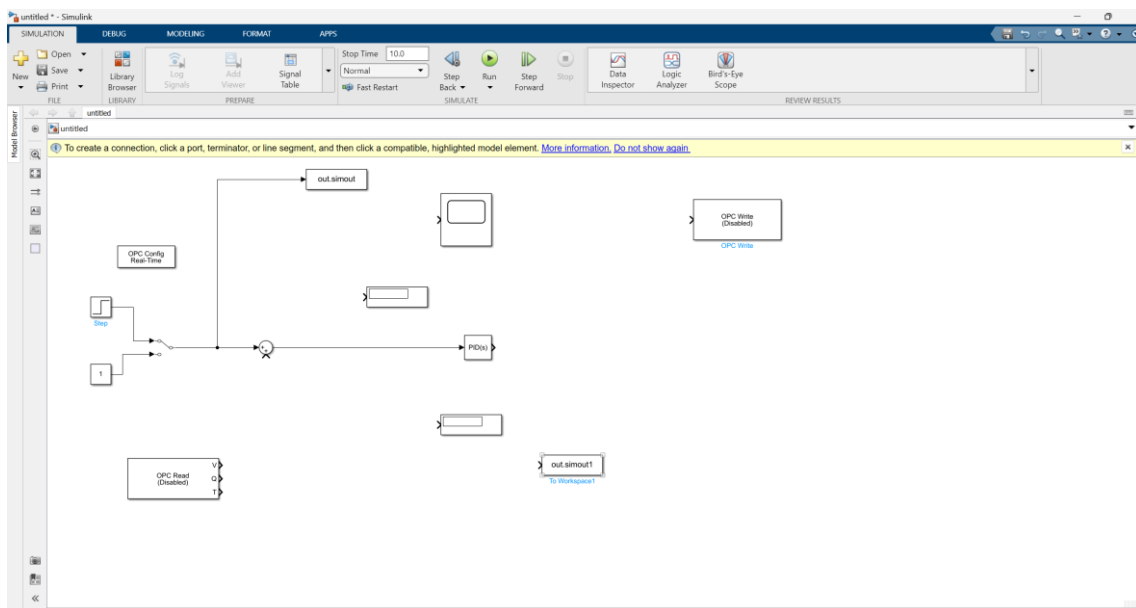
De la salida del sumador conectamos a la entrada del sumador.



Manual Switch con la entrada sumador

1.6.5 Sumador y PID.

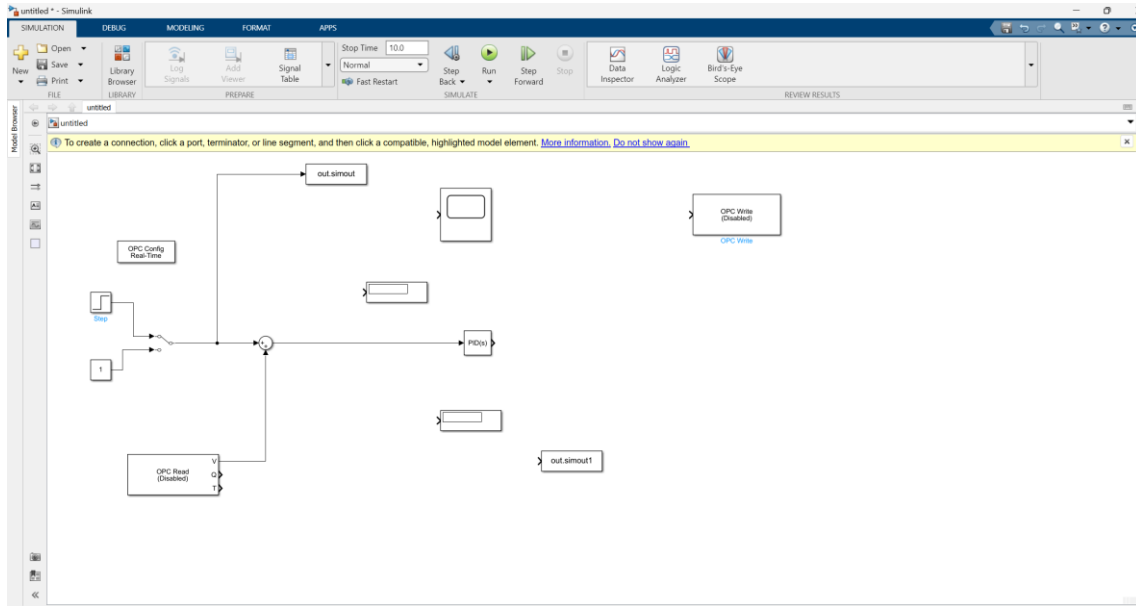
Obtenemos una conexión entre la salida del sumador hasta la entrada del PID controler.



Salida sumadora con entrada al PID

1.6.6 OPC Read V y sumador.

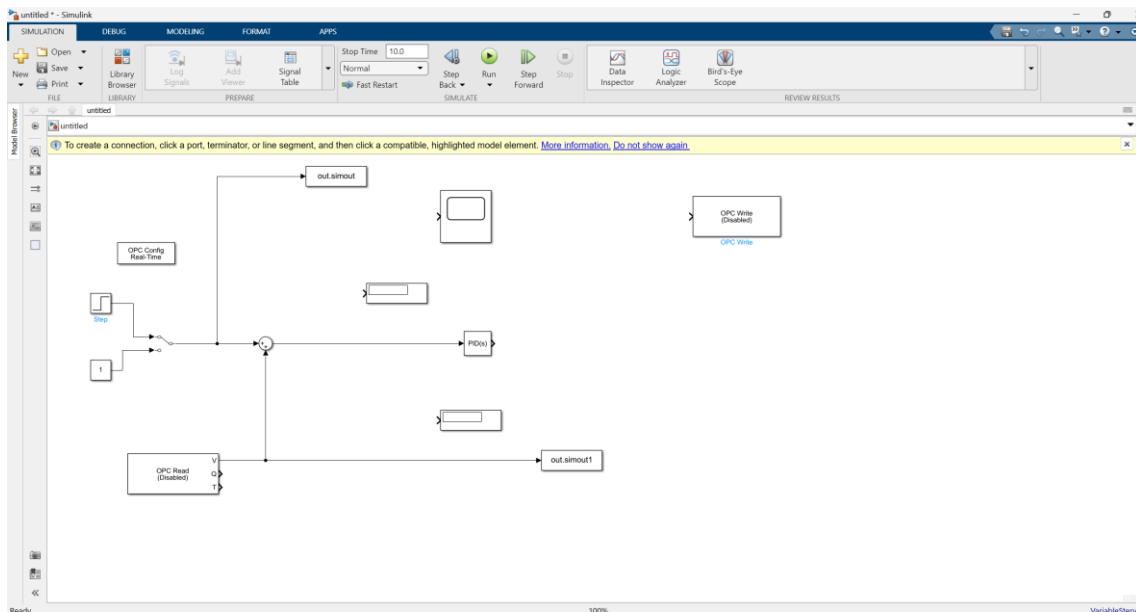
Seleccionamos la salida v del OPC hasta la entrada secundaria del sumador.



OPC con entrada al sumador

1.6.7 OPC Read V y Workspace.

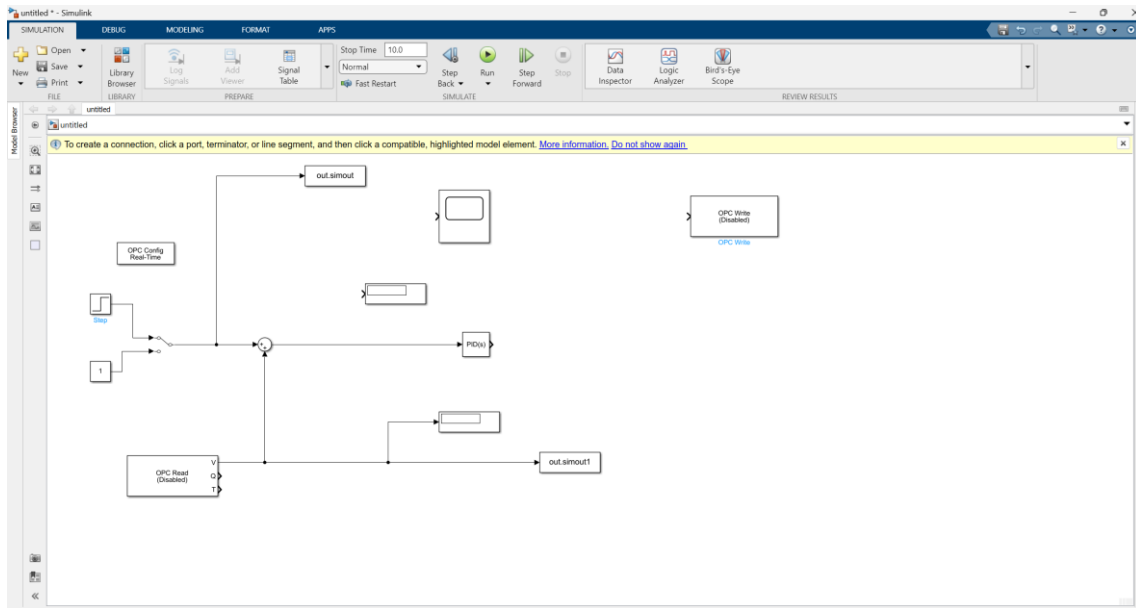
Desde la salida del OPC Read V conectamos una línea de comunicación hasta nuestro workspace.



Salida V OPC Read con entrada Workspace.

1.6.8 Workspace y Display.

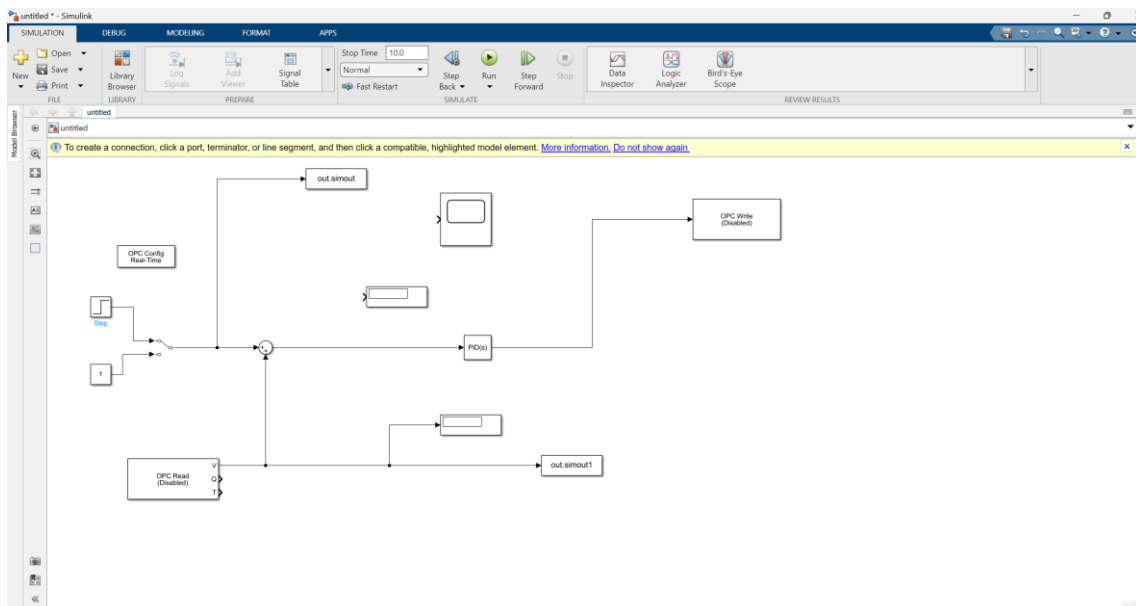
Desde la línea de comunicación entre el OPC Read y el Wokspace obtenemos una salida hacia nuestro display.



Conexión Workspace con Display2.

1.6.9 Pid y OPC Write.

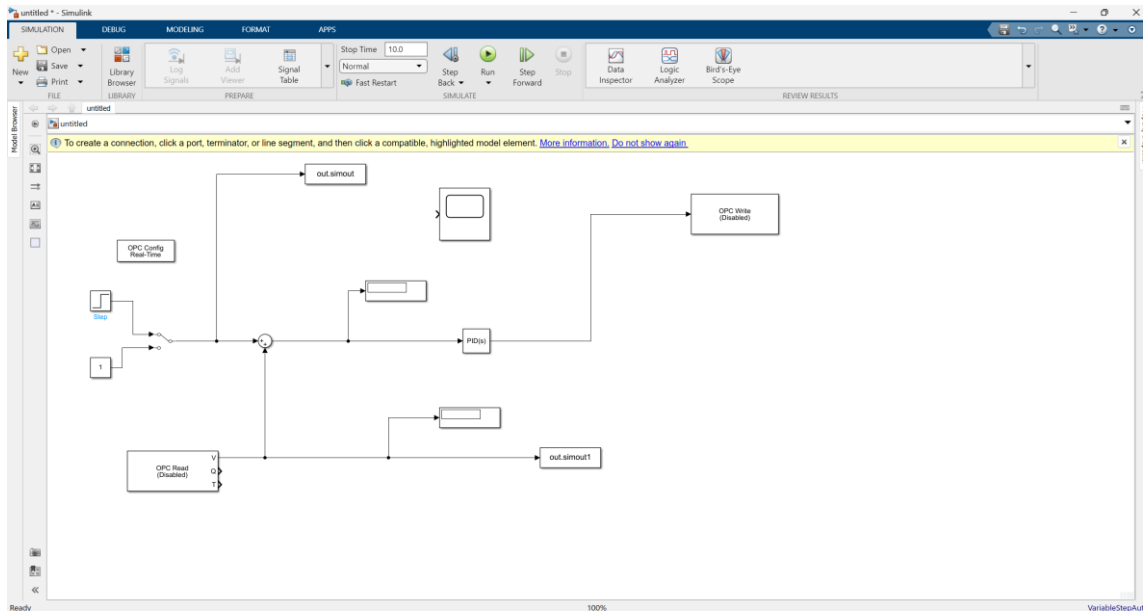
Desde la salida del PID conectamos a la entrada de nuestro OPC Write.



Salida PID con entrada OPC Write.

1.6.10 PID y Display.

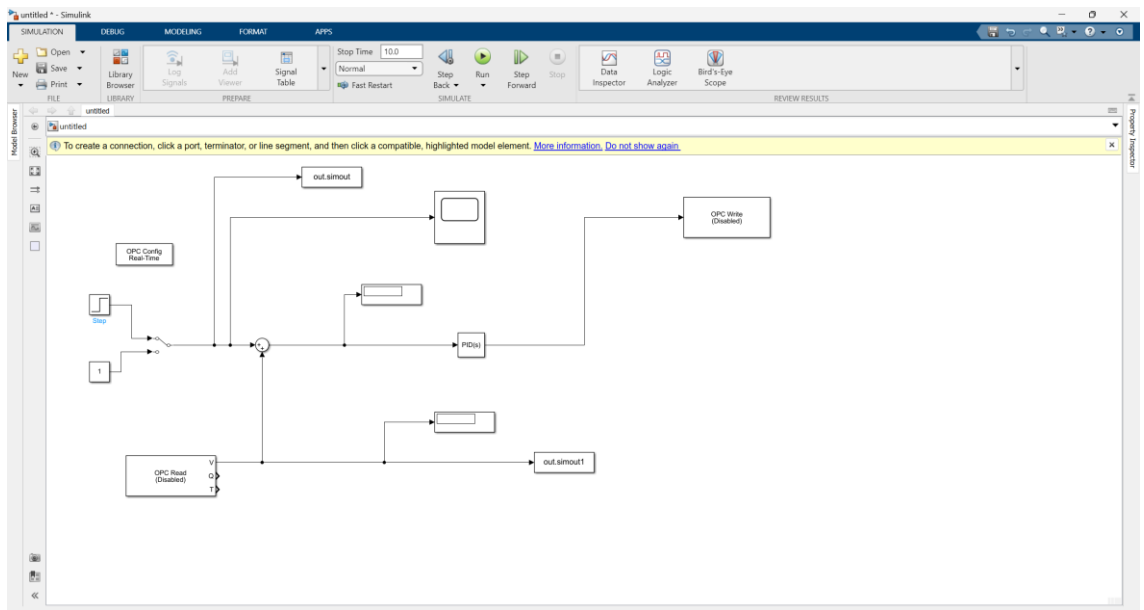
En el transcurso de la línea que ingresa al PID obtenemos una entrada hacia la entrada de nuestro OPC Write.



Entrada PID A ingreso de Display.

1.6.11 Señales del control de nivel

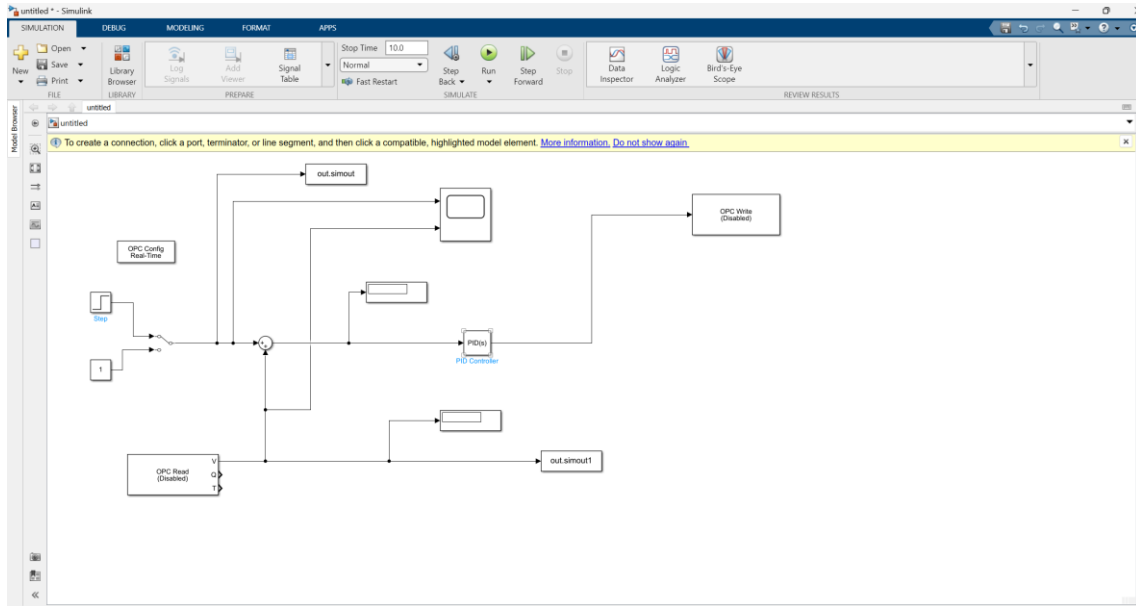
Se asigna 3 líneas para descripción grafica que indicara las señales emitidas por el OPC y procesadas por el PID. La primera señal será obtenida de una línea antes de la entrada al positivo para reconocer el comportamiento del Step.



Primera entrada del Scope al ingreso del sumador

1.6.12 La segunda señal

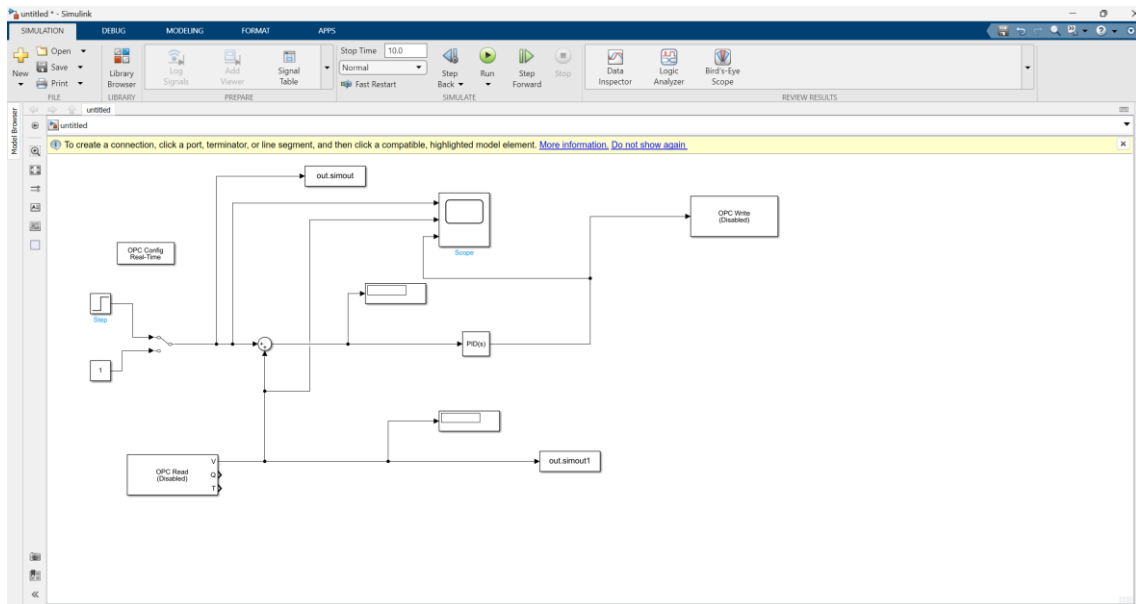
Esta segunda señal se obtiene mediante la línea de ingreso a la entrada negativa del sumador.



Segunda entrada del Scope a la segunda entrada del sumador.

1.6.13 La tercera señal

La tercera señal se obtiene de la línea de conexión entre el PID con OPC Write.



Tercera entrada del Scope con la entrada al OPC Write.

1.INTRODUCCION	21
2.PASOS PARA INICIAR EL PROYECTO DE CONTROL FUZZY-SIMULINK	21
2.1 Entorno Matlab-Simulink	21
2.2 Inicio entorno simulink.....	22
2.3 panel de tareas Simulink.....	22
2.4 Simulink elección de elementos.	23
2.4.1 Library Browser.	23
2.4.2 Menú búsqueda.....	24
2.4.3 OPC Configurador.	24
2.4.5 OPC Read.	25
2.4.6 OPC Write.....	25
2.5 Elementos secundarios del programa	26
2.5.1 En la barra de búsqueda de Library Browser insertamos Manual switch.	26
2.5.2 Agregamos un Step.....	27
2.5.3 adicional agregamos un sumador.....	27
2.5.4 agregamos un derivativo.....	27
2.5.5 Agregamos display	28
2.5.6 Agregamos un median filter.....	28
2.5.7 Agregamos un scope.....	29
2.5.8 agregamos un saturador	29
2.5.9 Agregamos un mux.....	30
2.5.10 agregamos un Fuzzy Logic Controler	30
2.5.11 agregamos un Signal Builder.....	31
2.5.12 Agregamos un integrator	32
2.5.13 Agregamos un producto.....	33
2.6 Diagrama a conectar	33
2.6.1 Conexión primer tramo.....	34
2.6.2 Conexión segundo tramo.	35
2.6.3 Conexión tercer tramo	36
2.6.4 Conexión cuarto tramo	37
2.6.5 Conexión quinto tramo	38

2.7 Configuración Fuzzy Logic	39
2.7.1 fuzzyLogicDesigner.....	39
2.7.2 Modulo Fuzzy.....	40
2.7.3 Exportación de documento	40
2.7.4 Almacenamiento de la Exportación.....	41
2.7.5 Archivo Fuzzy	41
2.7.6 Importación del archivo.....	42
2.7.7 importación Fuzzy	42
2.7.8 Ubicación Archivo Fuzzy	42
2.7.9 Archivo Fuzzy	43
2.7.10 cierre Fuzzy Inicio	44
2.7.11 Modulo Fuzzy.....	44
2.7.12 Export Workspace.....	45
2.7.13 Selección Workspace.....	45
2.7.14 Verificación Workspace.....	46
2.7.15 Variables Fuzzy.....	46
2.7.16 Variable Fuzzy Input.....	47
2.7.17 Variables de entrada.....	47
2.7.18 Membresías Fuzzy Input (e).....	47
2.7.19 Membresías Fuzzy Input (e).....	48
2.7.20 Membresías.....	48
2.7.21 Funciones de membresías.....	49
2.7.22 membresías input(e)	50
2.7.23 Membresías Input(-e)	50
2.7.24 Visualización de Membresías.....	51
2.7.25 Membresía NG	51
2.7.26 Membresía NM.....	52
2.7.27 Membresía NP	52
2.7.28 Membresía Z.....	53
2.7.29 Membresía PP.....	53
2.7.30 Membresía PM	54
2.7.29 Membresía PG	54
2.7.30 Membresía Input(-e).....	55
2.7.31 Membresías Output	56
2.7.32 Membresías Output	56

2.7.33 Reglas Fuzzy	57
2.7.34 Implementación Reglas Fuzzy	57
2.7.35 Ingreso Reglas Fuzzy	58
2.7.36 Verificación de reglas según la tabla	58
2.7.37 Total Reglas creadas	59
2.7.38 Membresías Output.	59
2.7.39 Carpeta a ejecutar	60
2.7.40 Carpeta de trabajo Fuzzy	60

9. 1.INTRODUCCION

La combinación de TIA Portal, Factory IO, Matlab, KEPServerEx y Nettoplcsim-S7 son elementos bastante comunes en la industria para el desarrollo y la prueba de sistemas de automatización. TIA Portal se utiliza para programar los PLC y crear la lógica de control, Matlab es el encargado de crear diagramas de bloques para la simulación basadas en multidominio ofrece soporte para el diseño en el nivel de sistemas, la simulación, la generación automática de códigos, pruebas y verificación de datos en tiempo real, KEPServerEx es un servidor de datos basado en la tecnología OPC capaz de conectar diferentes dispositivos y aplicaciones, desde sistemas de control de planta hasta sistemas de gestión de negocio, Nettoplcsim-S7 es un aplicativo que nos permite acceder al simulador S7-PLCSIM desde la red a través de comunicación TPC/IP, es utilizado la interfaz de red del PC en la que se está ejecutando la simulación mediante SCADA, HIM mientras que Factory IO proporciona un entorno de simulación visual 3D para probar y depurar los programas sin necesidad de equipos físicos, esto dependiendo de la configuración de sus entradas tanto analógicas como digitales. Desde los fundamentos básicos de selección de componentes hasta descripción pasos a paso del mismo, este manual abarcará los aspectos esenciales que necesitas dominar para aprovechar al máximo esta combinación de herramientas.

MATLAB

10. 2.PASOS PARA INICIAR EL PROYECTO DE CONTROL FUZZY-SIMULINK

Antes de iniciar el crear el nuevo proyecto en simulink debemos tener el Matlab en una versión 2021 en el cual se iniciará un proyecto para la vinculación de los programas antes mencionados.

2.1 Entorno Matlab-Simulink

Al iniciar el programa de Matlab se genera una pantalla de trabajo donde nos permite abrir un proyecto existente o crear un nuevo proyecto, en este caso se abrirá la versión de Simulink.

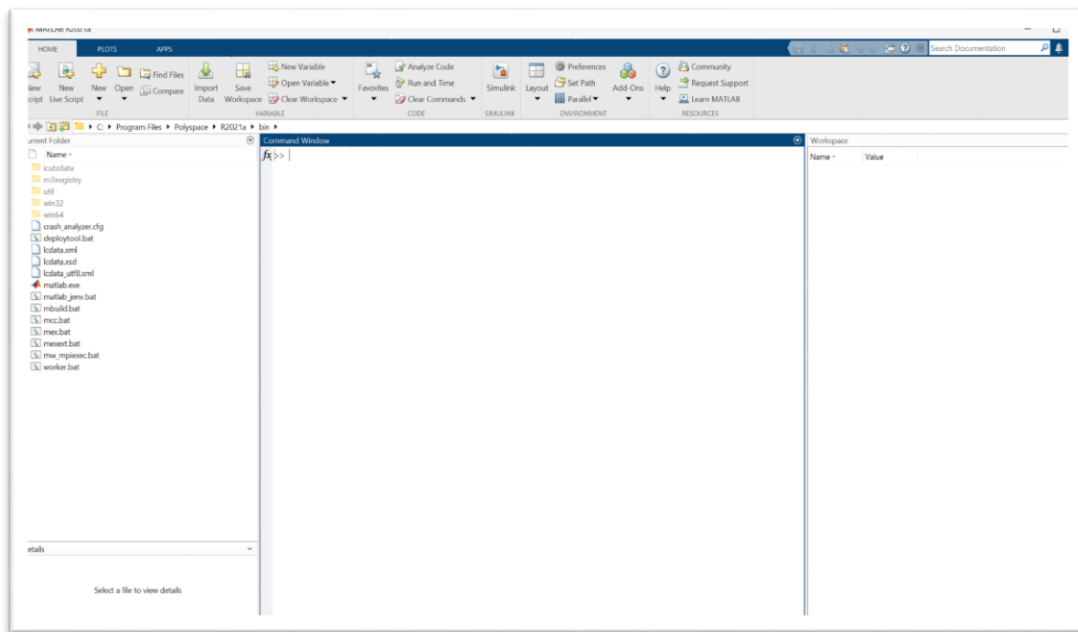


Figura 1. Entorno Matlab Simulink

2.2 Inicio entorno simulink

Dar doble clic en la opción de simulink se iniciará una ventana de trabajo.

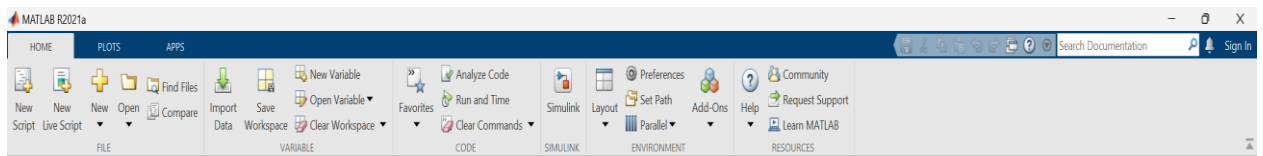


Figura 2. Panel de tareas Matlab

2.3 panel de tareas Simulink

En este panel de tareas se encuentra predefinido y genera opciones diversas para realizar simulaciones

Dar clic en blank model,

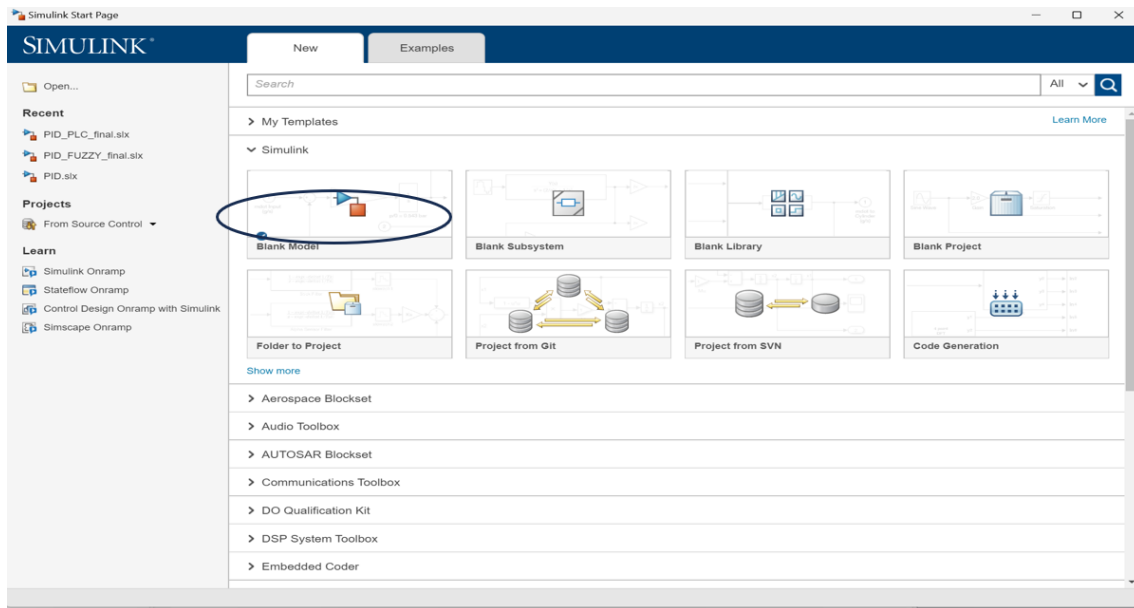


Figura 3. Panel de tareas Simulink

2.4 Simulink elección de elementos.

La base de datos de Simulink cuenta con varios elementos que permiten la intercomunicación entre varias aplicaciones virtuales.

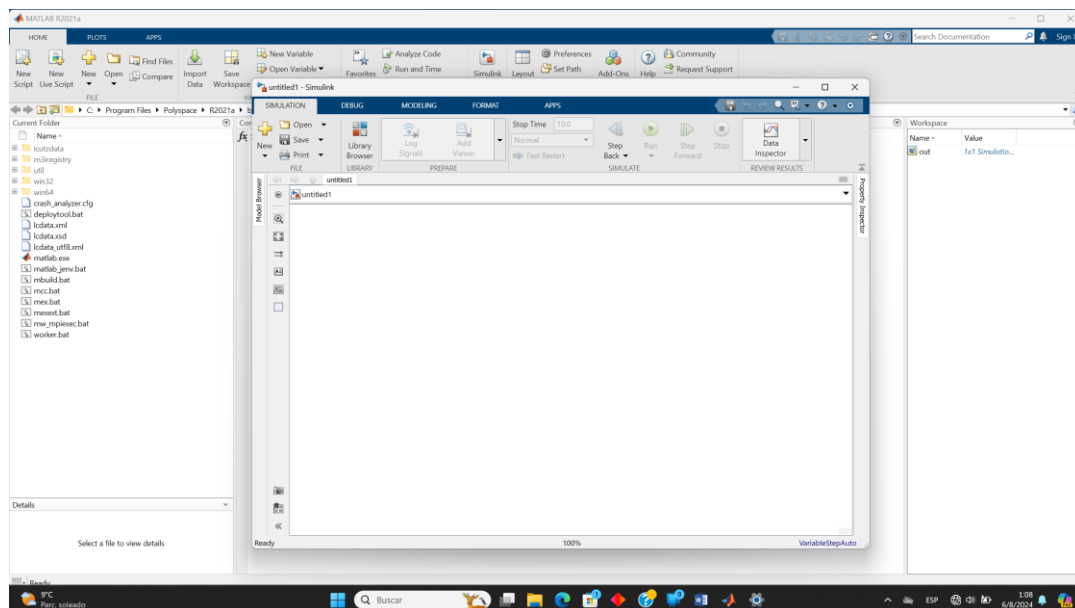


Figura 4. Simulink elección de elementos

2.4.1 Library Browser.

Generamos doble clic y se nos aparece una librería con distintos dispositivos

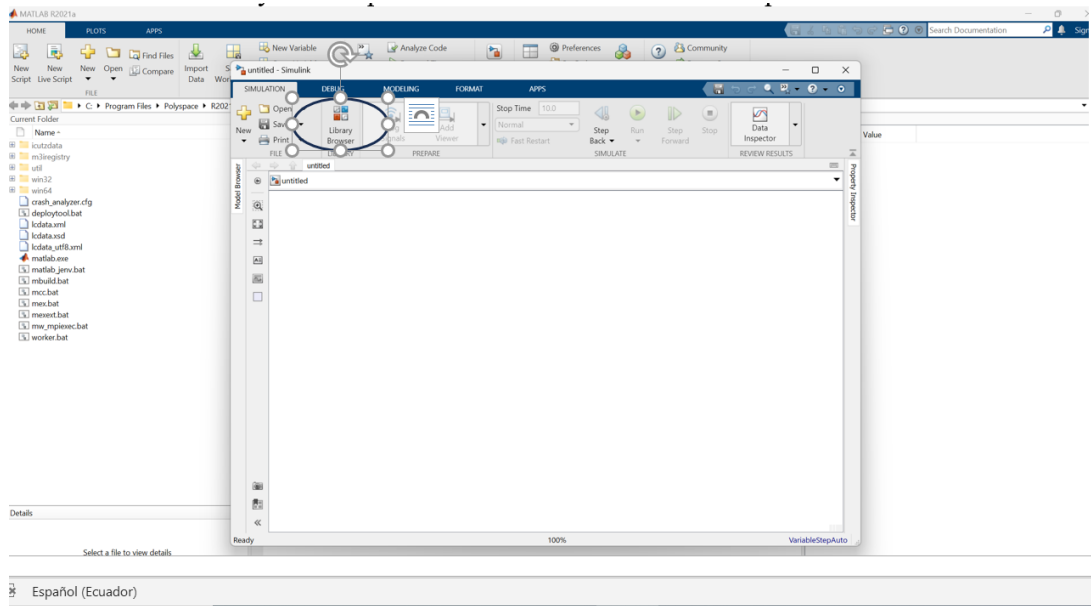


Figura 5. Library Browser

2.4.2 Menú búsqueda

Seleccionamos en el indicador de búsqueda e ingresamos OPC.

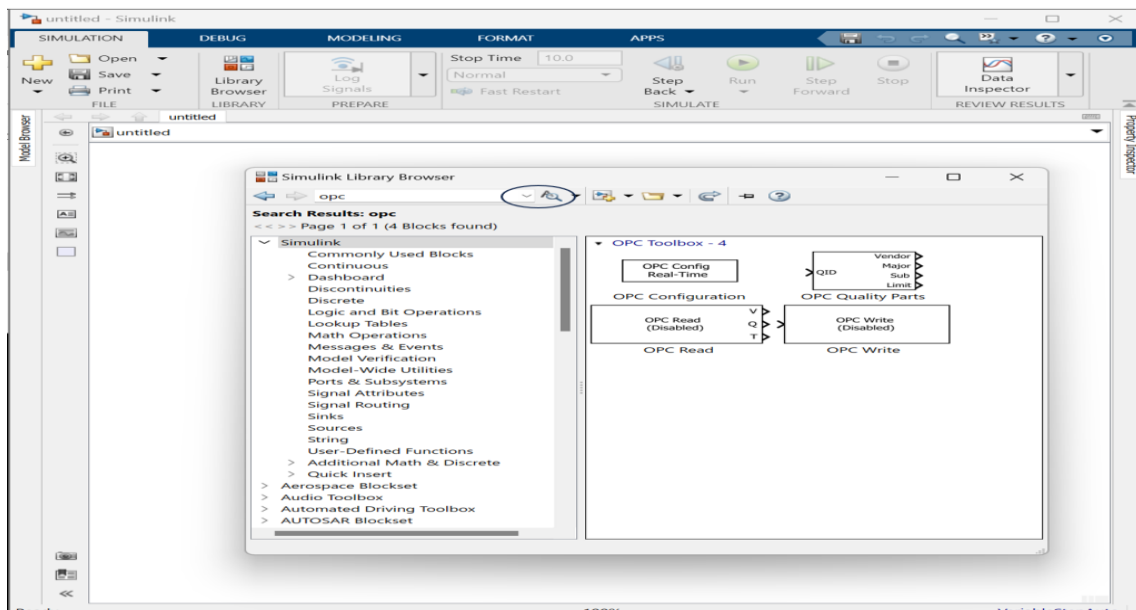


Figura 6. Búsqueda OPC

2.4.3 OPC Configurador.

Seleccionamos el OPC de configuración y arrastramos hasta la pantalla de trabajo.

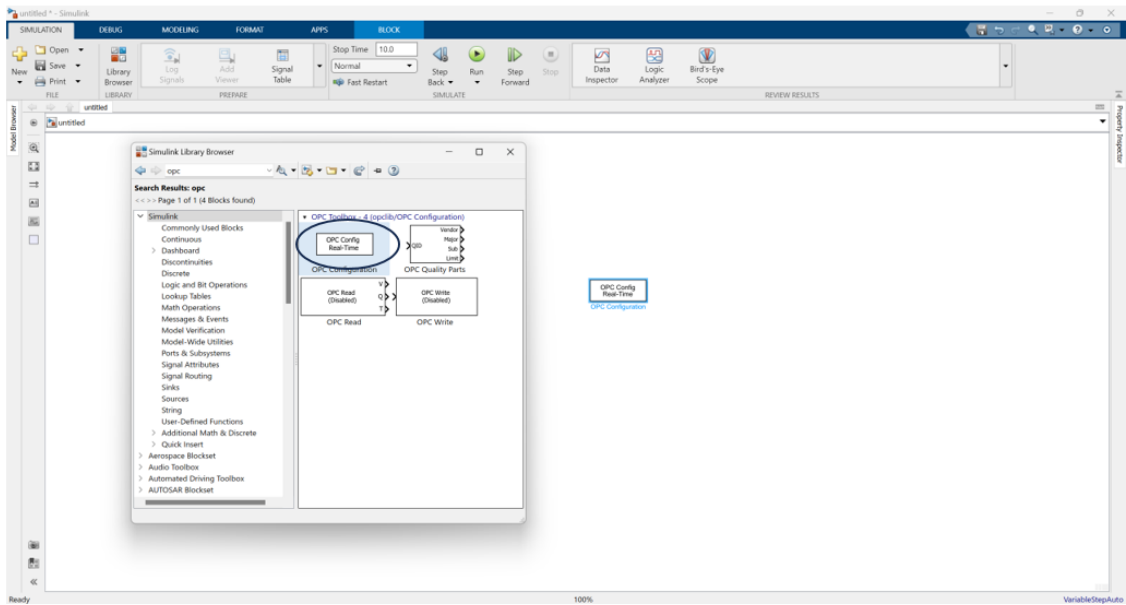


Figura 7. OPC Real Time

2.4.5 OPC Read.

Seleccionamos OPC Read y de igual manera lo arrastramos e incorporamos al área de trabajo

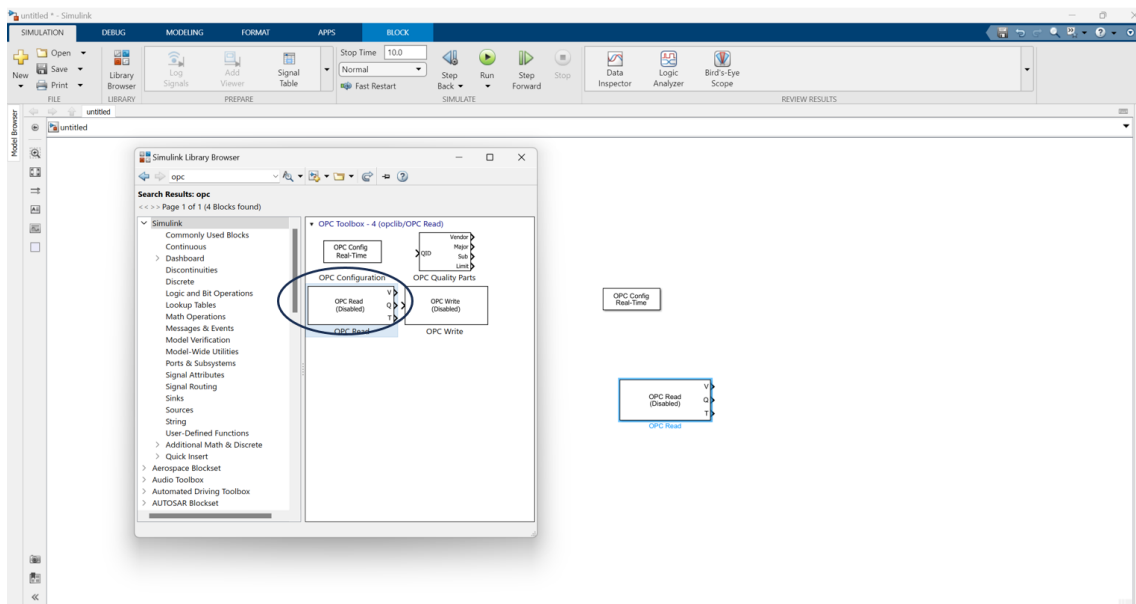


Figura 8. OPC Read

2.4.6 OPC Write.

A continuación añadimos un OPC write y lo asignamos a la pantalla de trabajo.

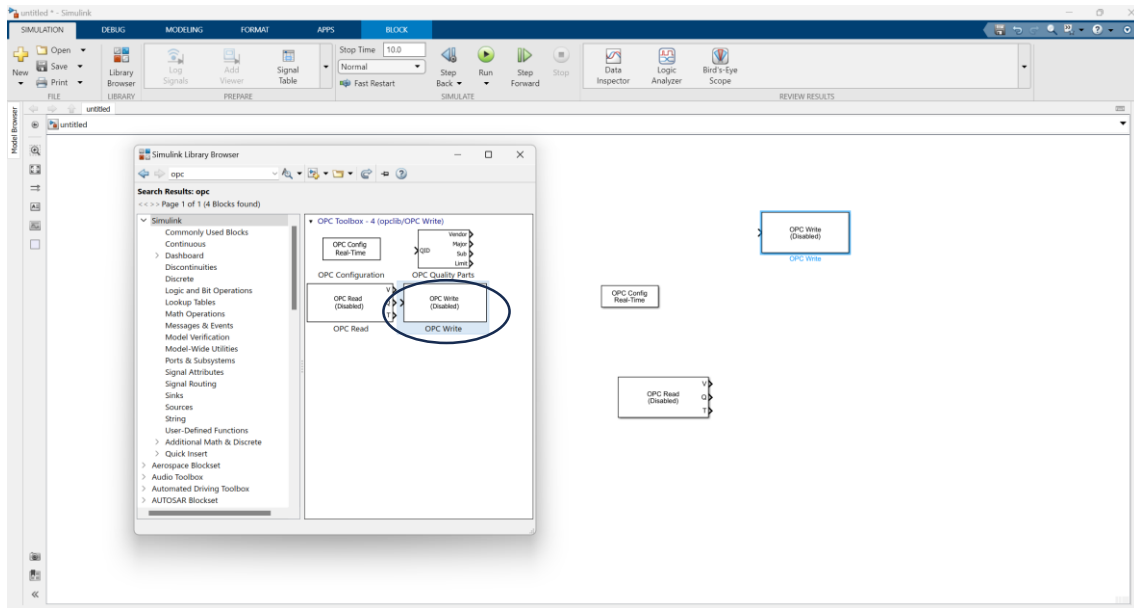


Figura 9. OPC Write

2.5 Elementos secundarios del programa

En los elementos secundarios elegimos los sumadores adicional del osciloscopio, así como Workspace.

2.5.1 En la barra de búsqueda de Library Browser insertamos Manual switch.

Añadimos un Switch manual que nos permita el ingreso de las variables del set point y de igual manera un Signal builder

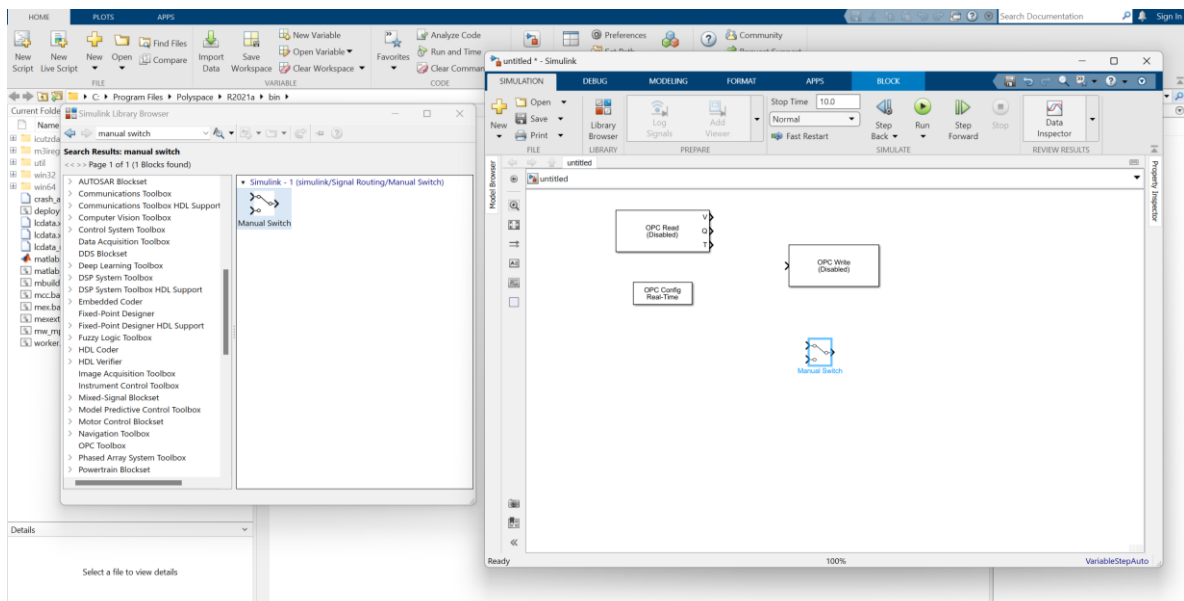


Figura 10. manual Switch

2.5.2 Agregamos un Step.

Agregamos un Step que nos servirá para ejecutar los sets point.

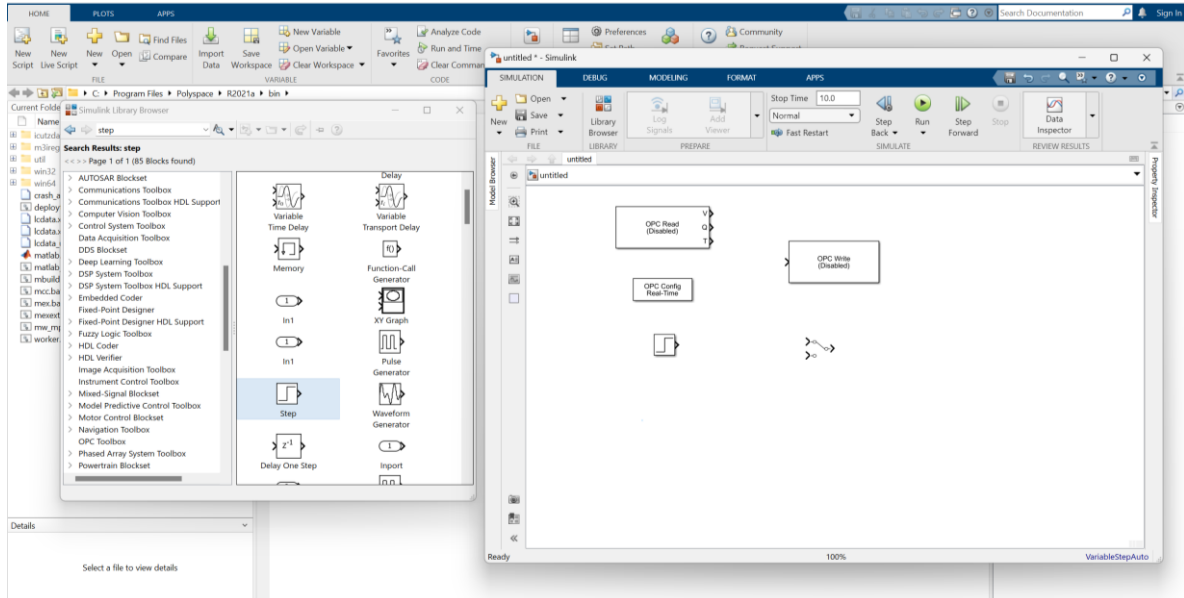


Figura 11. Step

2.5.3 adicional agregamos un sumador.

el mismo realiza las operaciones básicas y permite realizar los tres ejercicios matemáticos suma, resta o los dos al mismo tiempo

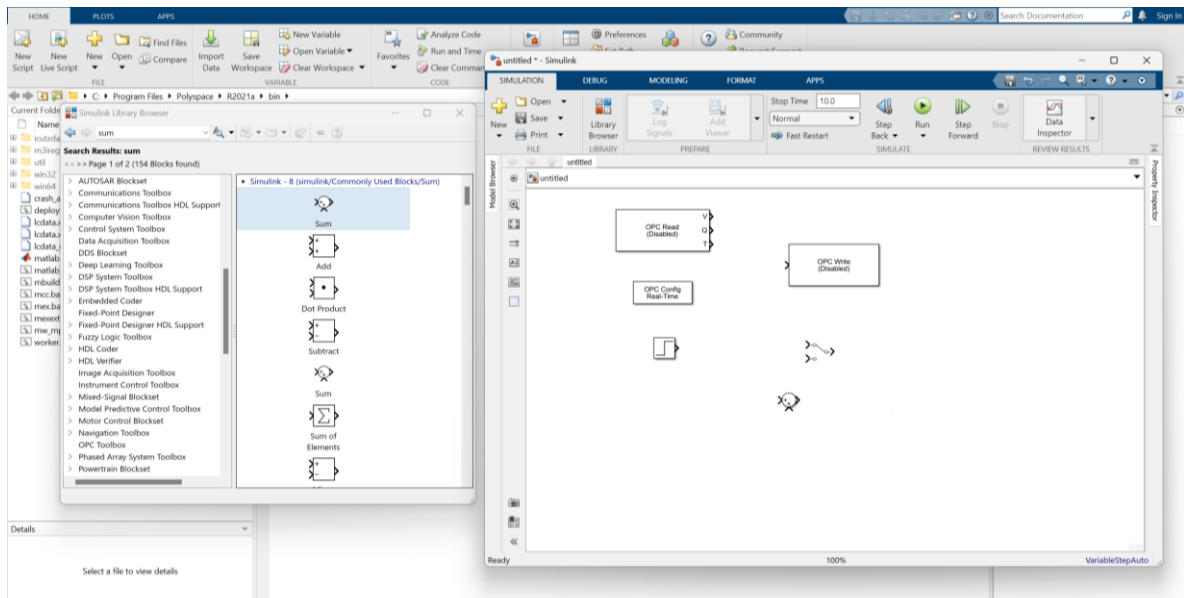


Figura 12. Sumador

2.5.4 agregamos un derivativo

El derivativo nos va a permitir corregir el error en el comportamiento de la señal del Fuzzy.

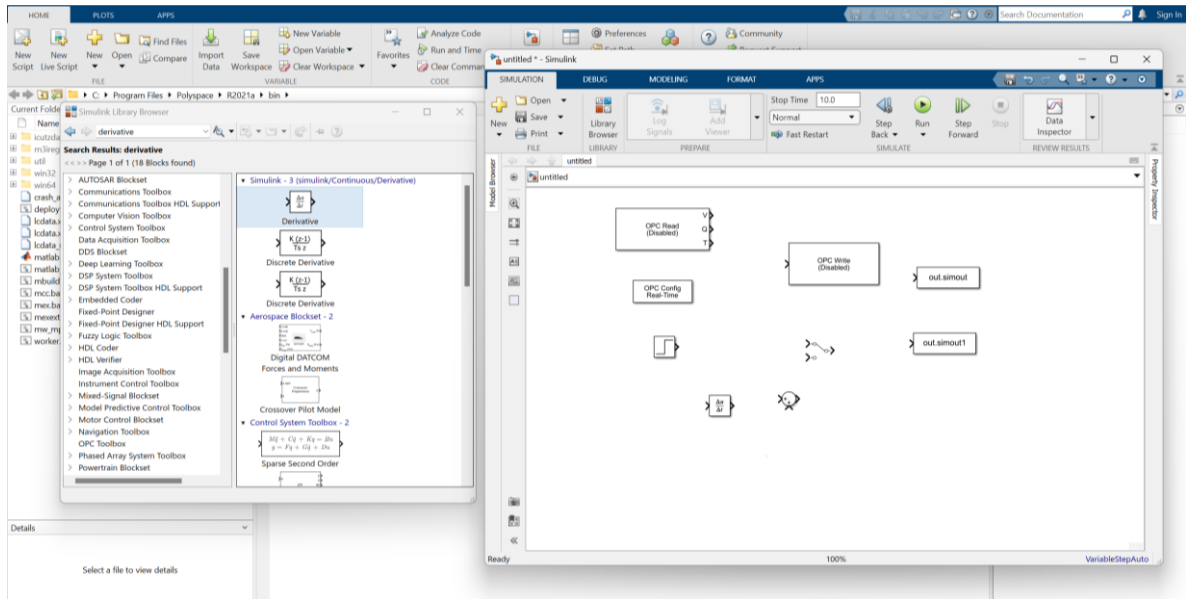


Figura 13. *Derivativo*

2.5.5 Agregamos display

Agregamos los Display que nos ayudaran a visualizar los datos numéricos emitidos por los servidores.

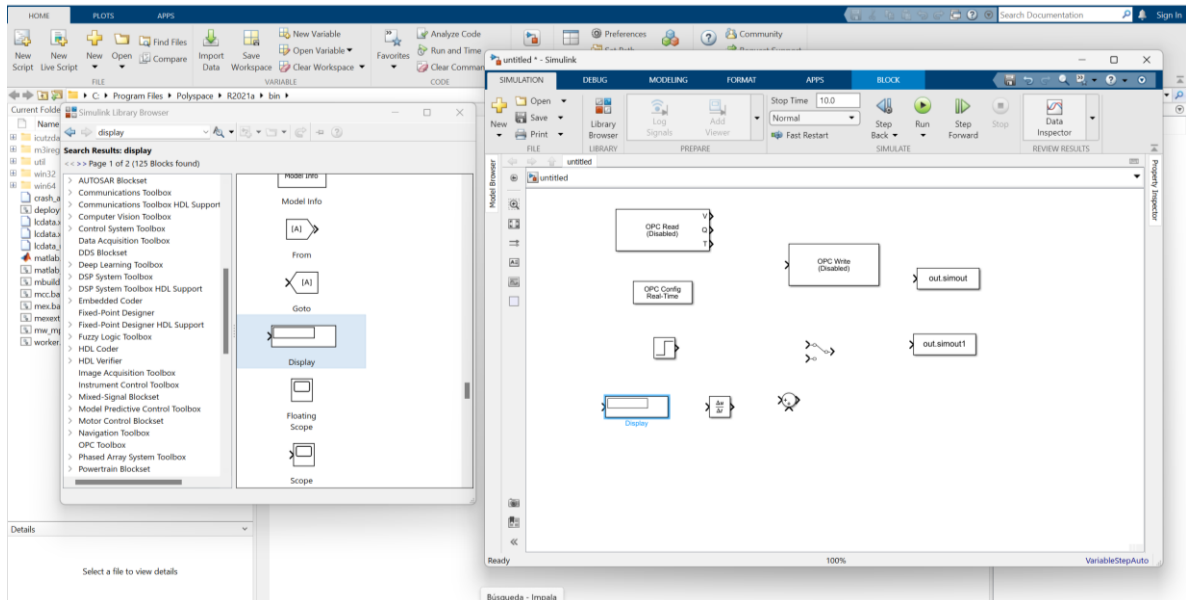


Figura 14. *Display*

2.5.6 Agregamos un median filter.

Este dispositivo nos permitirá mejorar la señal de actuación de la válvula

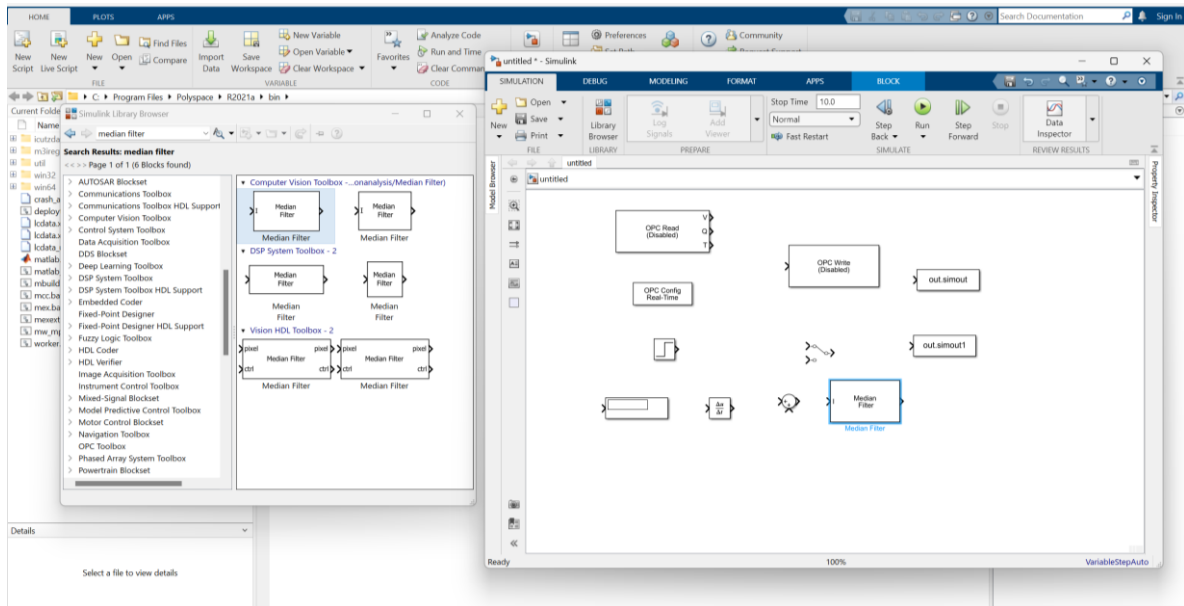


Figura 15. Median Filter

2.5.7 Agregamos un scope

Ingresamos de igual manera los Scope “osciloscopio” que indicaran las señales producidas por los diferentes elementos

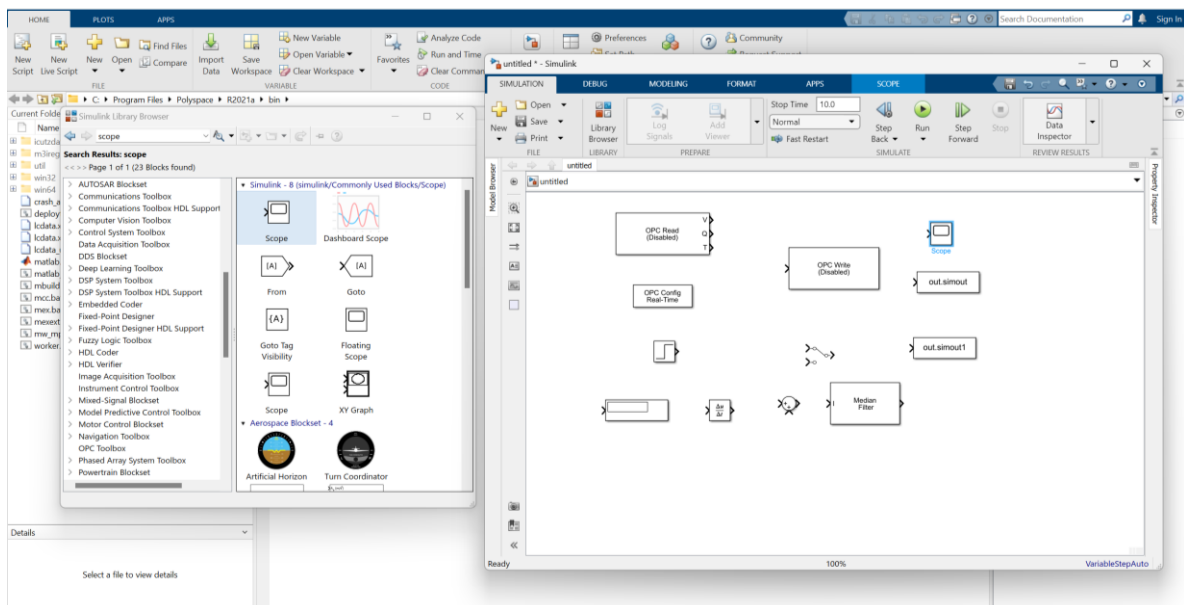


Figura 16. Scope

2.5.8 agregamos un saturador

Se usa para limitar el rango de una señal a valores máximos y mínimos.

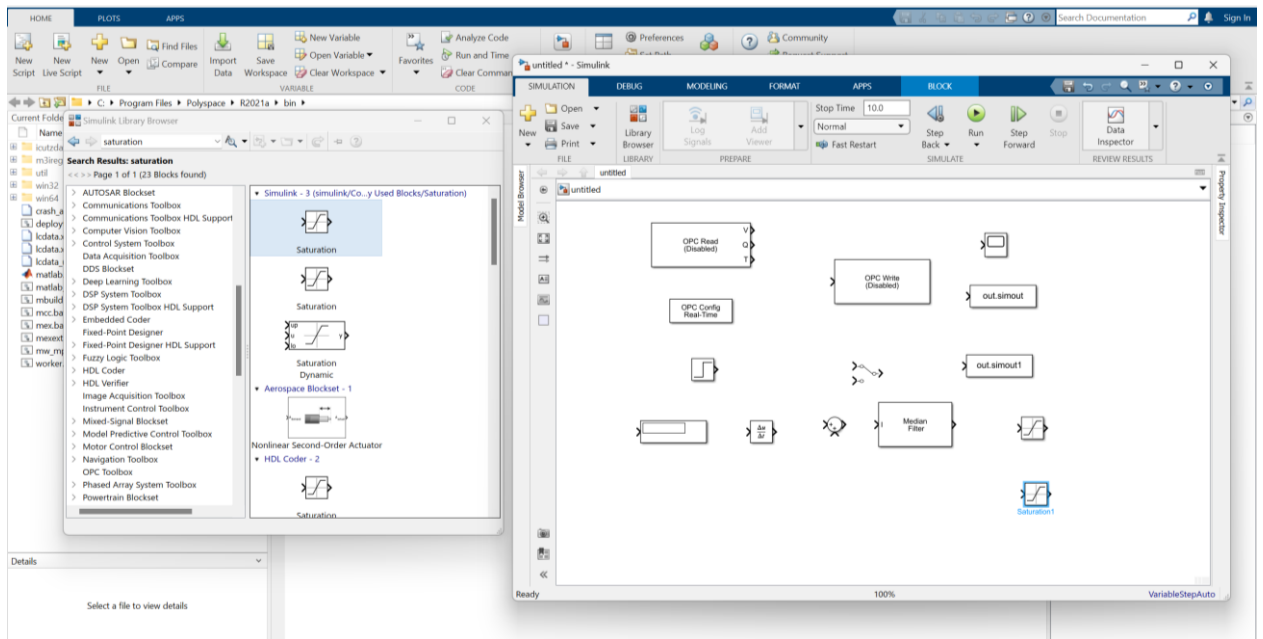


Figura 17. Saturador

2.5.9 Agregamos un mux

El bloque mux se utiliza para combinar múltiples señales en un solo bus de señales

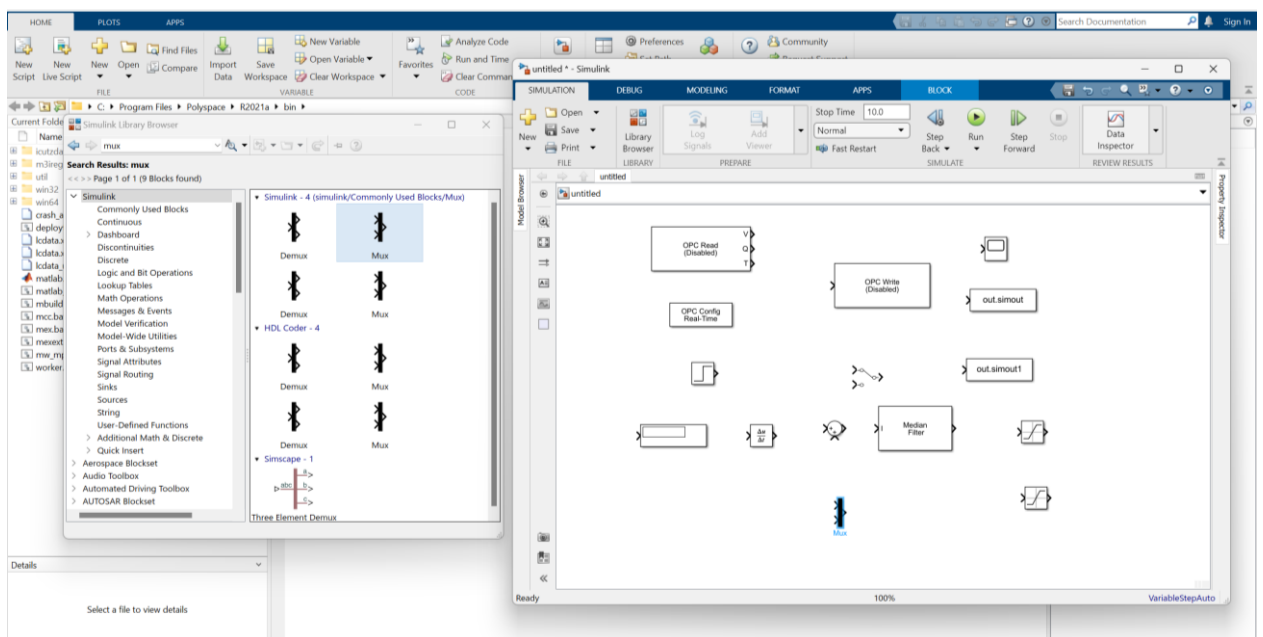


Figura 18. Mux

2.5.10 agregamos un Fuzzy Logic Controller

Este elemento nos va a permitir generar los parámetros necesarios para obtener una señal de onda que se establezca a nuestros parámetros

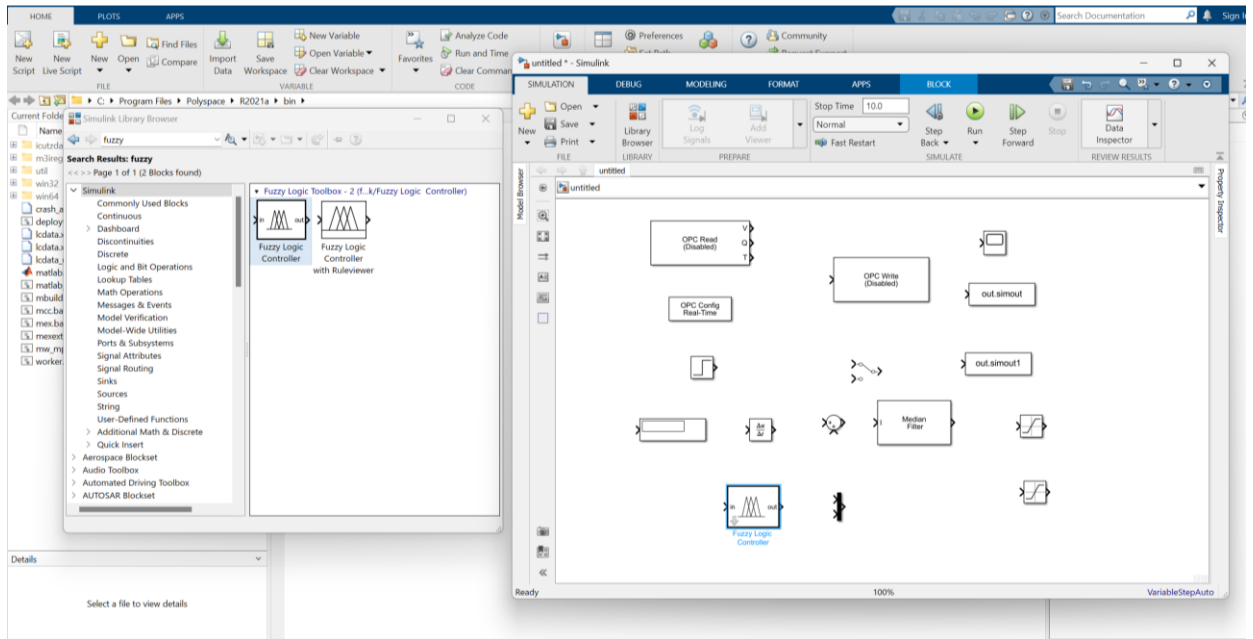


Figura 19. Fuzzy Logic Controller

2.5.11 agregamos un Signal Builder.

Nuestro Signal Builder nos permitirá establecer los sets point para obtener nuestras mediciones.

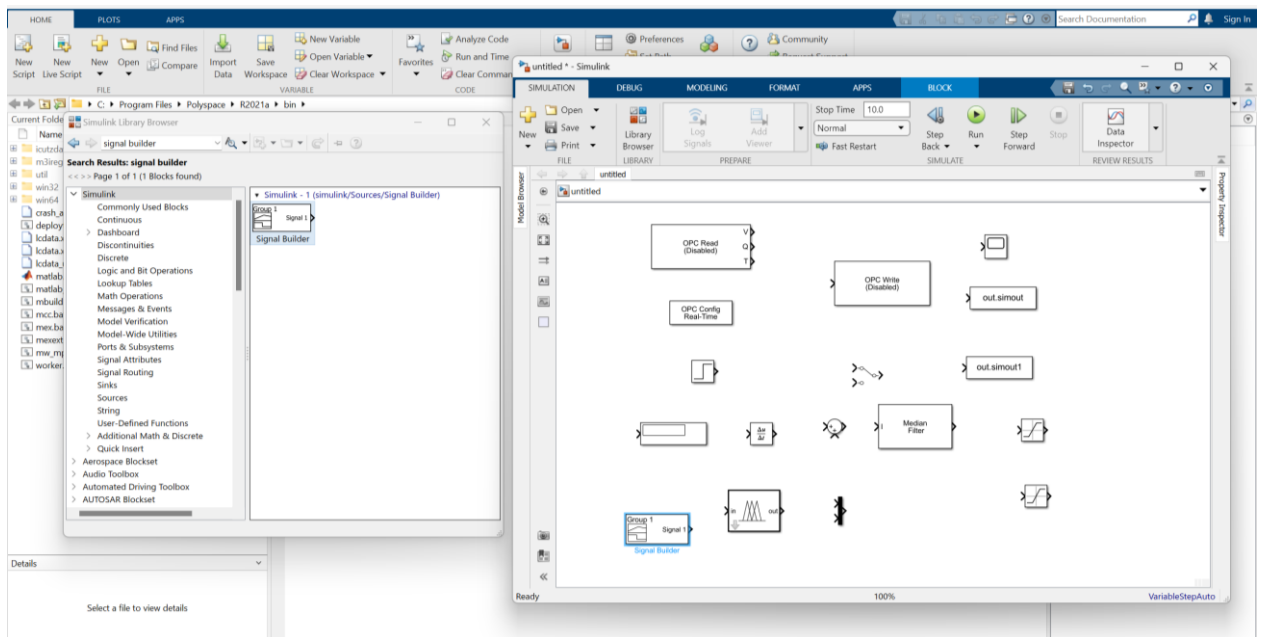


Figura 20. Signal Builder

2.5.12 Agregamos un integrador

El integrador nos permitirá establecer el error y adición para alcanzar el nivel deseado

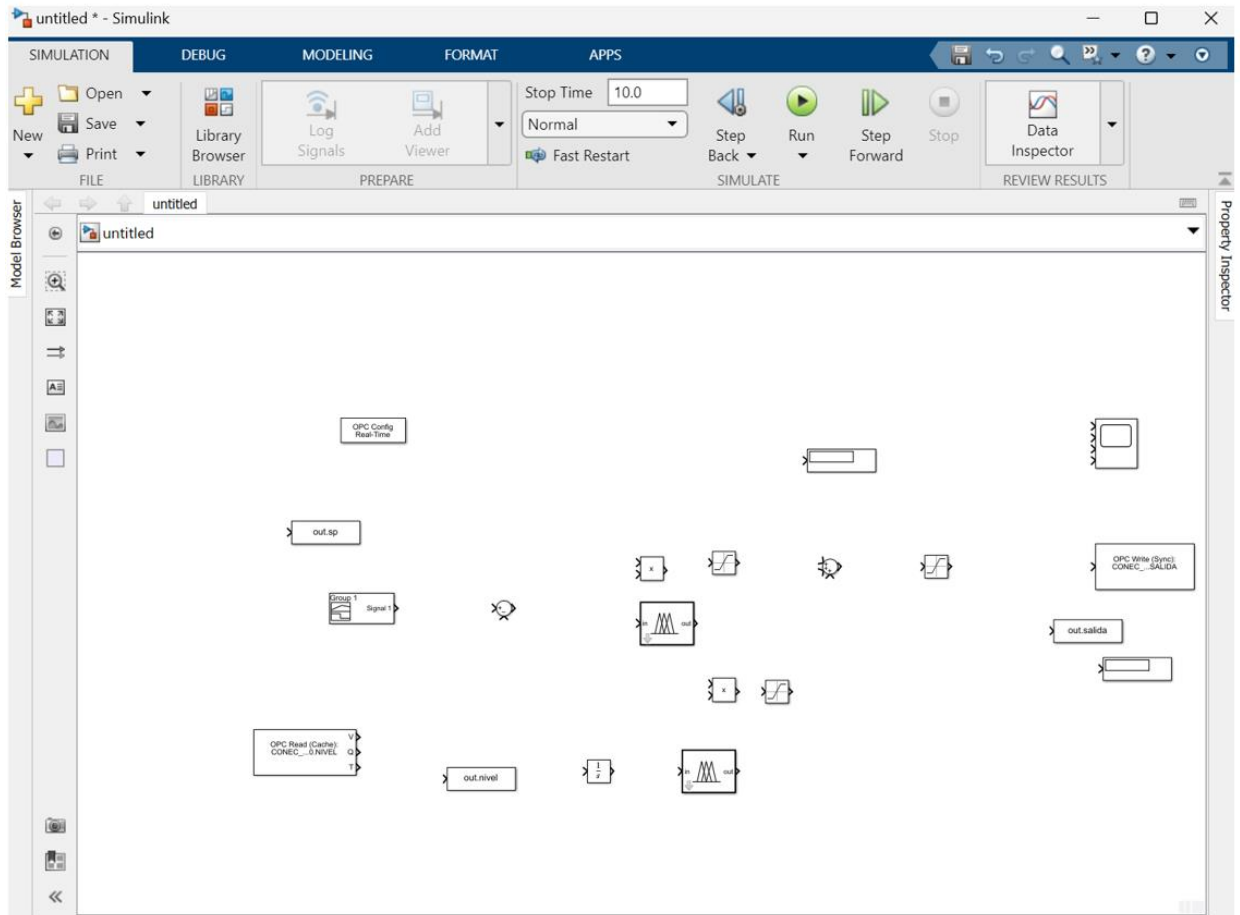


Figura 21. integrador

2.5.13 Agregamos un producto

El producto es uno de los parámetros para poder alcanzar nuestro nivel deseado

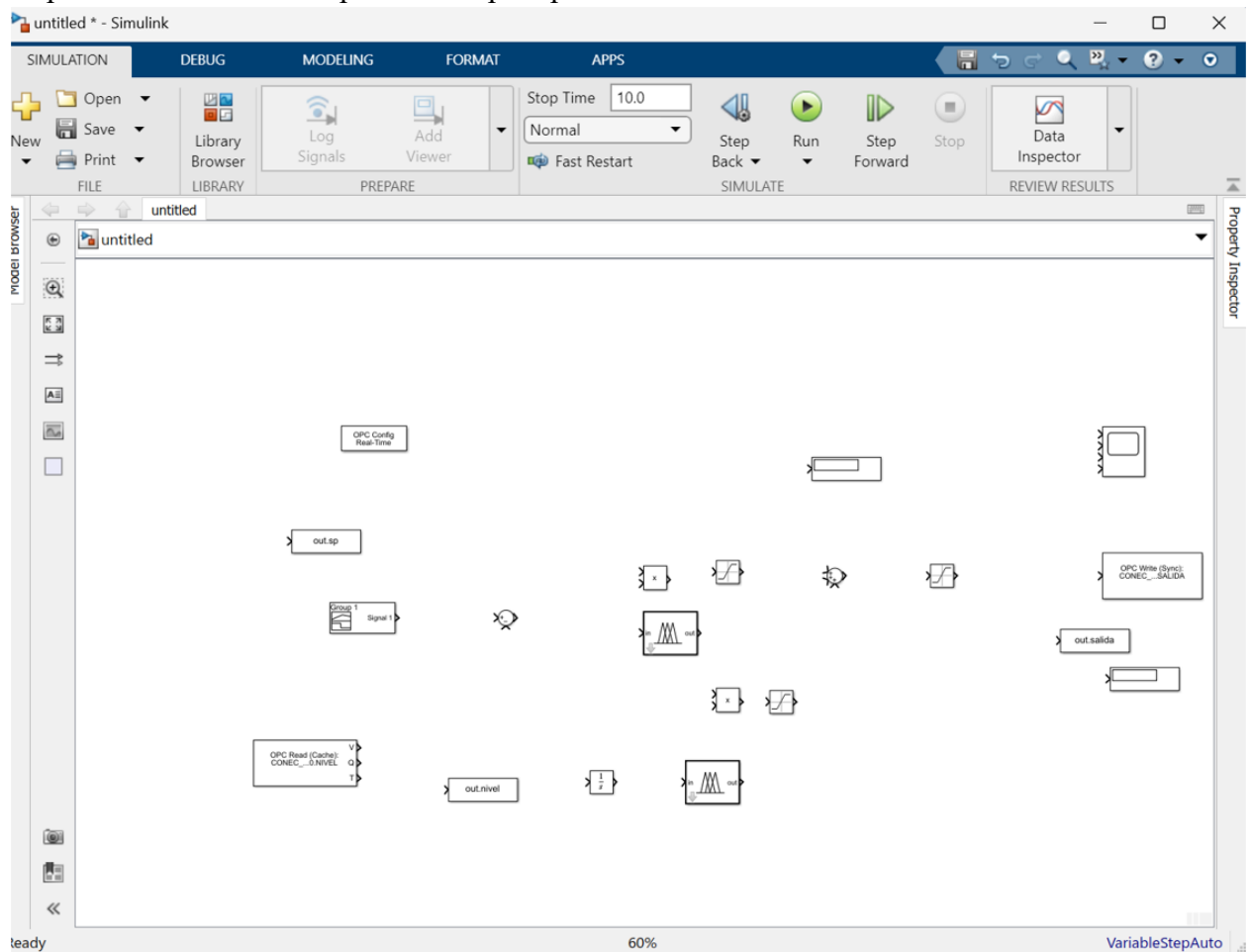


Figura 22. Producto

2.6 Diagrama a conectar

A continuación, tenemos el diagrama a conectar debemos tener en cuenta que debemos seguir los pasos correctamente para evitar posibles fallos en el sistema

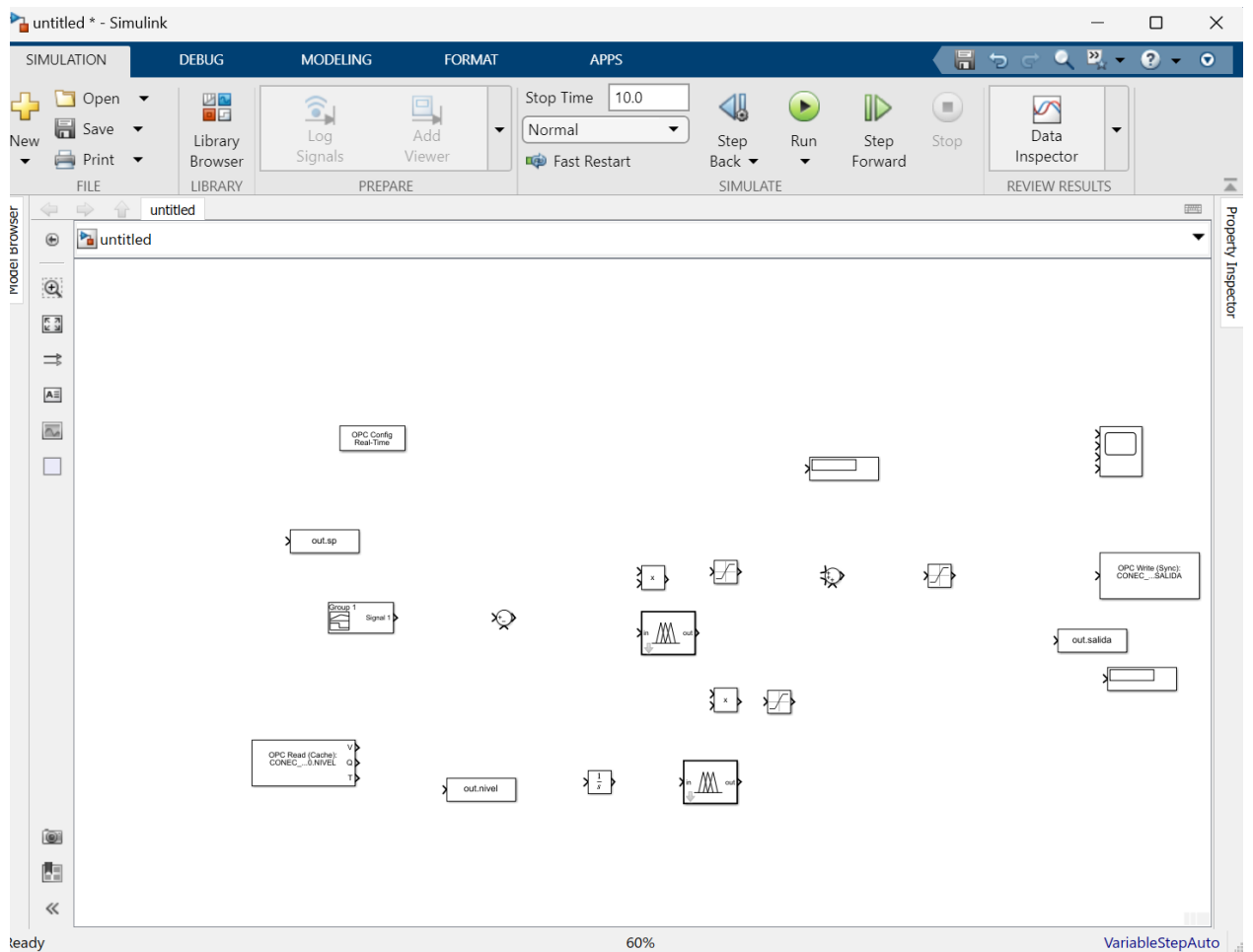


Figura 23. Diagrama a conectar

2.6.1 Conexión primer tramo

Para una mejor interpretación separamos por tramos

Conectamos la salida de la señal de Signal y la dirigimos al sumador añadimos la señal a nuestro Workspace y sacamos una línea para el scope

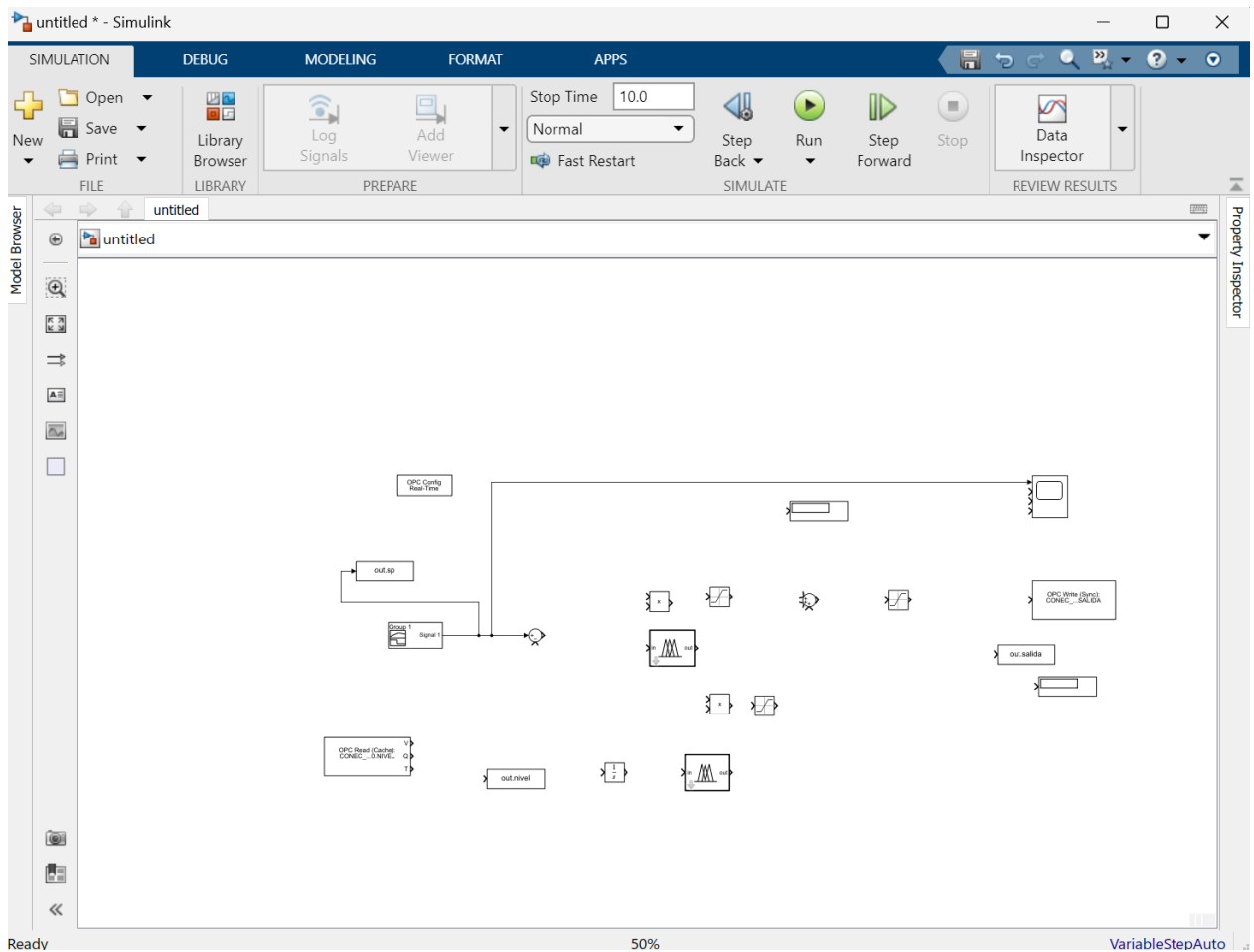


Figura 24. Conexión primer tramo

2.6.2 Conexión segundo tramo.

Sacamos una señal desde nuestro OPC Read hasta la entrada del sumador obtenemos una salida hasta nuestro Workspace y Seleccionamos una señal para nuestro scope

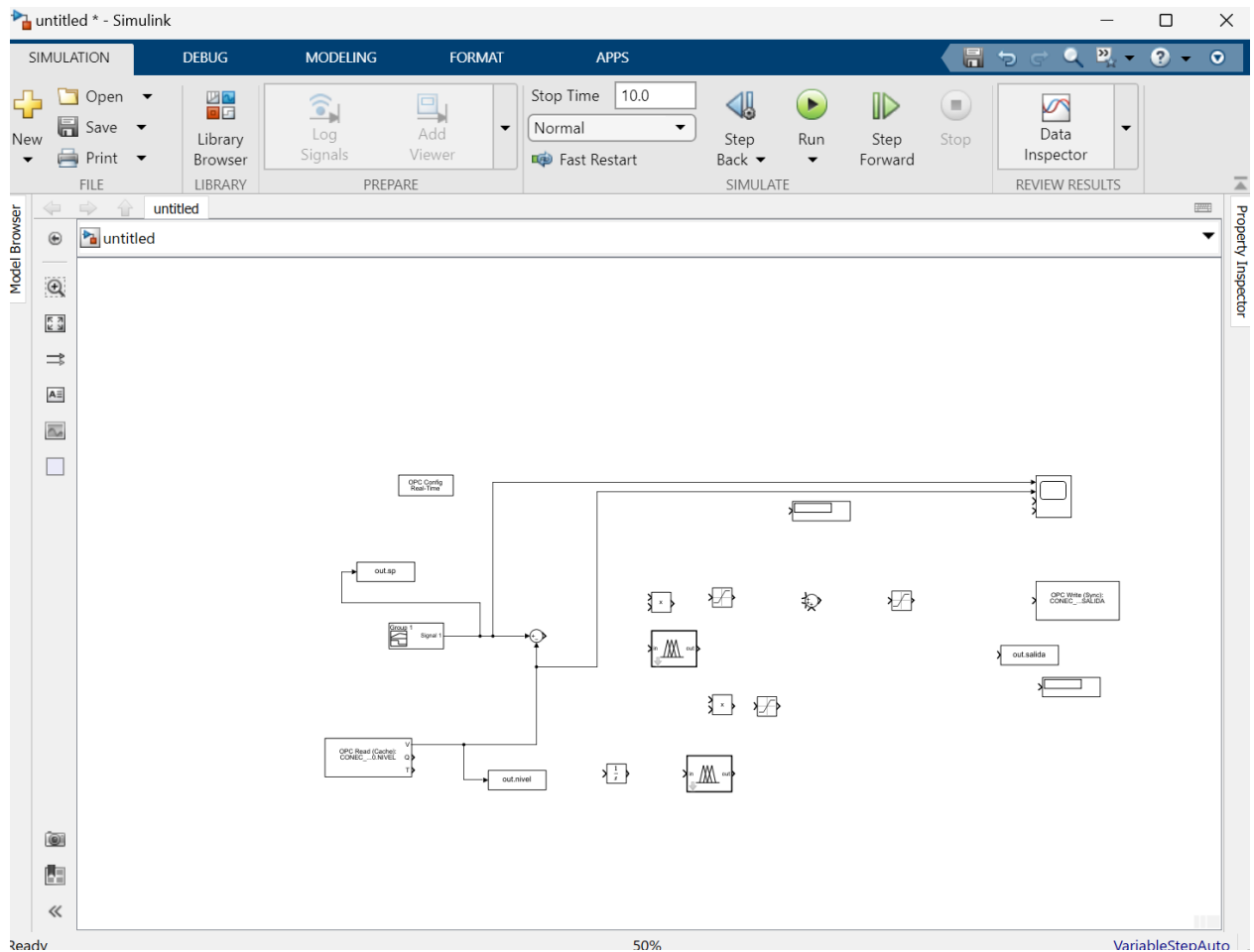


Figura 25. Conexión segundo tramo.

2.6.3 Conexión tercer tramo

Ingresamos la señal de salida desde el sumador y la ingresamos a nuestro Fuzzy e igualmente a la entrada superior de nuestro producto al igual que su salida del Fuzzy se ingresa a la entrada de nuestro producto, la señal es procesada por nuestro saturador e ingresa a nuestro sumador adicional obtenemos una señal para nuestro scope.

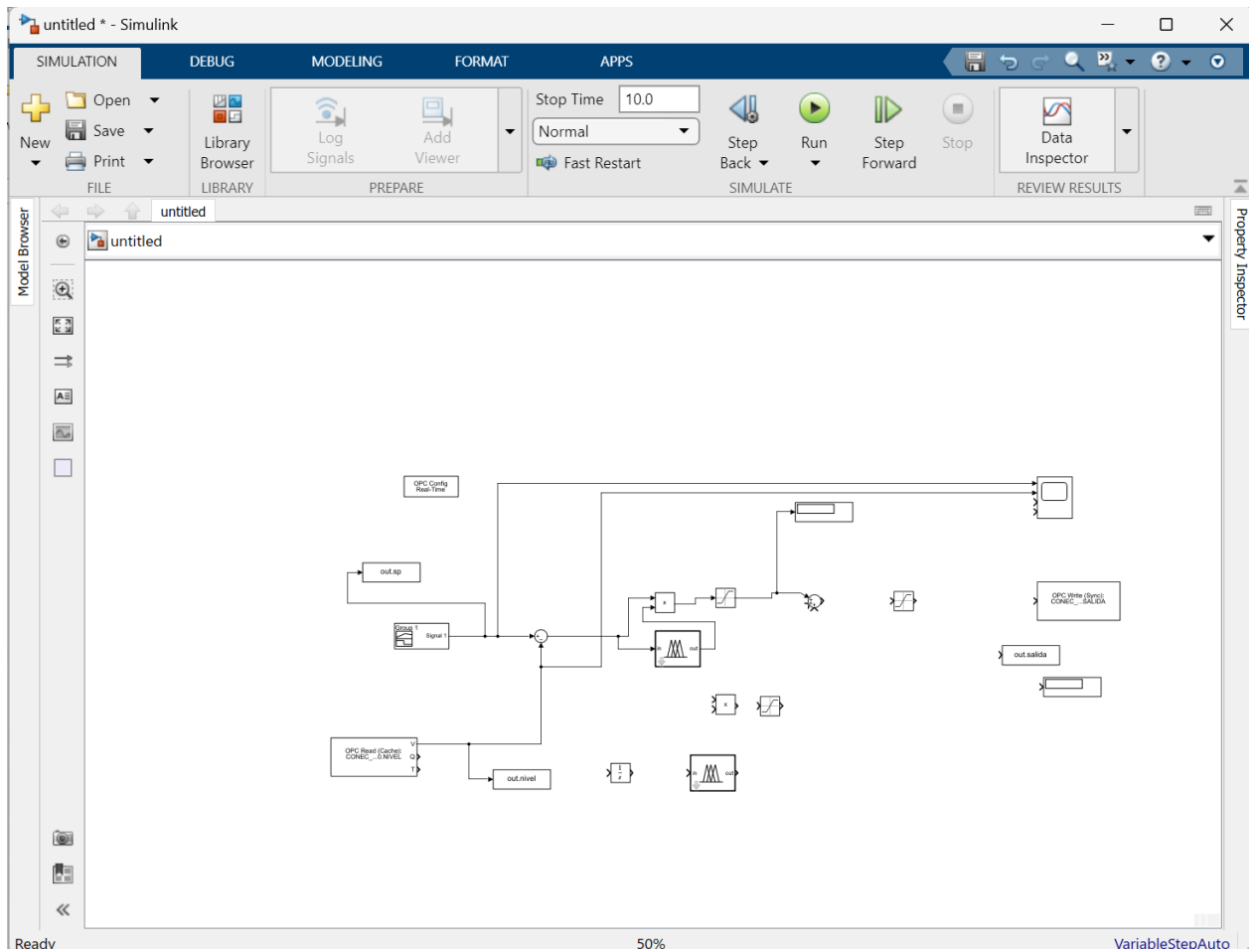


Figura 26. Conexión tercer tramo

2.6.4 Conexión cuarto tramo

Obtenemos una señal desde la salida de nuestro primer sumador hasta la entrada de nuestro integrador después seleccionamos la salida del integrador y la dirigimos hasta nuestro de nuestro Fuzzy antes del ingreso a nuestro segundo Fuzzy sacamos una señal dirigida hacia el producto, así como la señal de salida la dirigimos a nuestro producto a continuación la salida del Fuzzy se dirige hasta el saturador y continuamente hasta nuestro sumador

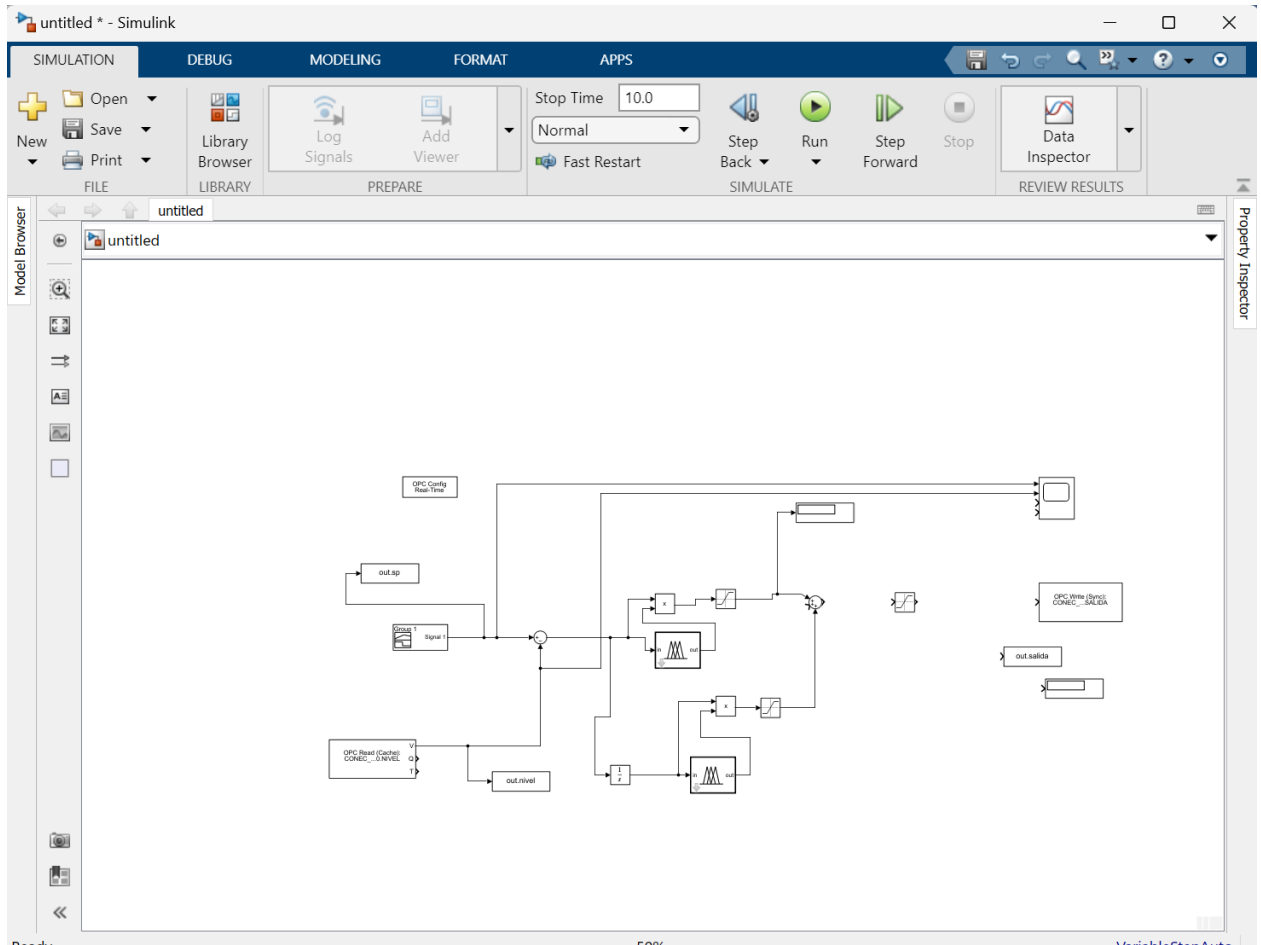


Figura 27. Conexión cuarto tramo

2.6.5 Conexión quinto tramo

Seleccionamos la salida de nuestro sumador la dirigimos hasta el saturador y su salida hasta nuestro OPC Write adicional sacamos una señal hasta Workspace al igual que a nuestro display adicional sacamos una señal dirigida asta nuestro scope

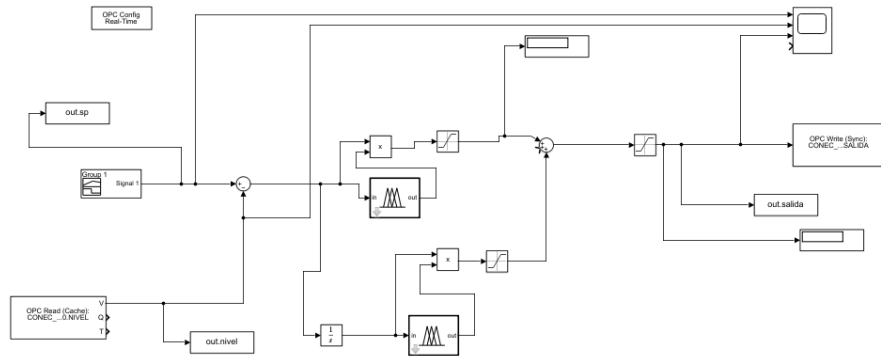


Figura 28. Conexión quinto tramo

2.7 Configuración Fuzzy Logic

Esta configuración está basada en parámetros que serán utilizados para nuestro control de nivel.

2.7.1 fuzzyLogicDesigner

Llamamos a nuestro Fuzzy ingresando el comando fuzzyLogicDesigner.

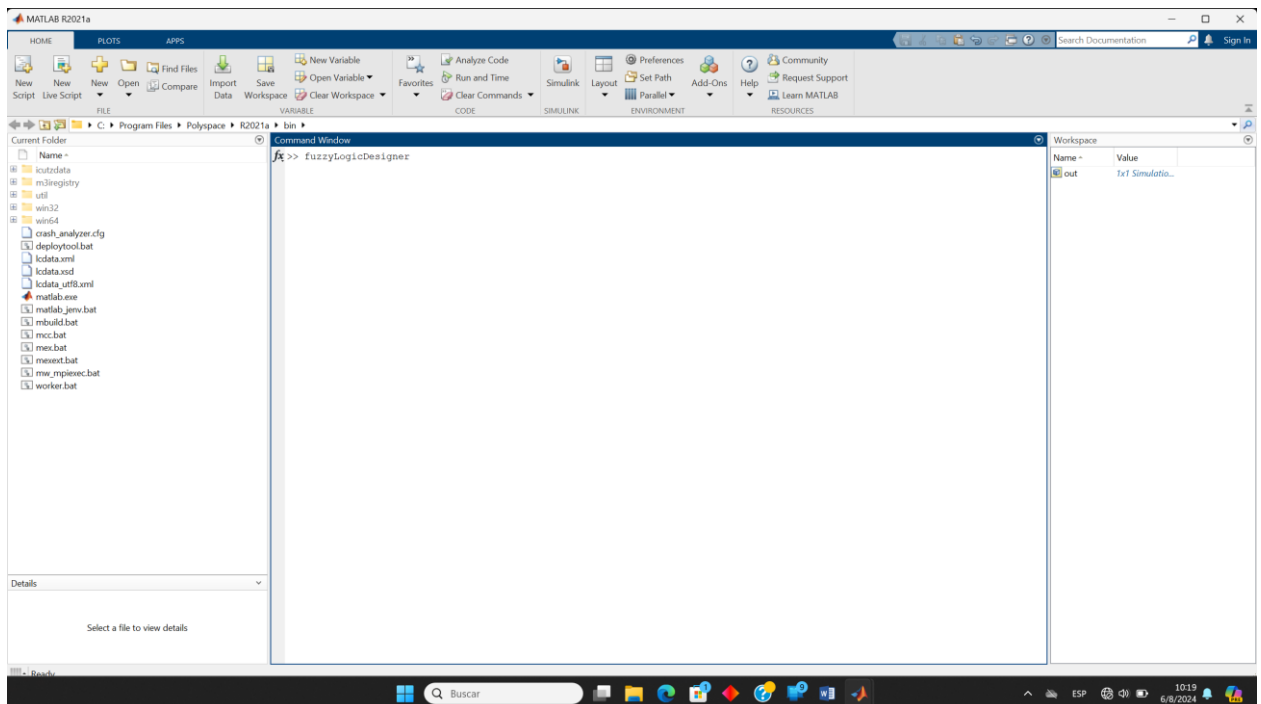


Figura 29. fuzzyLogicDesigner

2.7.2 Modulo Fuzzy

En este módulo podemos crear nuestros parámetros, así como las reglas de trabajo

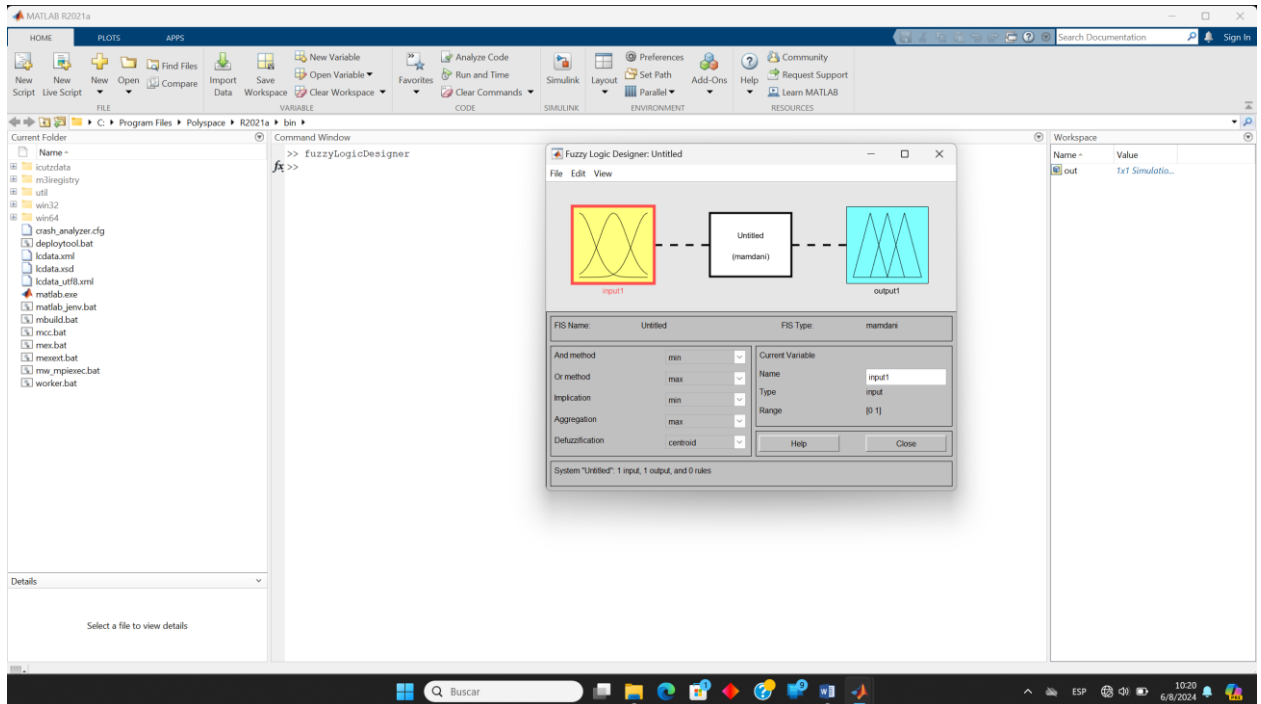


Figura 30. Módulo Fuzzy

2.7.3 Exportación de documento

Damos clic en editar, a continuación, seleccionamos exportar, como siguiente paso escogemos to file.

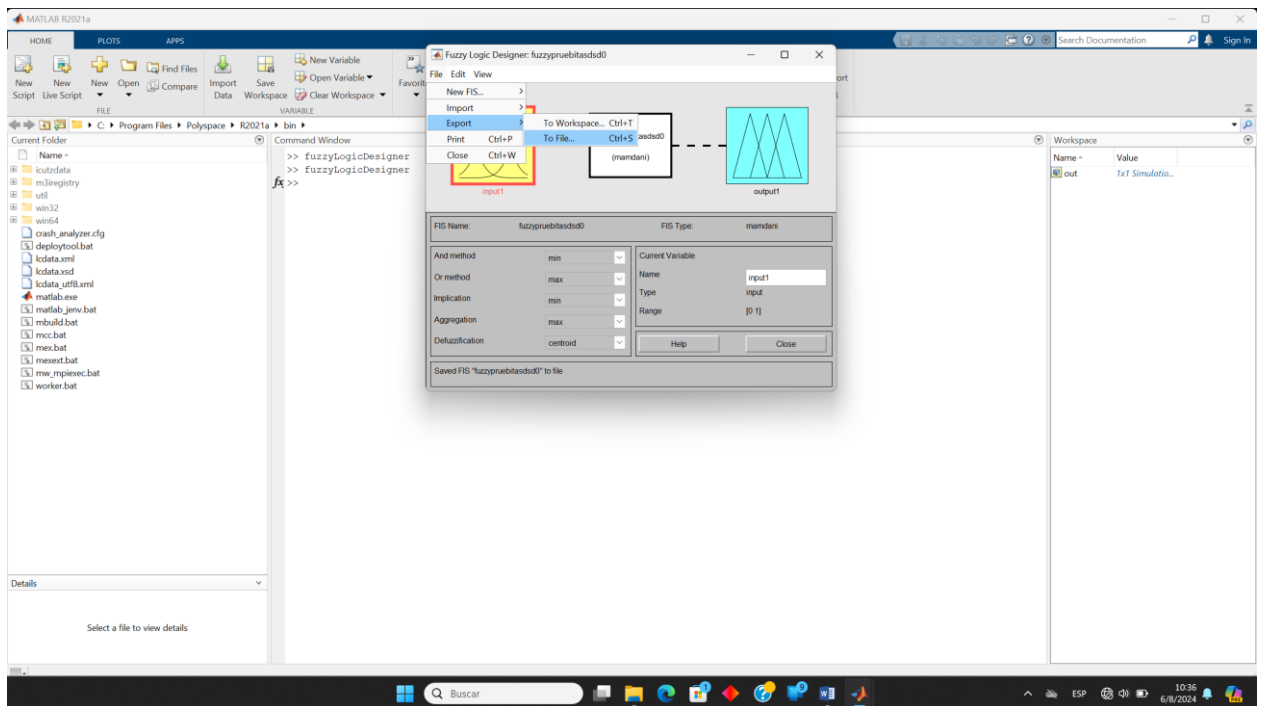


Figura 31. Exportación de documento

2.7.4 Almacenamiento de la Exportación

Seleccionamos el lugar donde guardaremos nuestro lenguaje Difuso, debemos recordar el lugar donde se lo almacena puesto que lo utilizaremos en pasos siguientes.

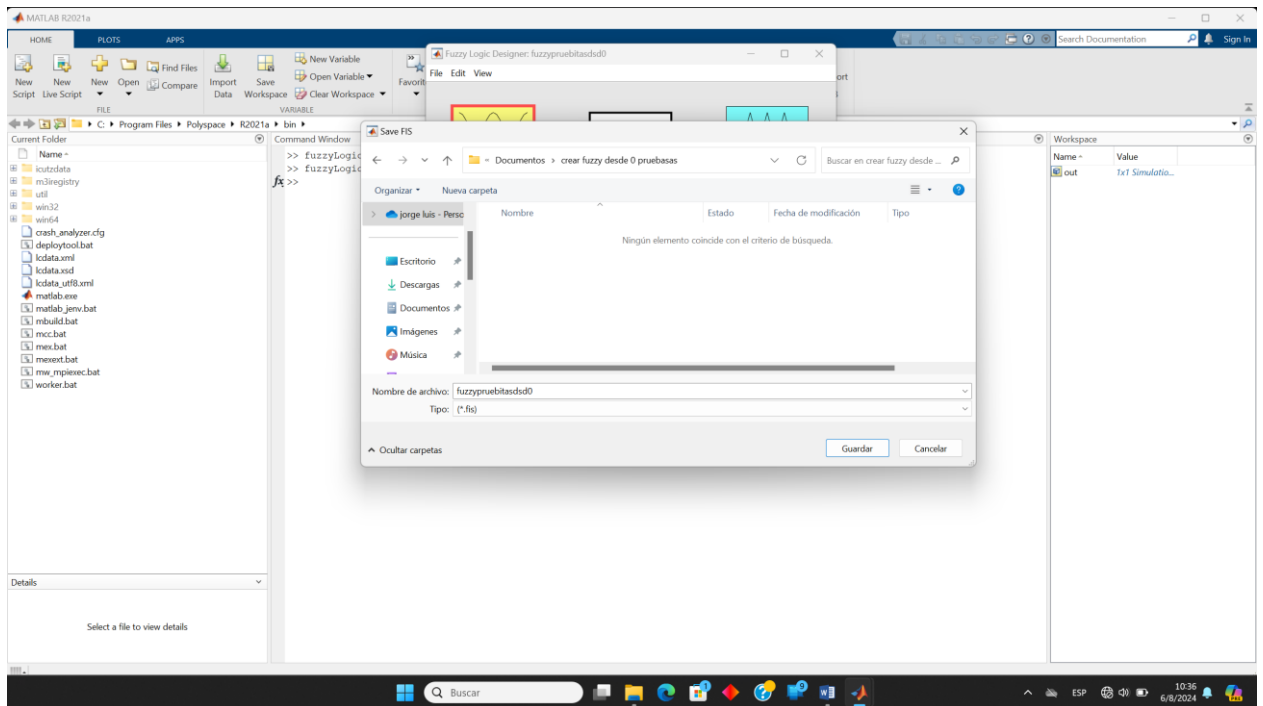


Figura 32. Almacenamiento de la Exportación

2.7.5 Archivo Fuzzy

Observamos que la nuestro Fuzzy se guardó con el nombre que seleccionamos.

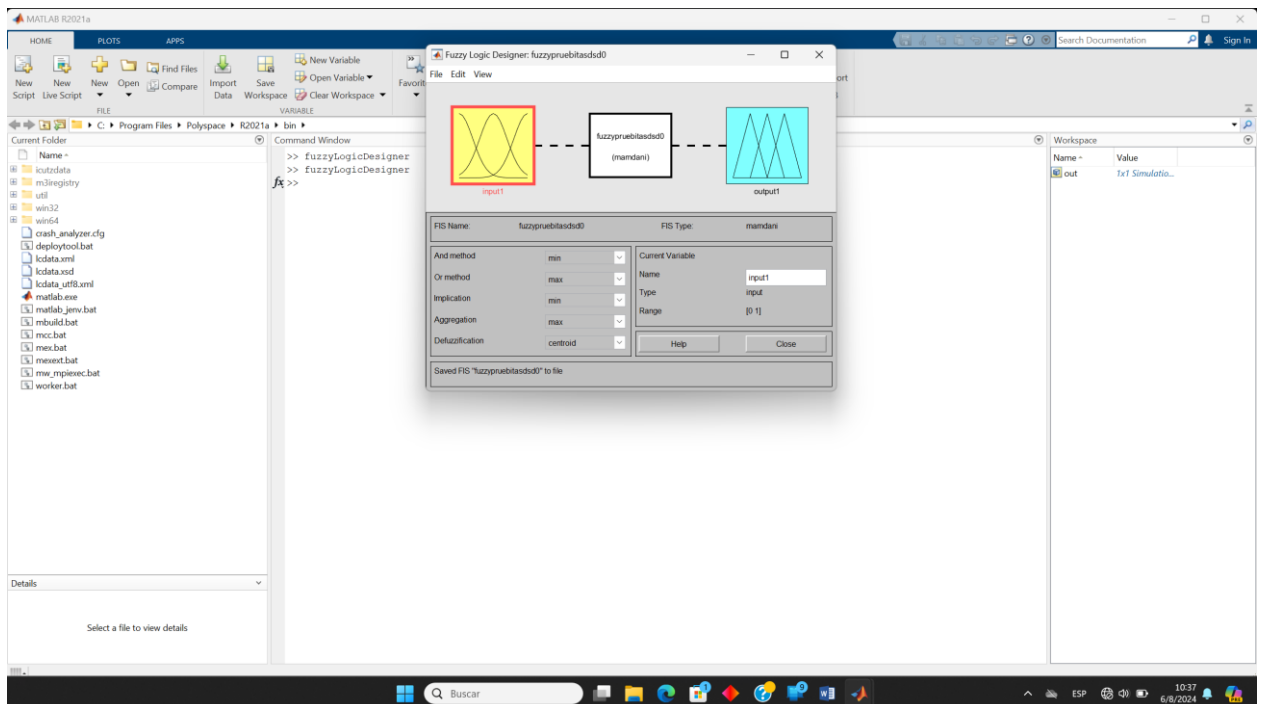


Figura 33. Archivo Fuzzy

2.7.6 Importación del archivo

Clic en editar, seleccionamos importar.

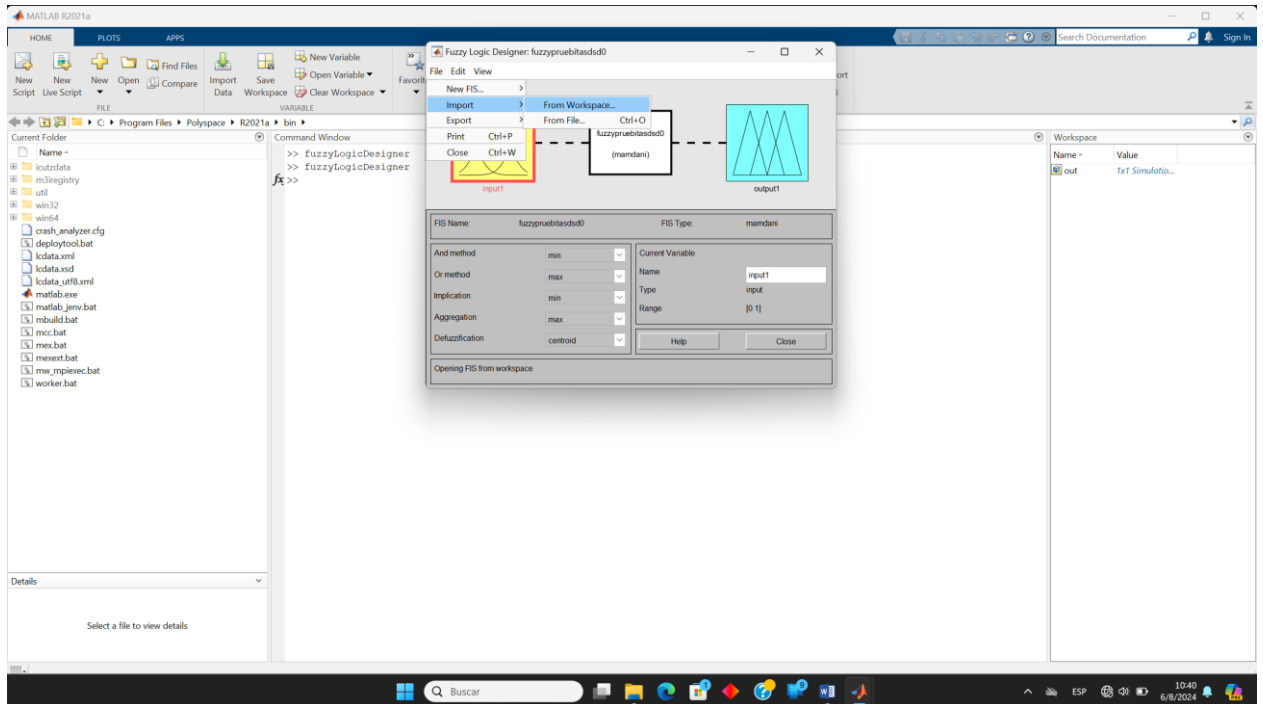


Figura 34. Importación del archivo

2.7.7 importación Fuzzy

Seleccionamos From File y nos permitirá escoger nuestro programa creado anteriormente

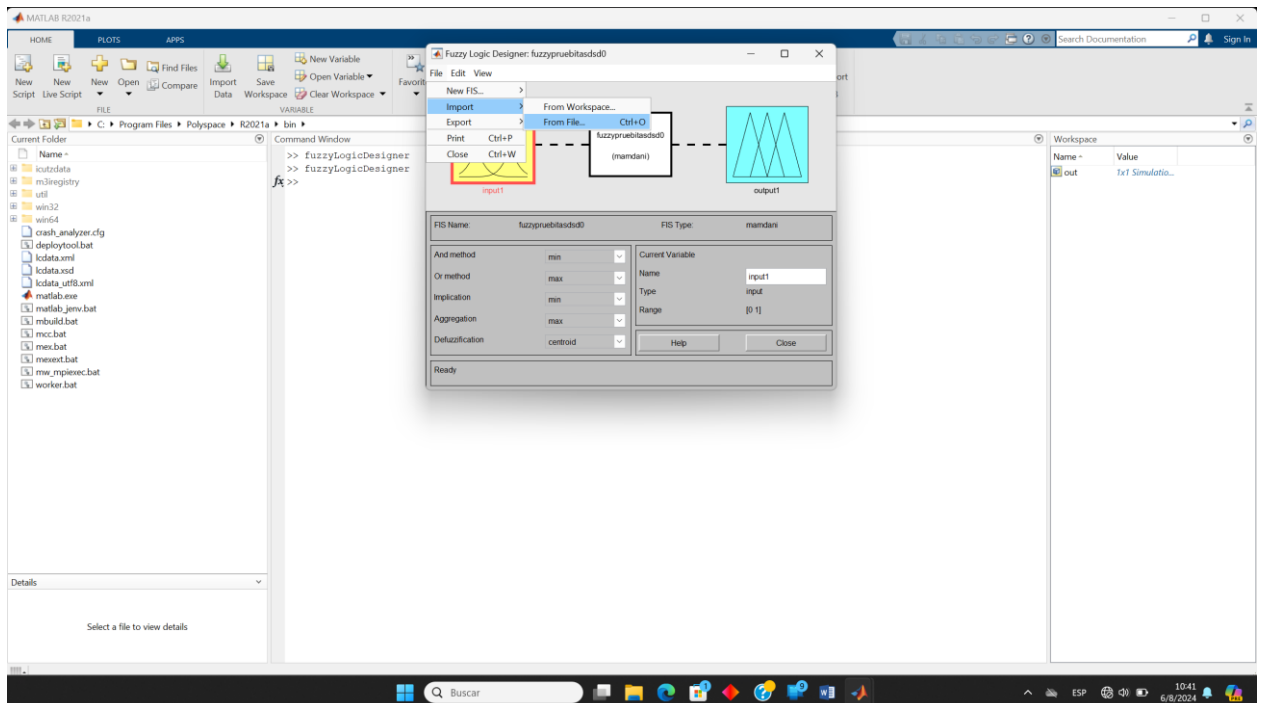


Figura 35. importación Fuzzy

2.7.8 Ubicación Archivo Fuzzy

Seleccionamos la carpeta de almacenamiento de nuestro archivo Fuzzy antes creado y seleccionamos abrir.

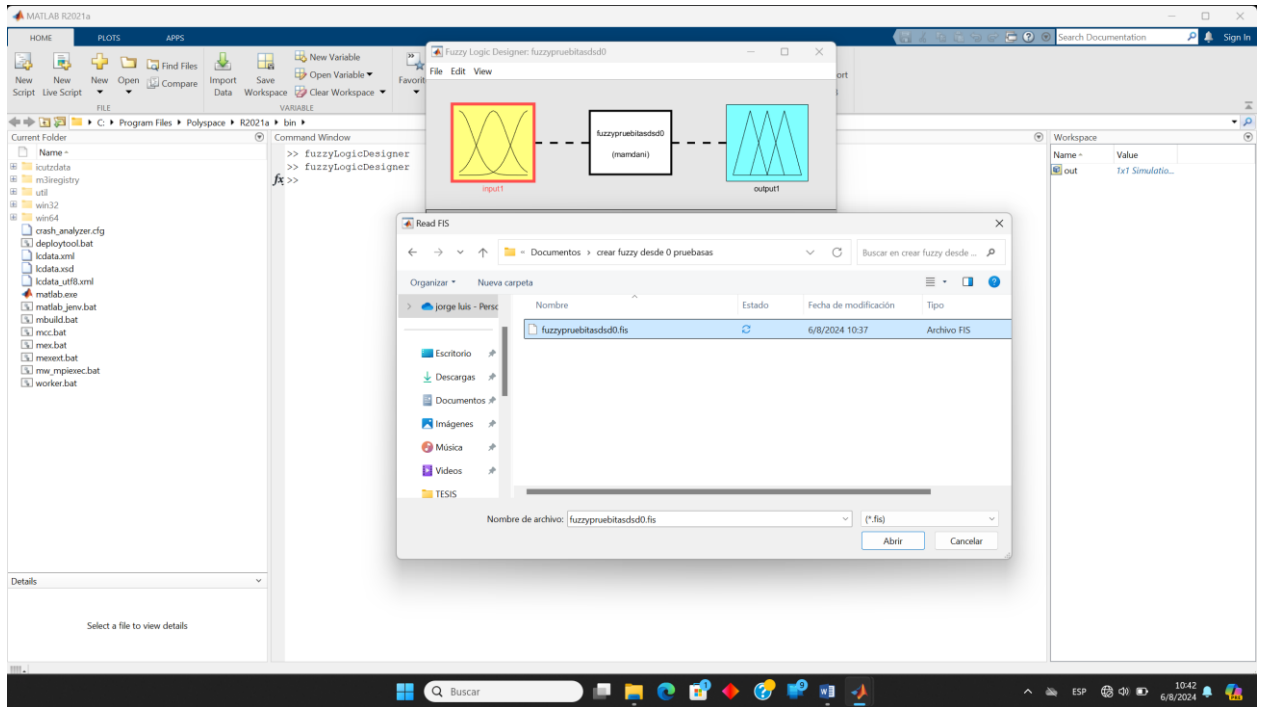


Figura 36. Ubicación Archivo Fuzzy

2.7.9 Archivo Fuzzy

Como se puede observar se carga nuestro archivo creado, a continuación, cerramos nuestro primer Fuzzy.

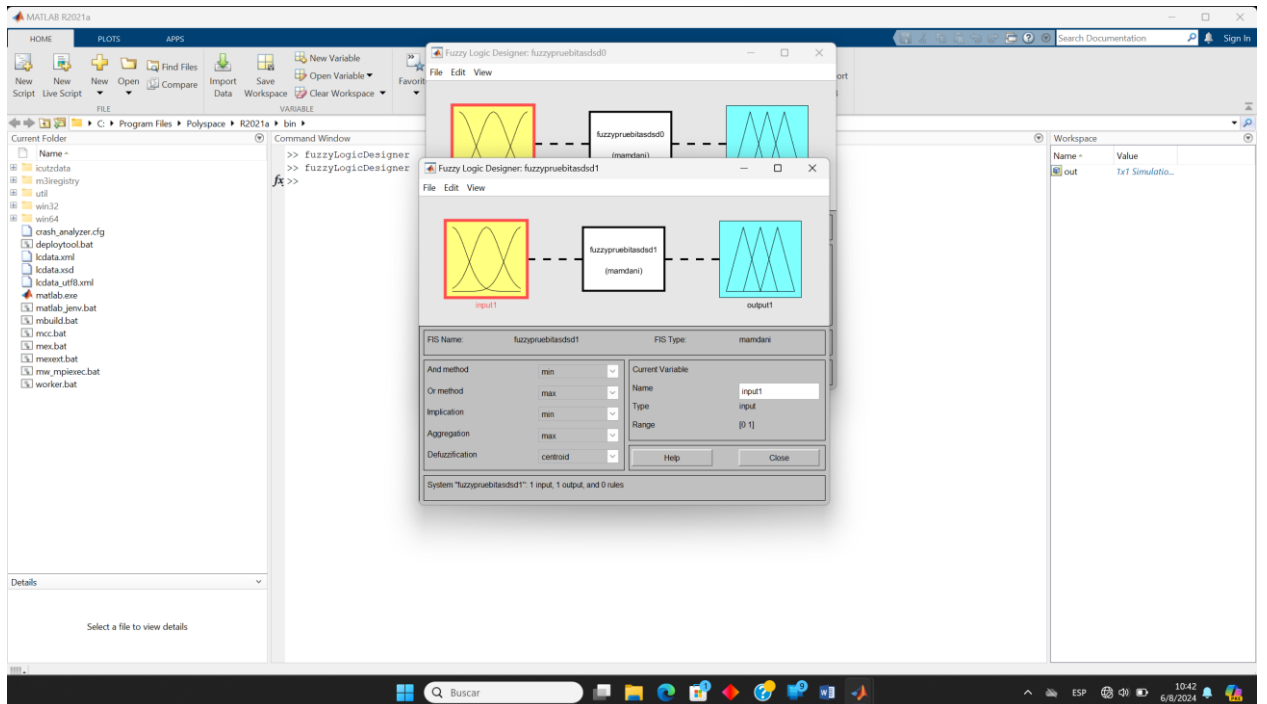


Figura 37. Archivo Fuzzy

2.7.10 cierre Fuzzy Inicio

Pesto que necesitamos nuestro programa creado cerramos el anterior y confirmamos en No.

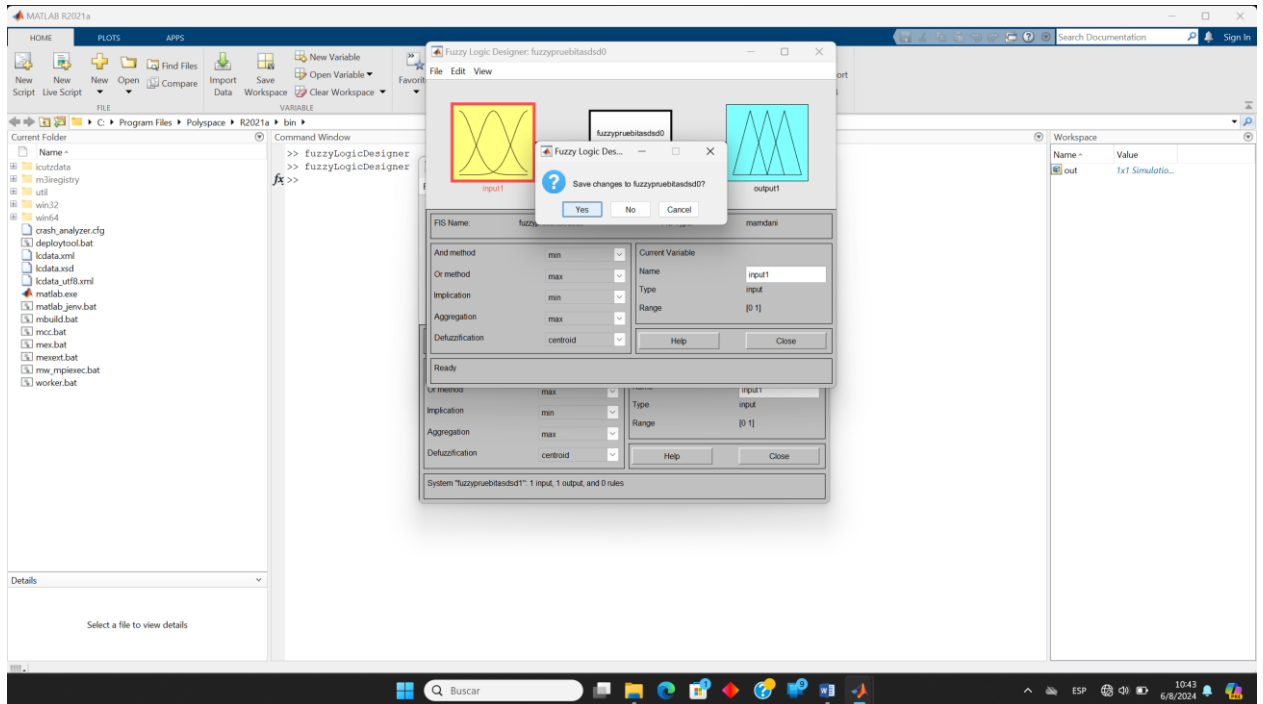


Figura 38. Cierre Fuzzy Inicio

2.7.11 Modulo Fuzzy

Una vez cerrado el primer Fuzzy nos quedamos el que vamos a utilizar.

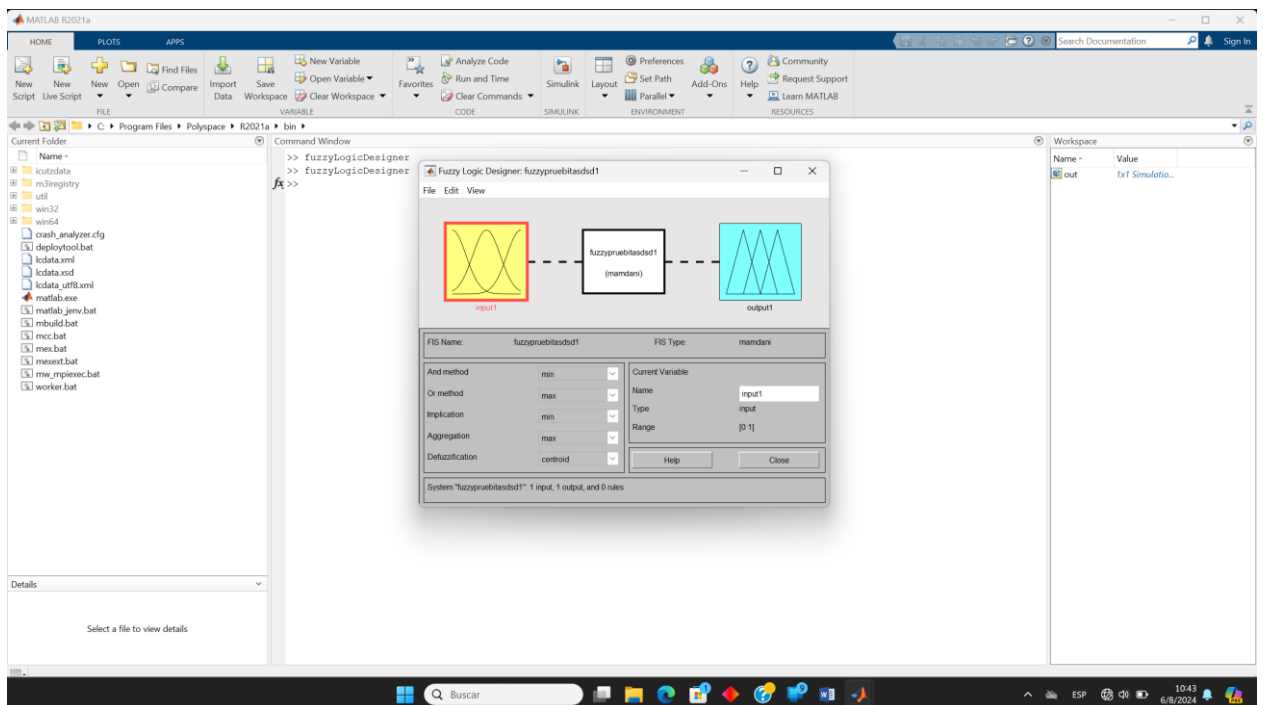


Figura 39. Módulo Fuzzy

2.7.12 Export Workspace.

Exportamos nuestra área de trabajo

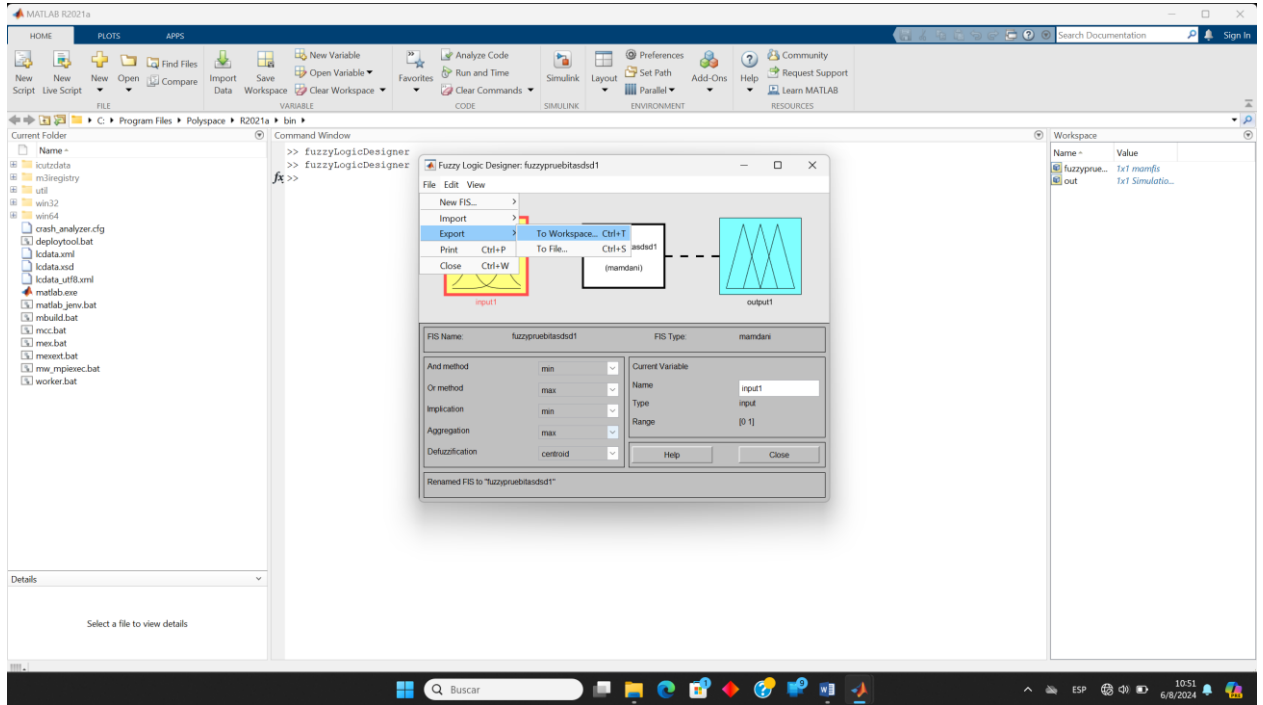


Figura 40. Export Workspace.

2.7.13 Selección Workspace.

Una vez seleccionado nuestro Workspace seleccionamos Ok.

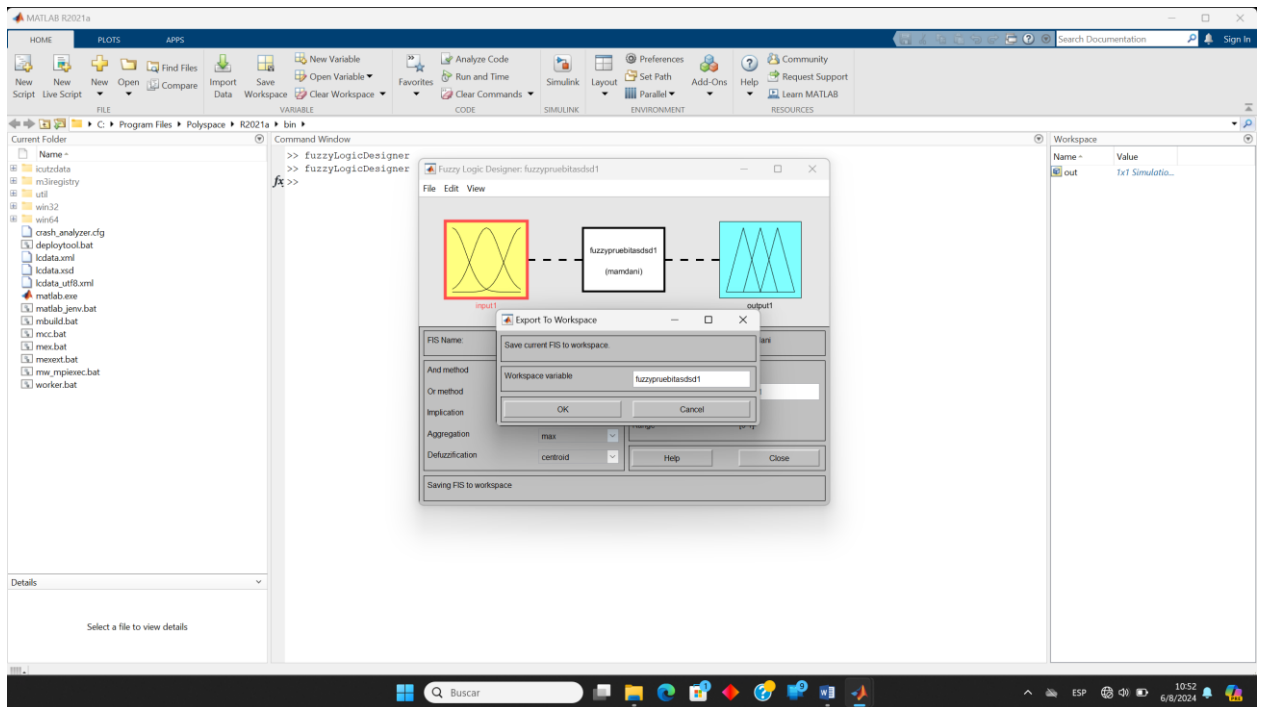


Figura 41. Selección Workspace.

2.7.14 Verificación Workspace.

Como se puede observar en la parte derecha de nuestra pantalla observamos que se ha subido nuestro Workspace correctamente.

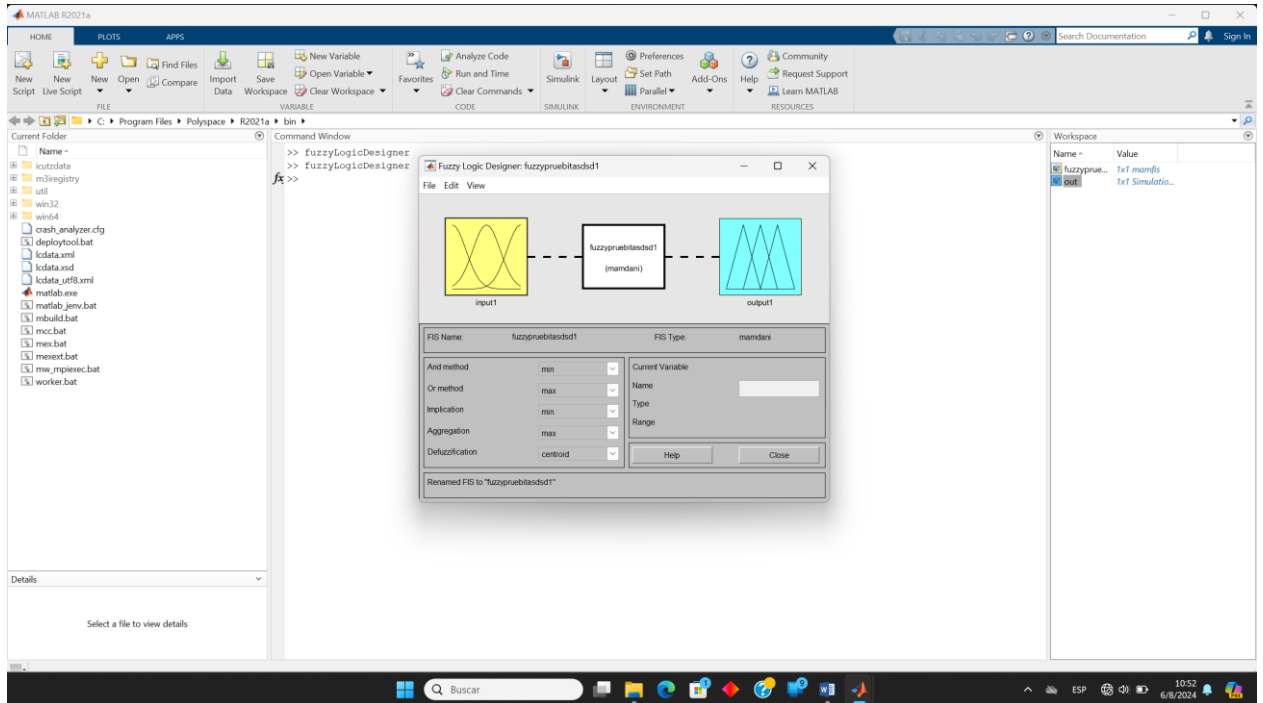


Figura 42. Verificación Workspace.

2.7.15 Variables Fuzzy

Seleccionamos editar y seleccionamos add Variable.

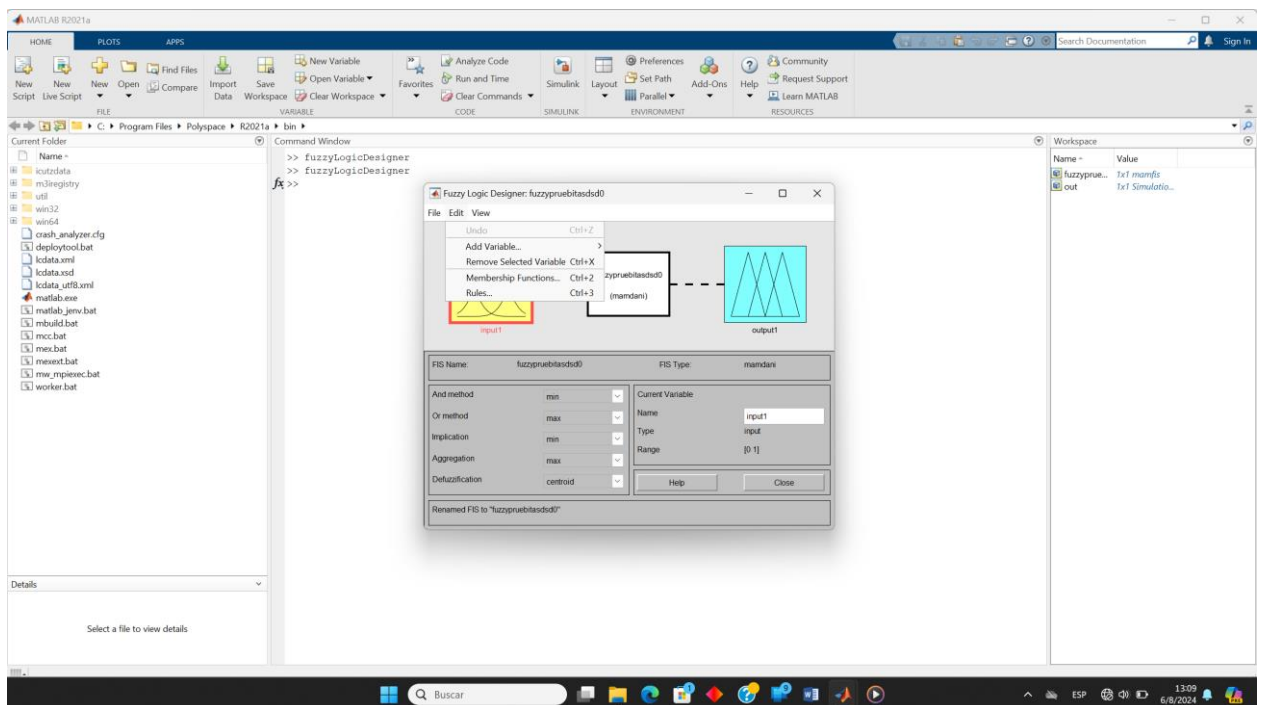


Figura 43. Variables Fuzzy

2.7.16 Variable Fuzzy Input

Seleccionado añadir variable, seleccionamos Input.

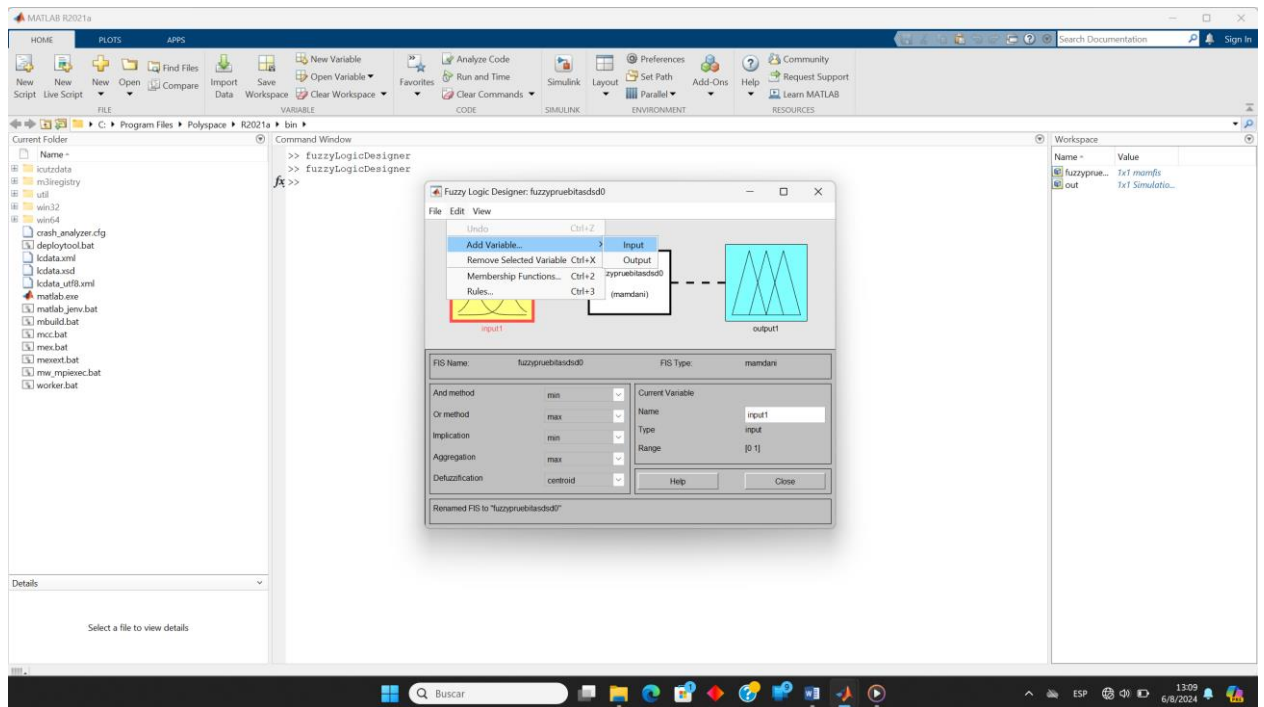


Figura 44. Variable Fuzzy Input

2.7.17 Variables de entrada.

Como podemos observar se ha creado dos variables de entrada

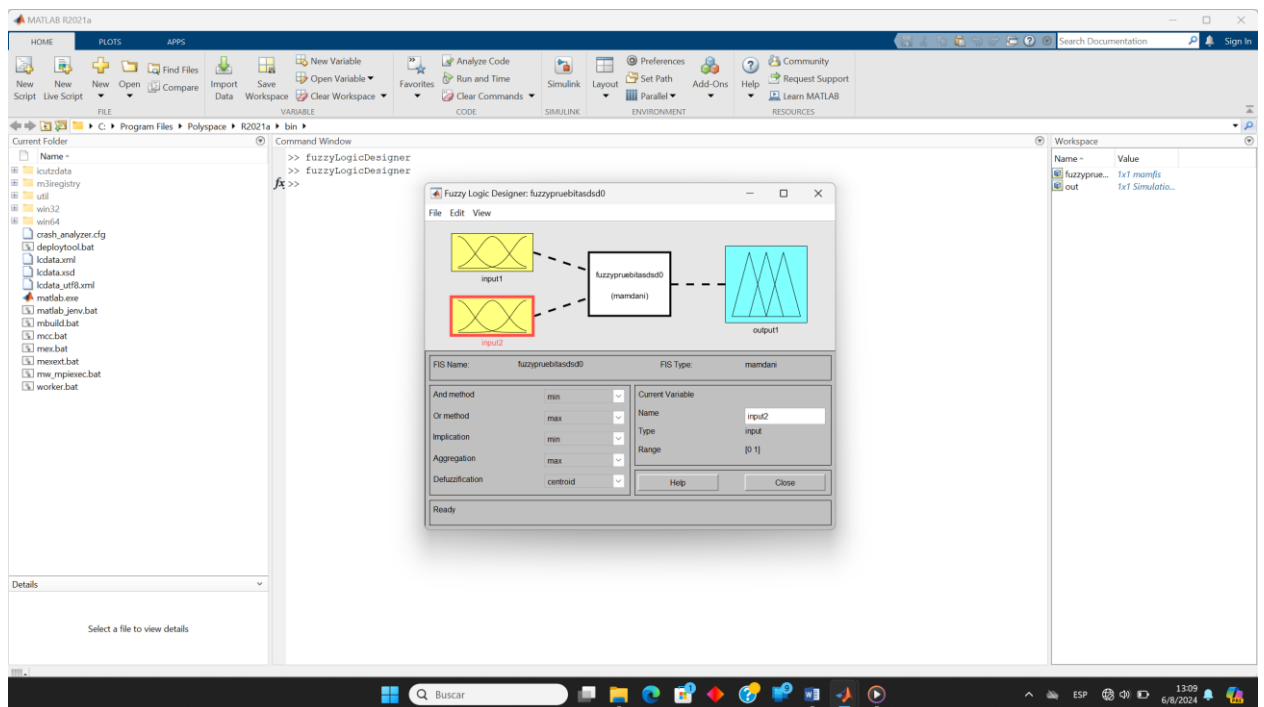


Figura 45. Variables de entrada.

2.7.18 Membresías Fuzzy Input (e)

Damos clic en unos de las dos variables de entrada y seleccionamos remover ALL MFs

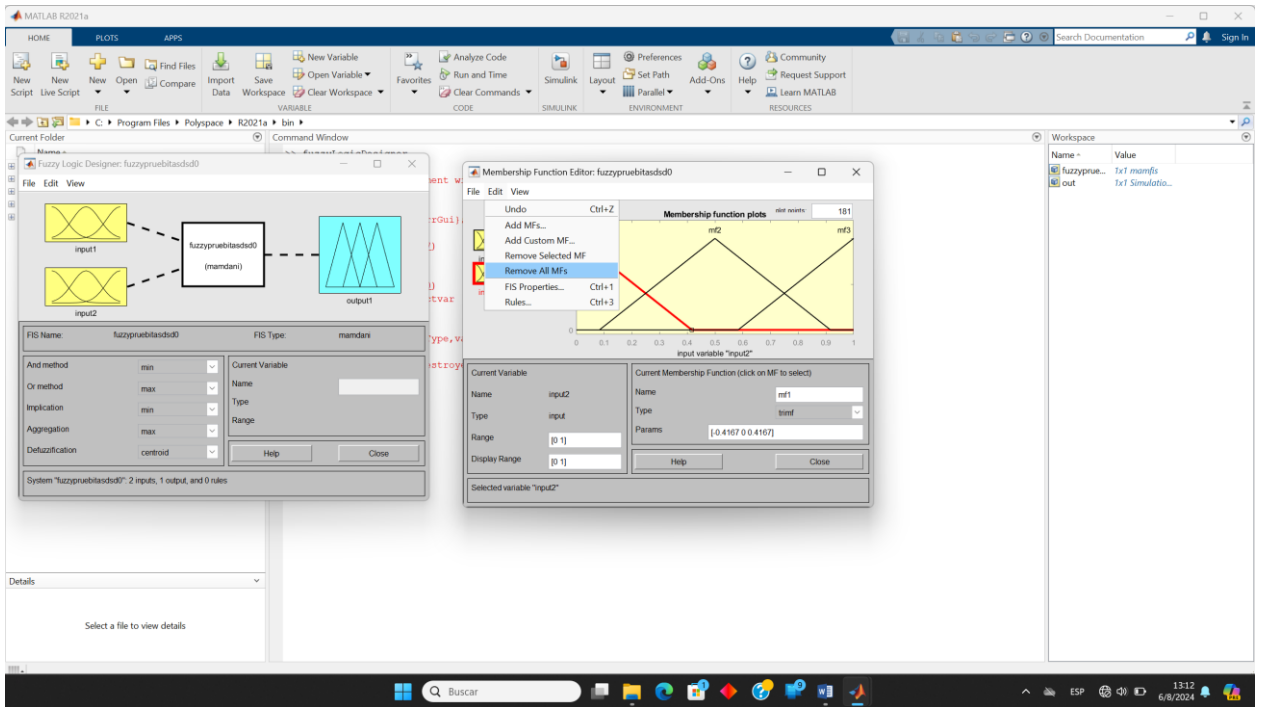


Figura 46. Membresías Fuzzy Input (e)

2.7.19 Membresías Fuzzy Input (e)

Como podemos observar se ha eliminado las membresías este paso lo realizamos en las 2 entradas y la salida(output).

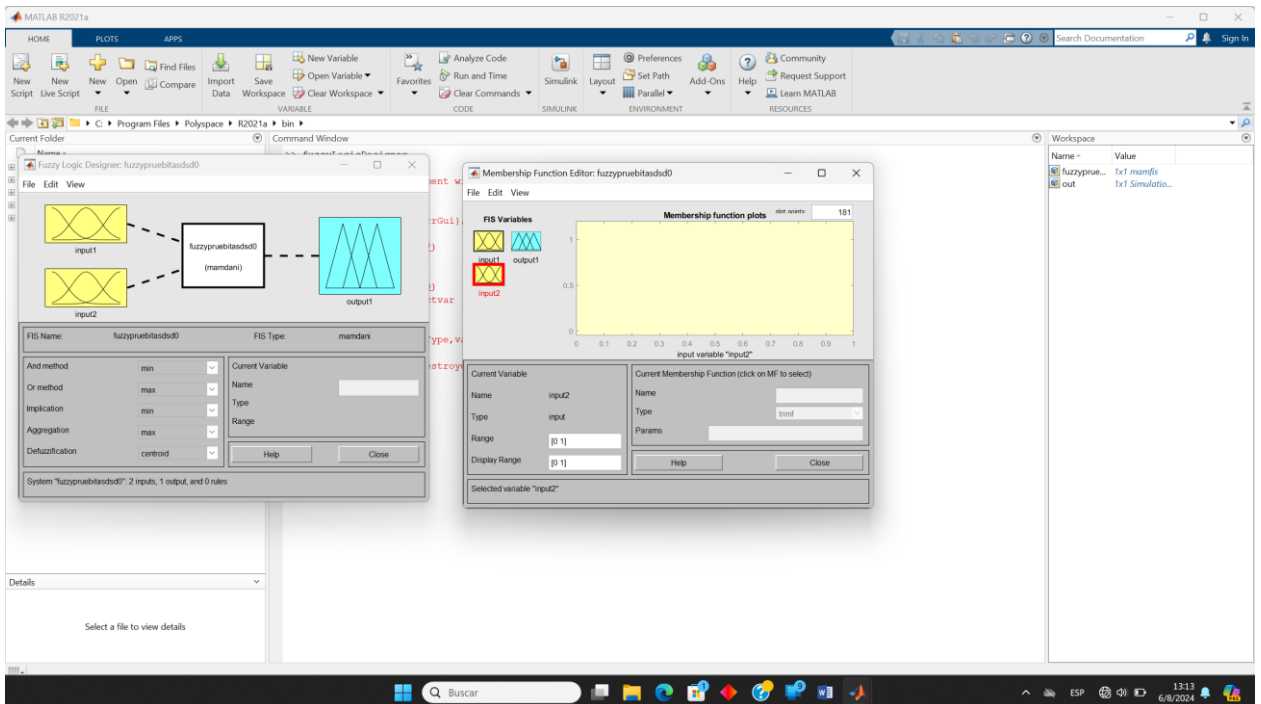


Figura 47. Membresías Fuzzy Input (e)

2.7.20 Membresías

A continuación, agregamos las membresías tanto para las 2 entradas y la 1 salida, recordando que nuestro sistema es mimo (múltiples inputs, múltiples Output).

Seleccionamos Add MFs.

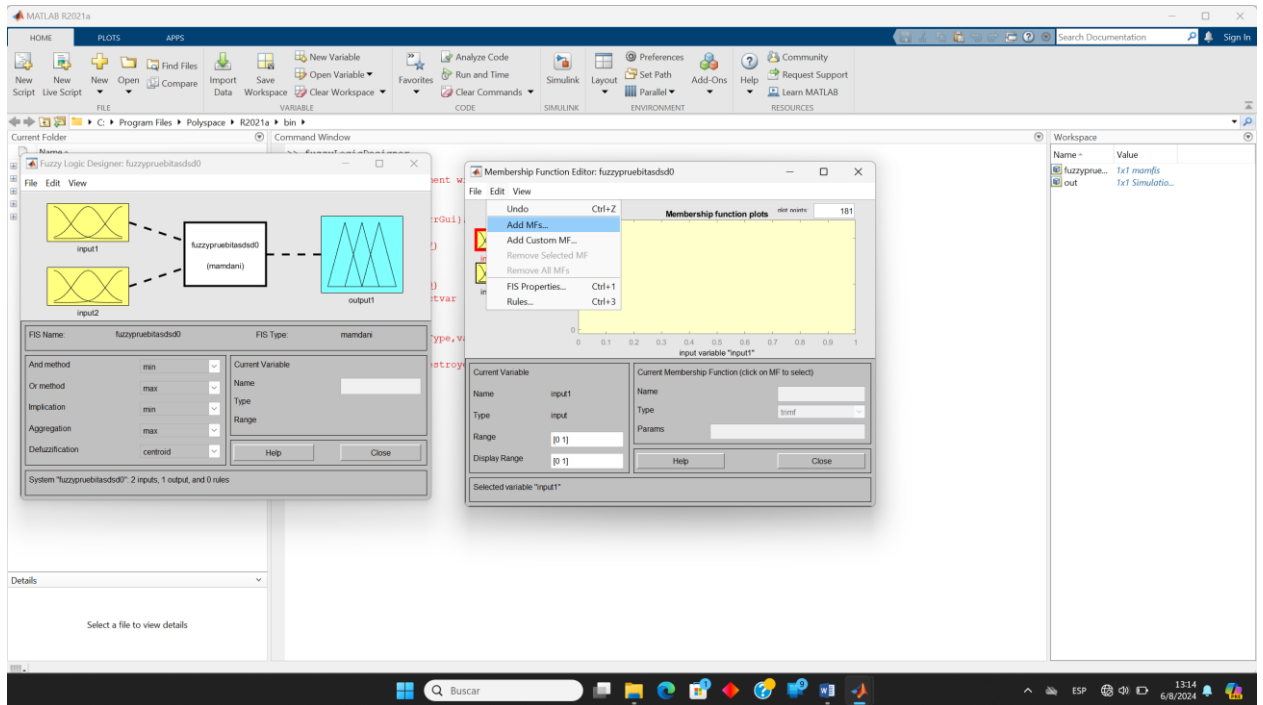


Figura 48. Membresías

2.7.21 Funciones de membresías

Agregamos 7 membresías tomando en cuenta las variables que utilizamos en nuestro control.

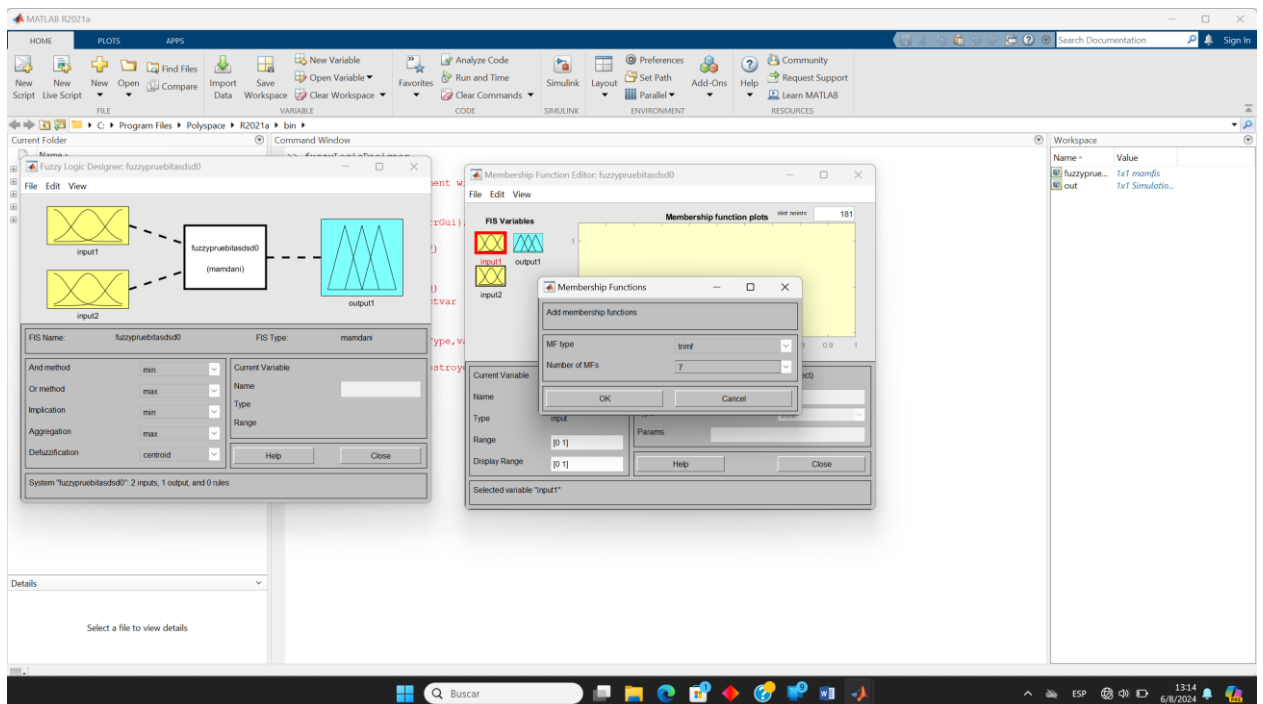


Figura 49. Funciones de membresías

2.7.22 membresías input(e)

Como podemos observar se ha creado las membresías con las 7 variables a utilizar.

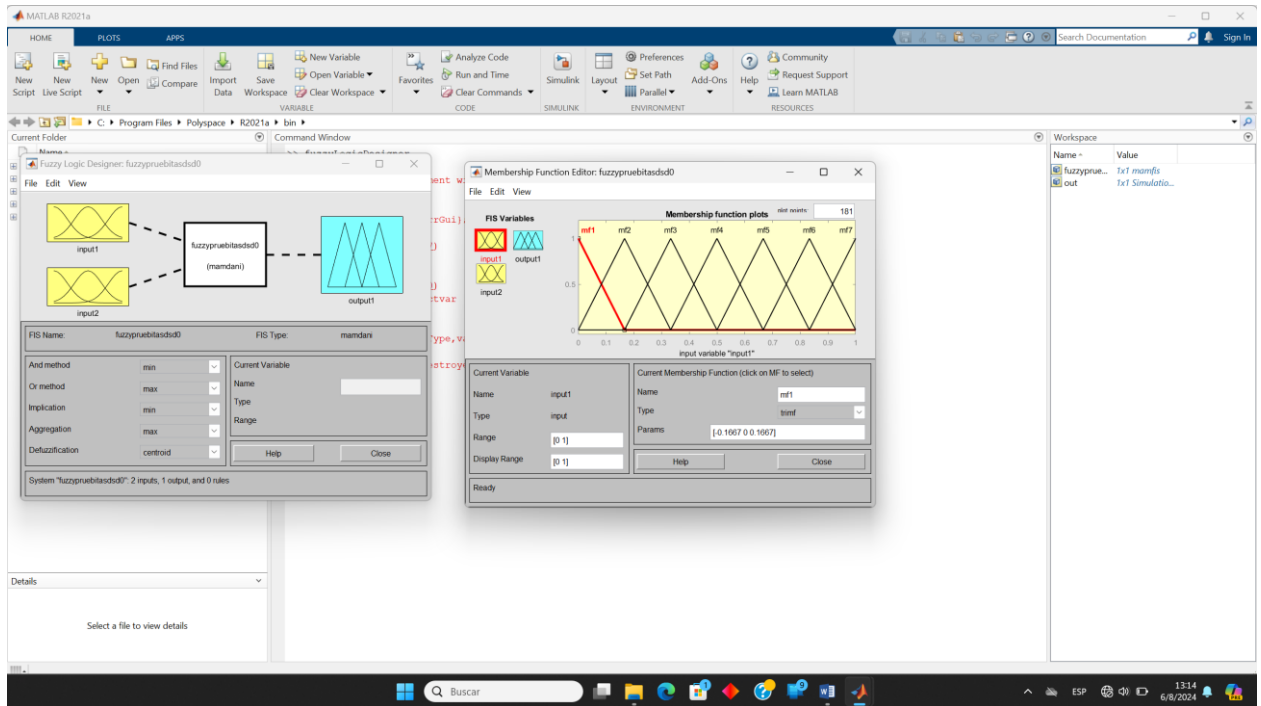


Figura 50. Membresías input(e)

2.7.23 Membresías Input(-e)

Al igual que en el paso anterior agregamos las nuevas membresías con las 7 variables.

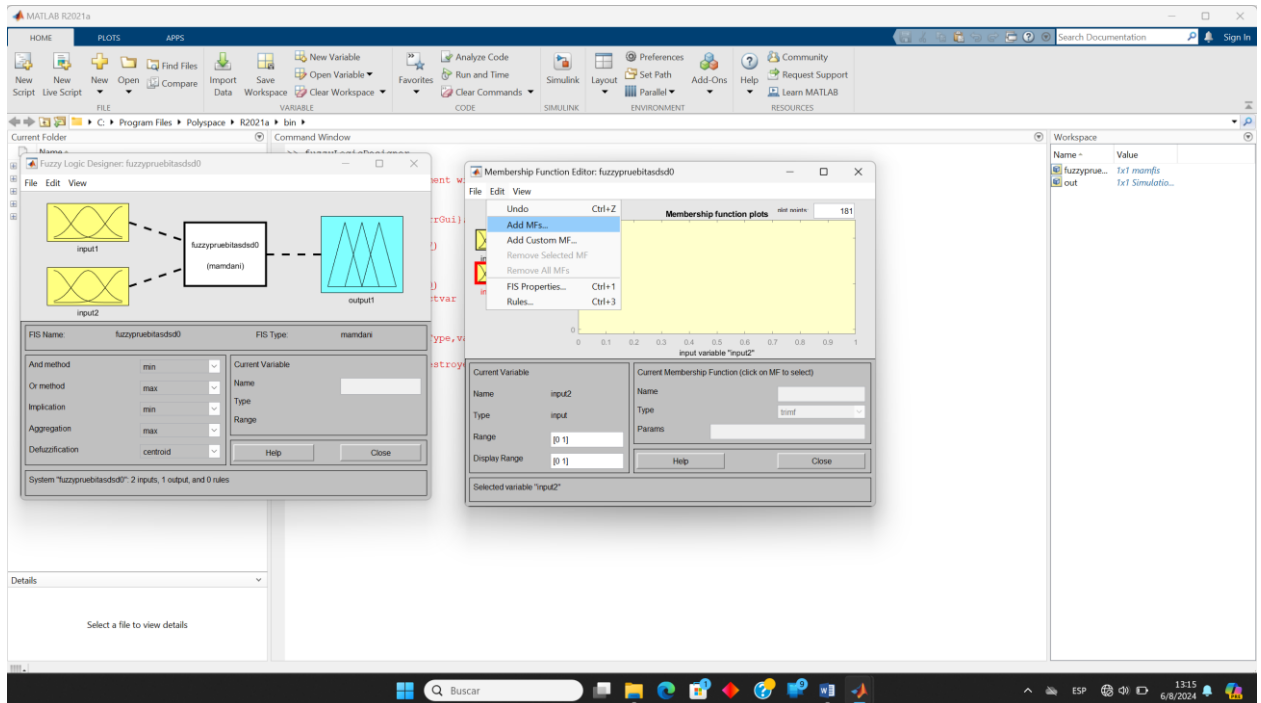


Figura 51. Membresías Input(-e)

2.7.24 Visualización de Membresías.

Como se puede observar tenemos nuestras membresías a las cuales vamos a renombrar de acuerdo a nuestra necesidad así

NG= Negativo Grande

NM=Negativo Mediano

NP=Negativo Pequeño

Z=Cero

PP=Positivo Pequeño

PM=Positivo Mediano

PG=Positivo Grande

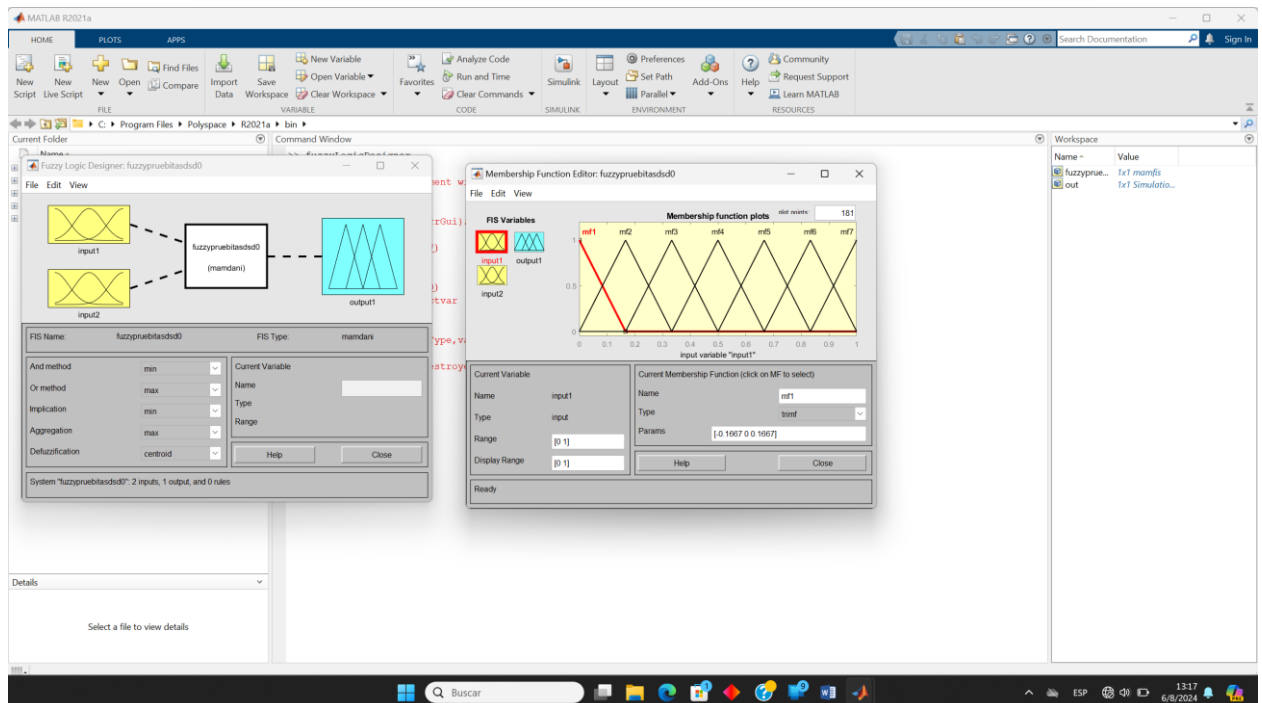


Figura 52. Visualización de Membresías.

2.7.25 Membresía NG

Agregamos NG en el nombre de la primer variable

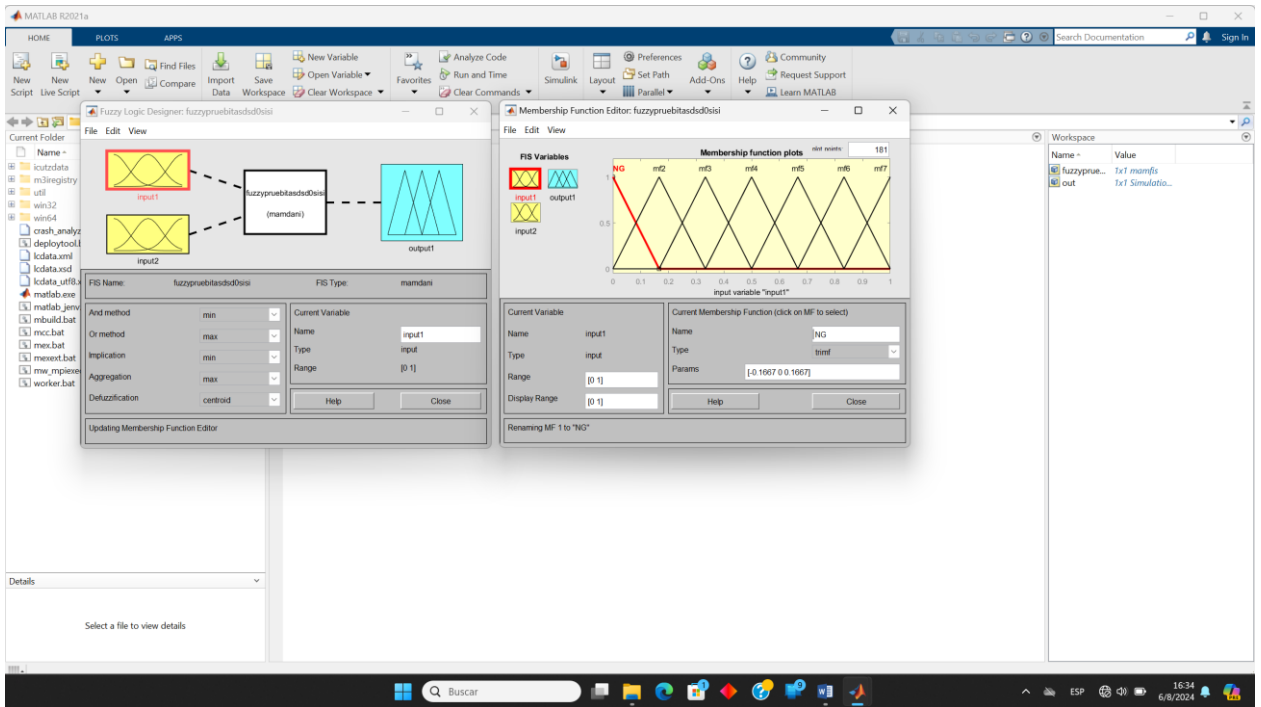


Figura 53. Membresía NG

2.7.26 Membresía NM

Agregamos NM en el nombre de la primer variable

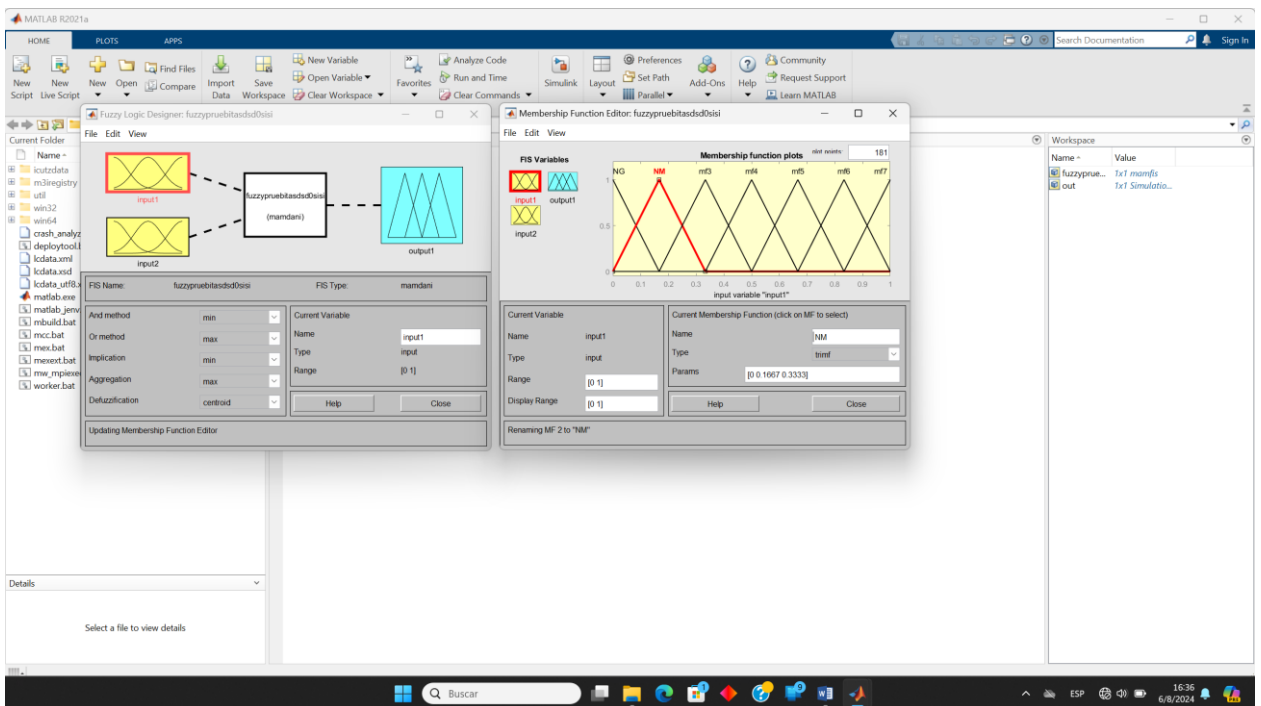


Figura 54. Membresía NM

2.7.27 Membresía NP

Agregamos NP en el nombre de la primer variable

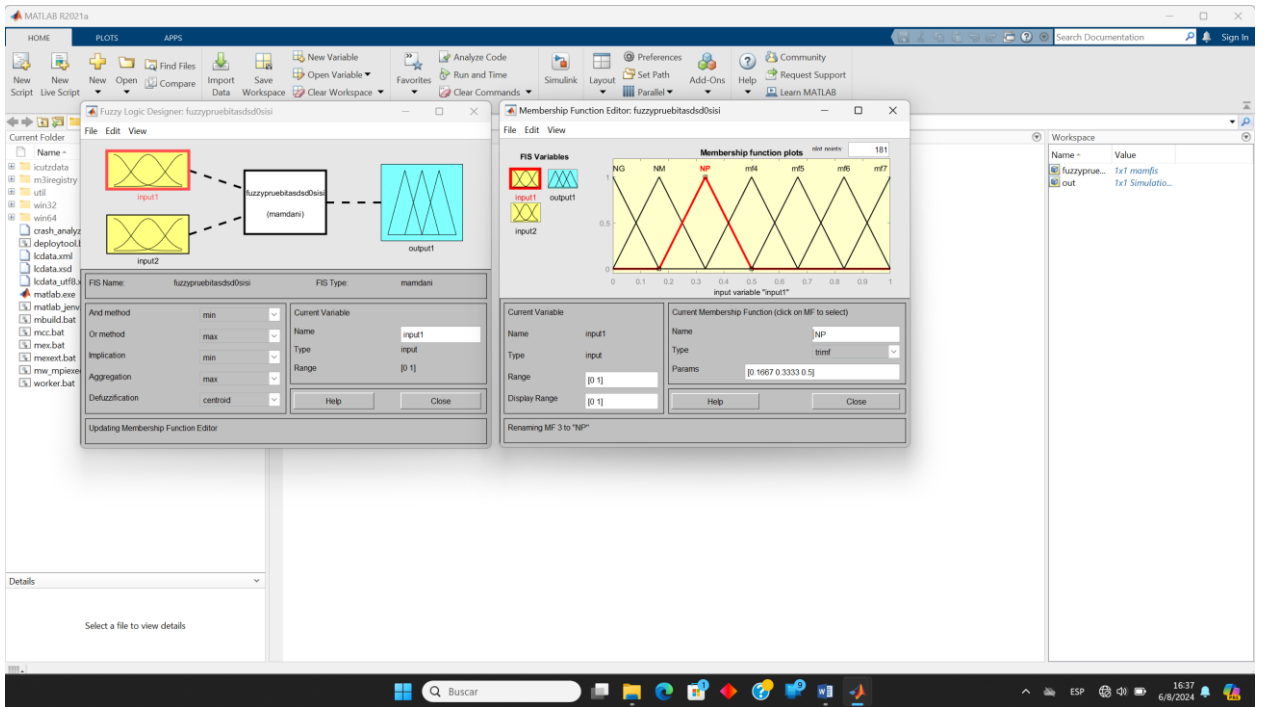


Figura 55. Membresía NP

2.7.28 Membresía Z

Agregamos Z en el nombre de la primer variable

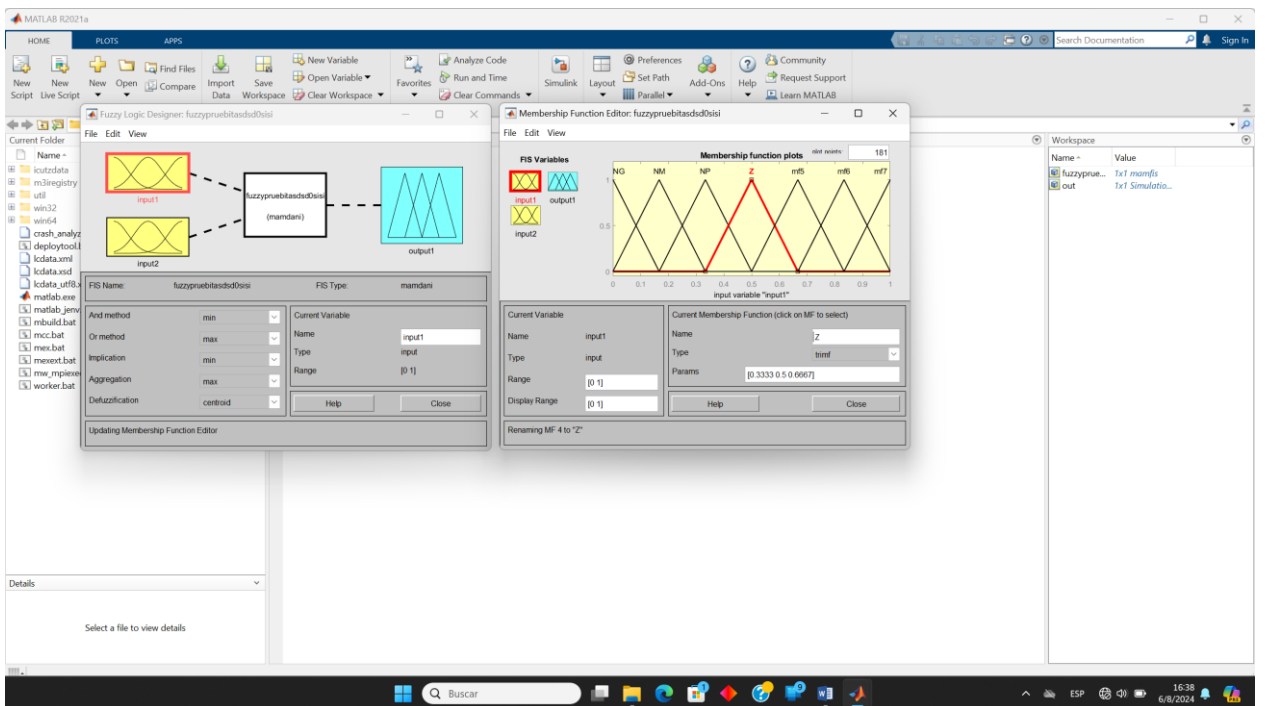


Figura 56. Membresía Z

2.7.29 Membresía PP

Agregamos PP en el nombre de la primer variable

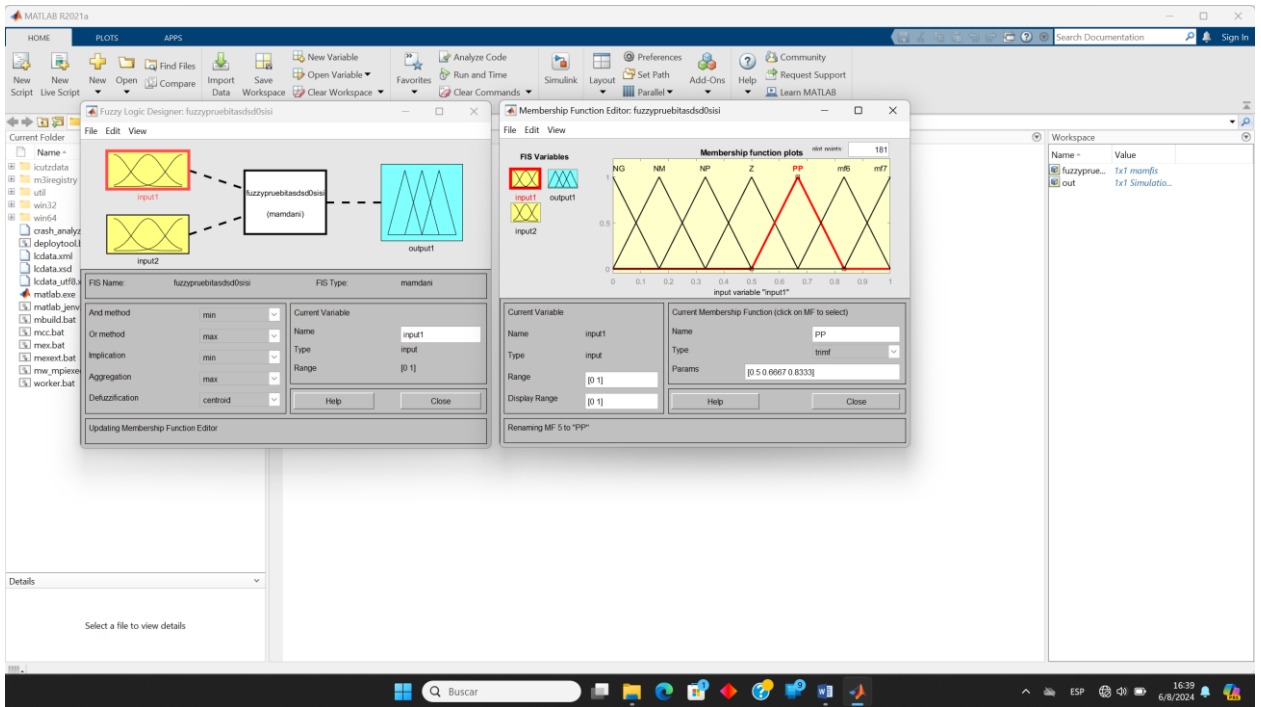


Figura 57. Membresía PP

2.7.30 Membresía PM

Agregamos PM en el nombre de la primer variable

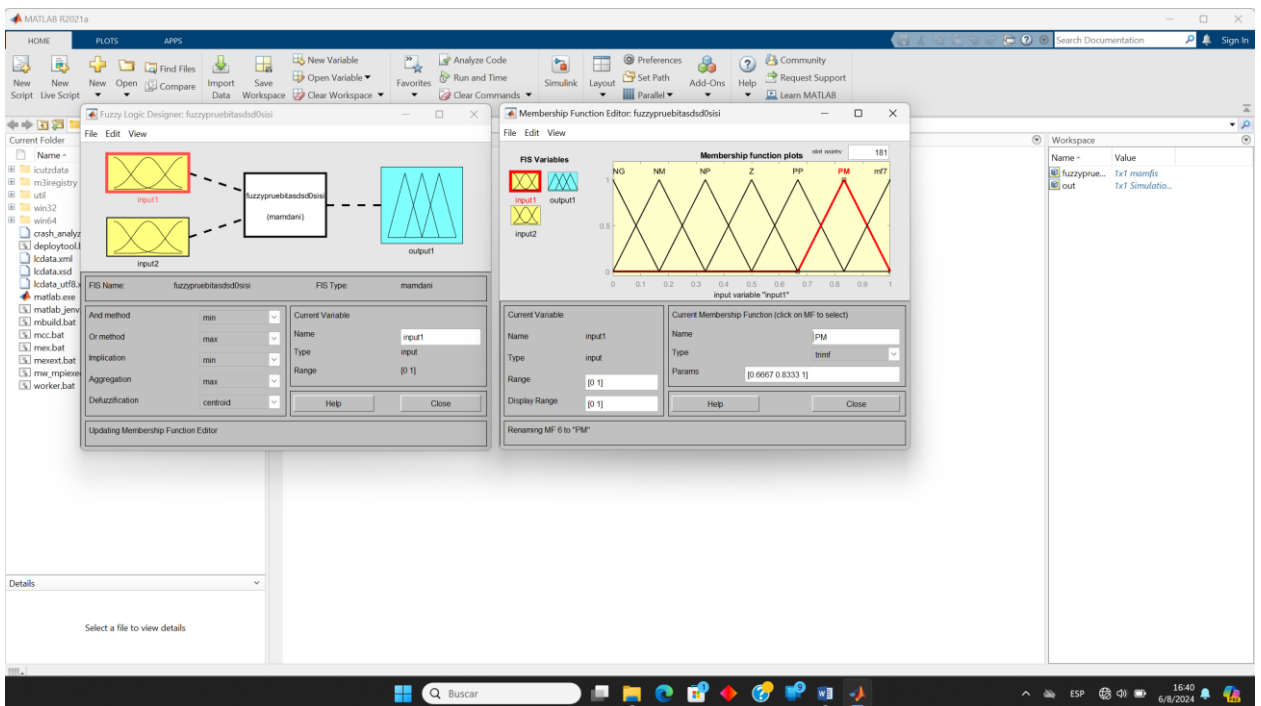


Figura 58. Membresía PM

2.7.29 Membresía PG

Agregamos PG en el nombre de la primer variable

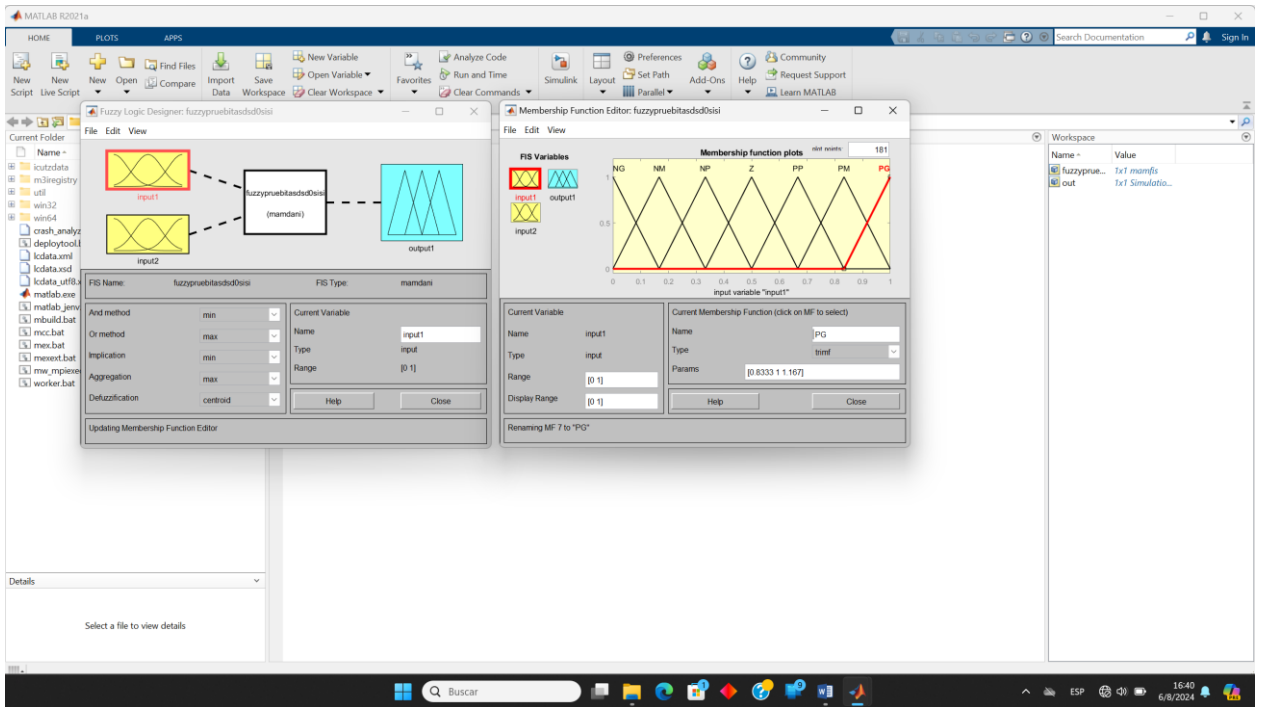


Figura 59. Membresía PG

2.7.30 Membresía Input(-e)

Agregamos el nombre a nuestras membresías de la misma manera que en el anterior de manera que nos quede de esta manera.

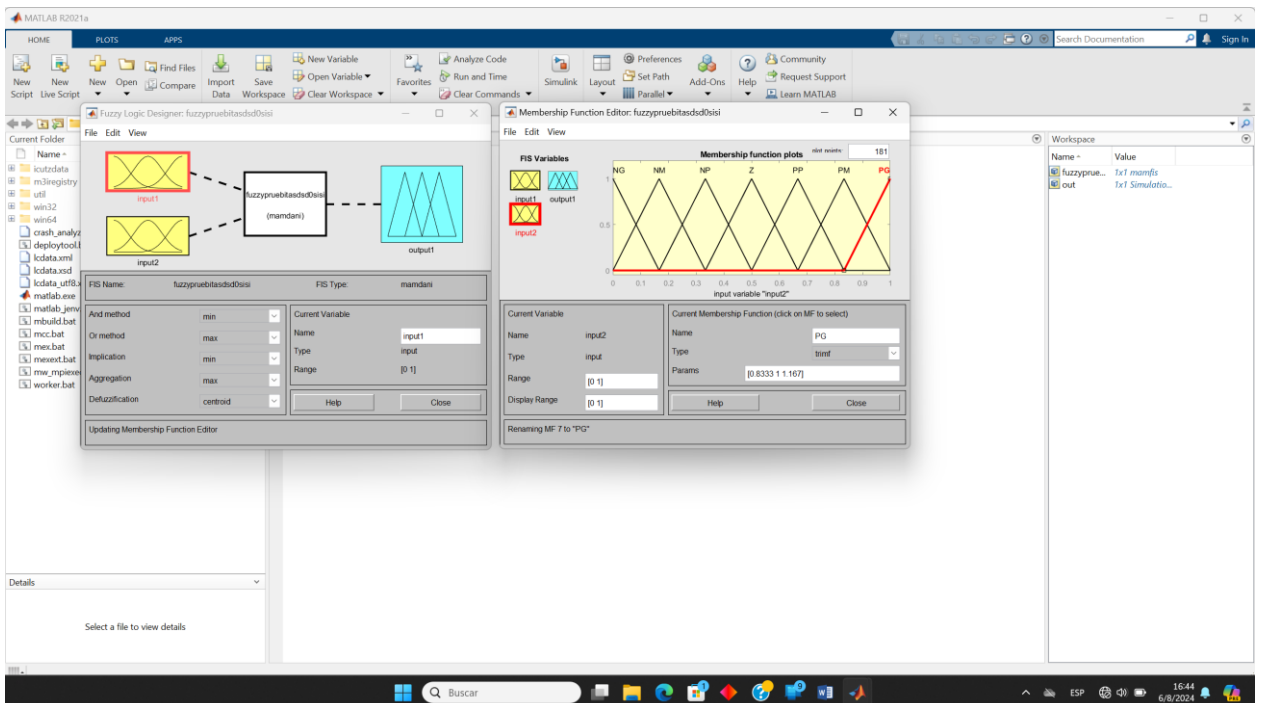


Figura 60. Membresía Input(-e)

2.7.31 Membresías Output

Al igual que en las dos entradas borramos nuestras membresías para agregarlas a nuestra conveniencia.

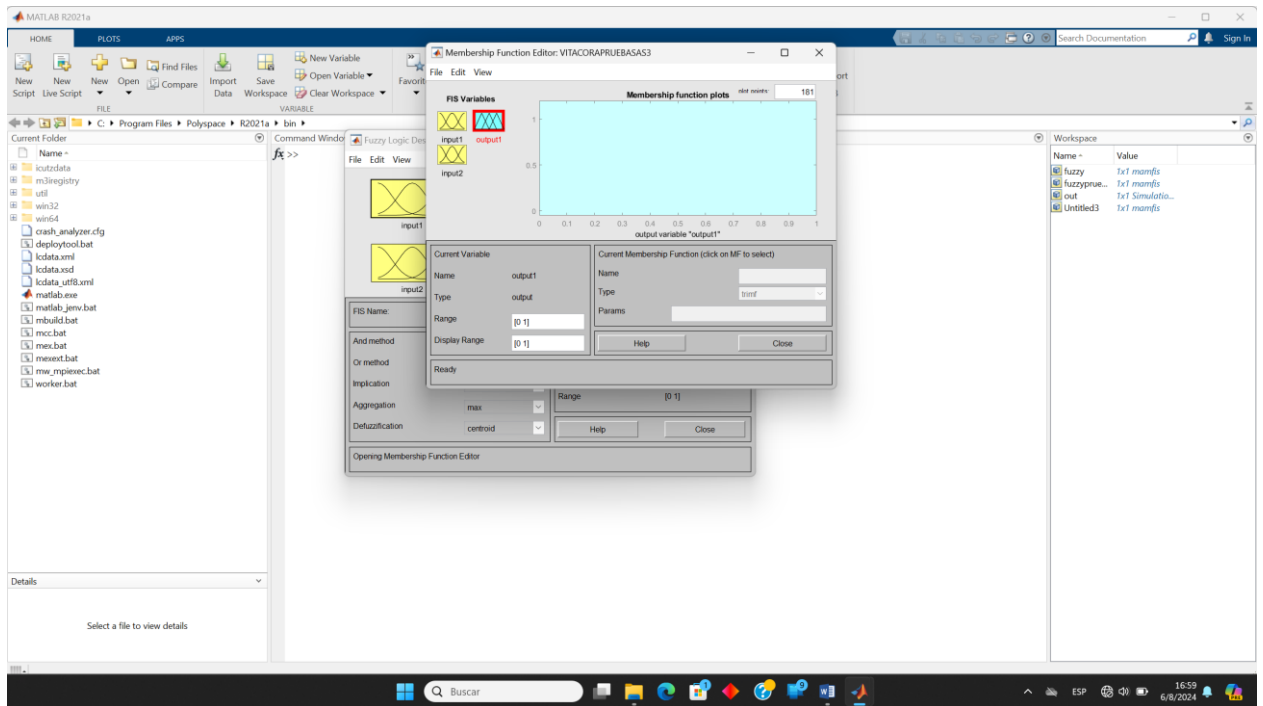


Figura 61. Membresías Output

2.7.32 Membresías Output

De igual manera que las entradas input de manera que nos quede igual manera como en las anteriores.

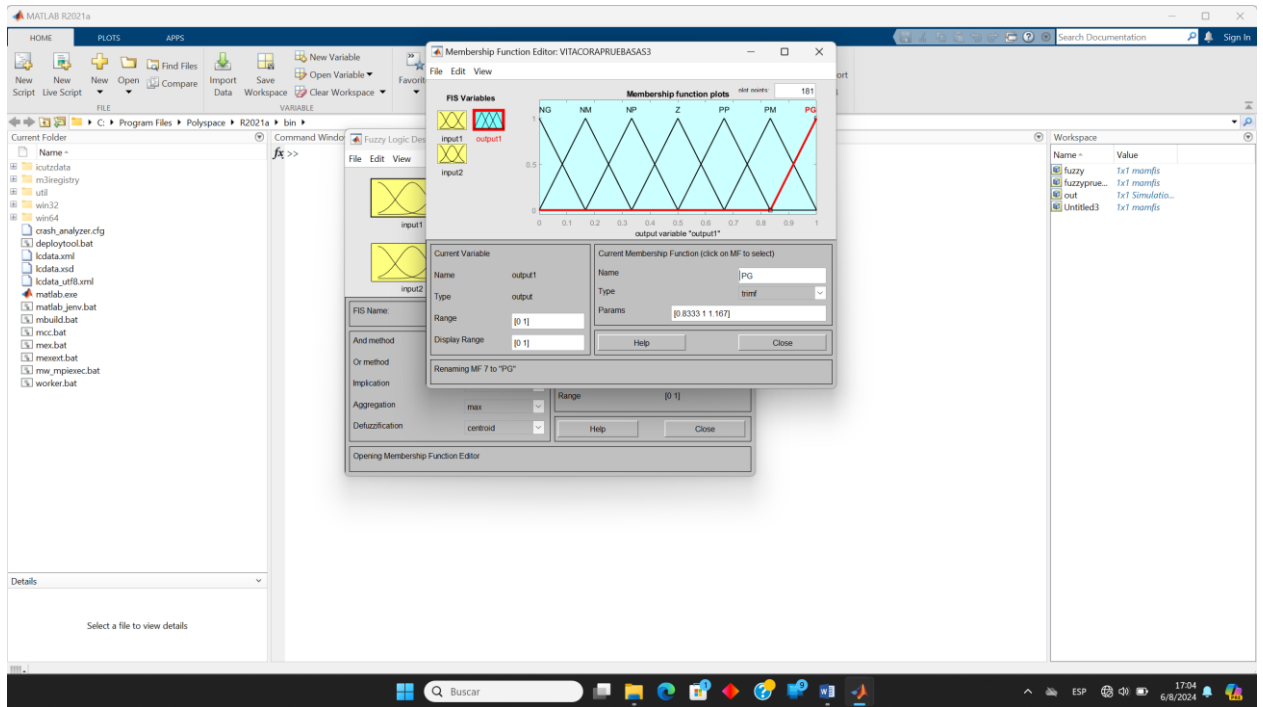


Figura 62. Membresías Output

2.7.33 Reglas Fuzzy

A continuación, creamos las reglas basadas en la lógica difusa de tal manera que tenemos:

-El lenguaje nos dice si tenemos un error NG y una derivada del error el resultado será un NG

Si tenemos un error NG y una derivada del error NM el resultado es NG

e/de	NG	NM	NP	Z	PP	PM	PG
NG	NG	NG	NG	NG	NM	NP	Z
NM	NG	NG	NG	NM	NP	Z	PP
NP	NG	NG	NM	NP	Z	PP	PM
Z	NG	NM	NP	Z	PP	PM	PG
PP	NM	NP	Z	PP	PM	PG	PG
PM	NP	Z	PP	PM	PG	PG	PG
PG	Z	PP	PM	PG	PG	PG	PG

Figura 63. Reglas Fuzzy

2.7.34 Implementación Reglas Fuzzy

Como podemos observar basada en la tabla tendríamos que si tenemos

un error NG y una derivada del error el resultado será un NG, ingresamos los datos de la tabla y agregamos la regla

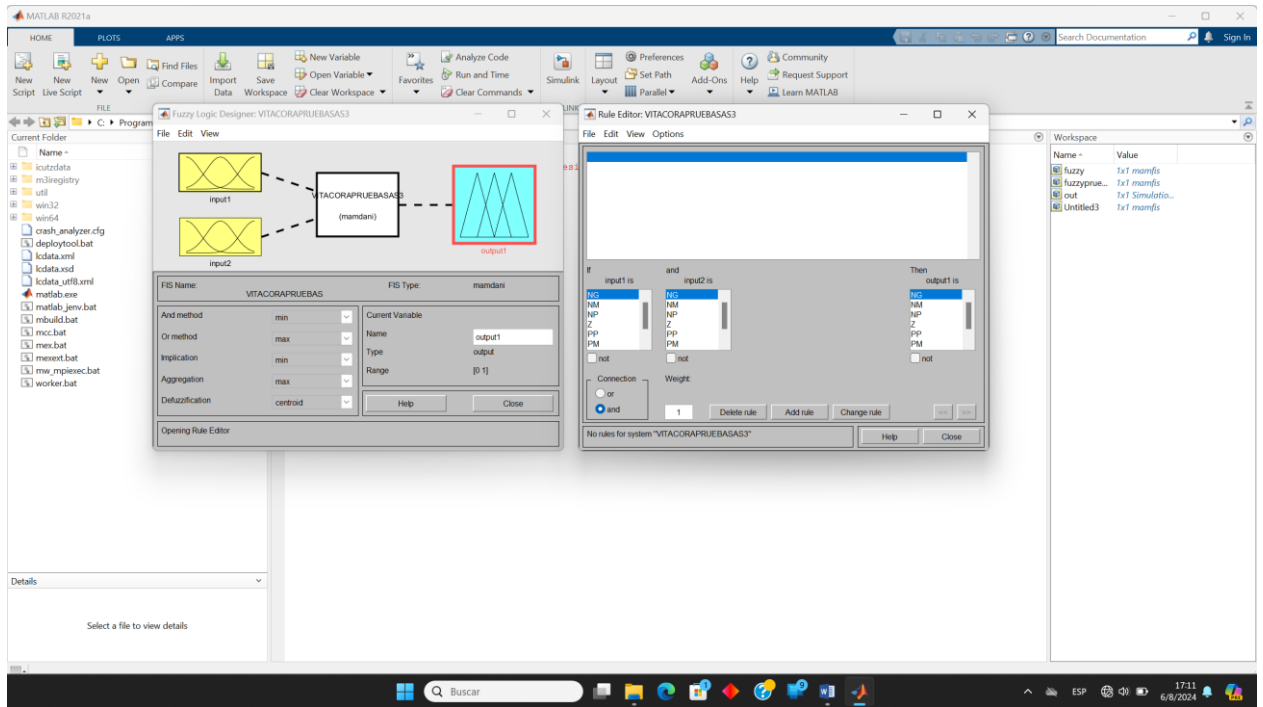


Figura 64. Implementación Reglas Fuzzy

2.7.35 Ingreso Reglas Fuzzy

Una vez agregada la regla l podemos observar en la pantalla, de igual manera continuamos agregando las nuevas reglas.

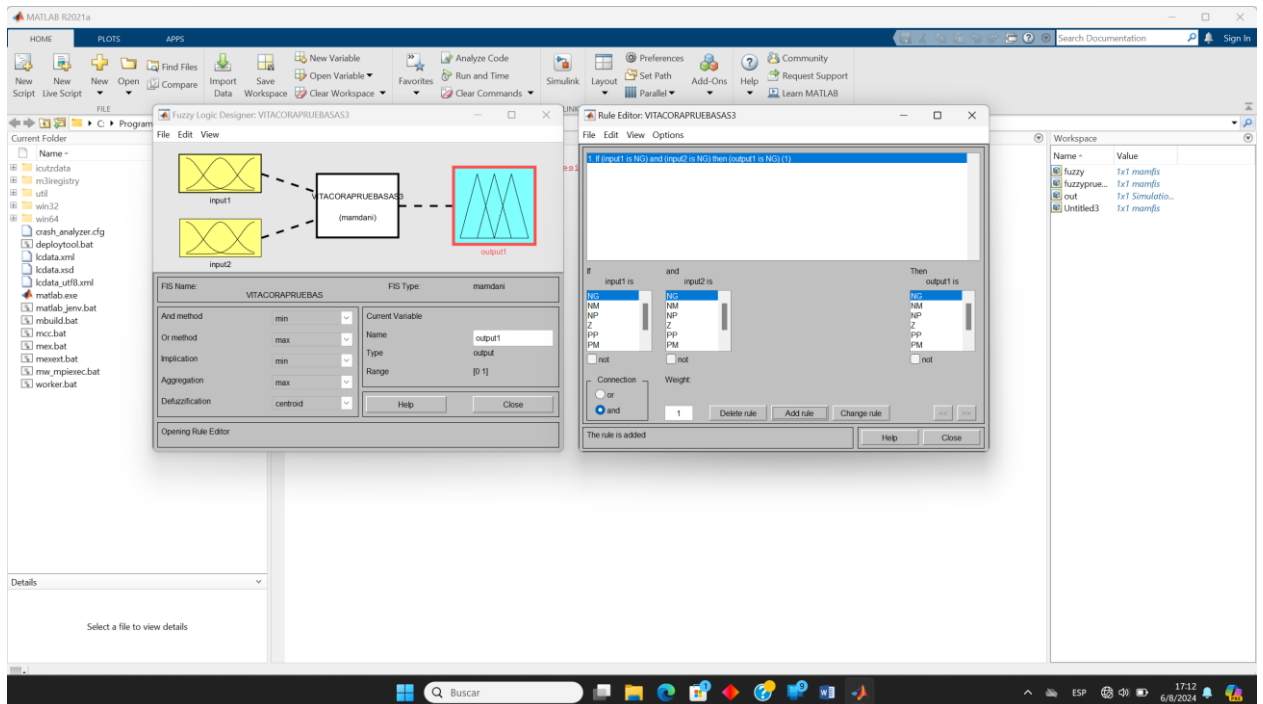


Figura 65. Ingreso Reglas Fuzzy

2.7.36 Verificación de reglas según la tabla

Como podemos ver las 7 primeras reglas han sido establecidas por nuestra tabla a continuación continuamos hasta terminar las 49 reglas utilizadas.

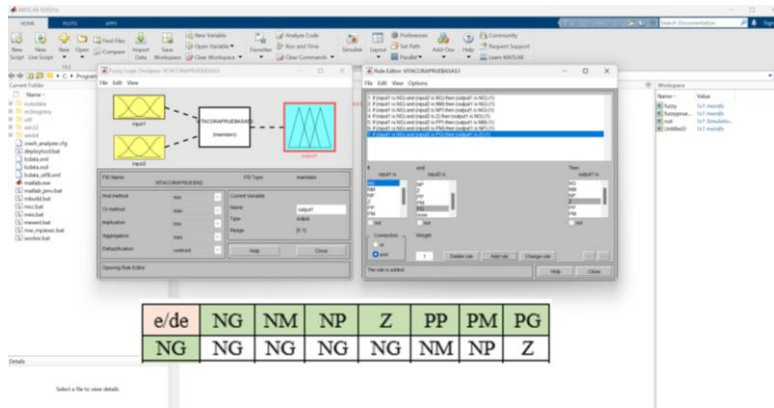


Figura 66. Verificación de reglas según la tabla

2.7.37 Total Reglas creadas

Tenemos un total de 49 reglas creadas una vez verificadas en tabla procedemos a darle close

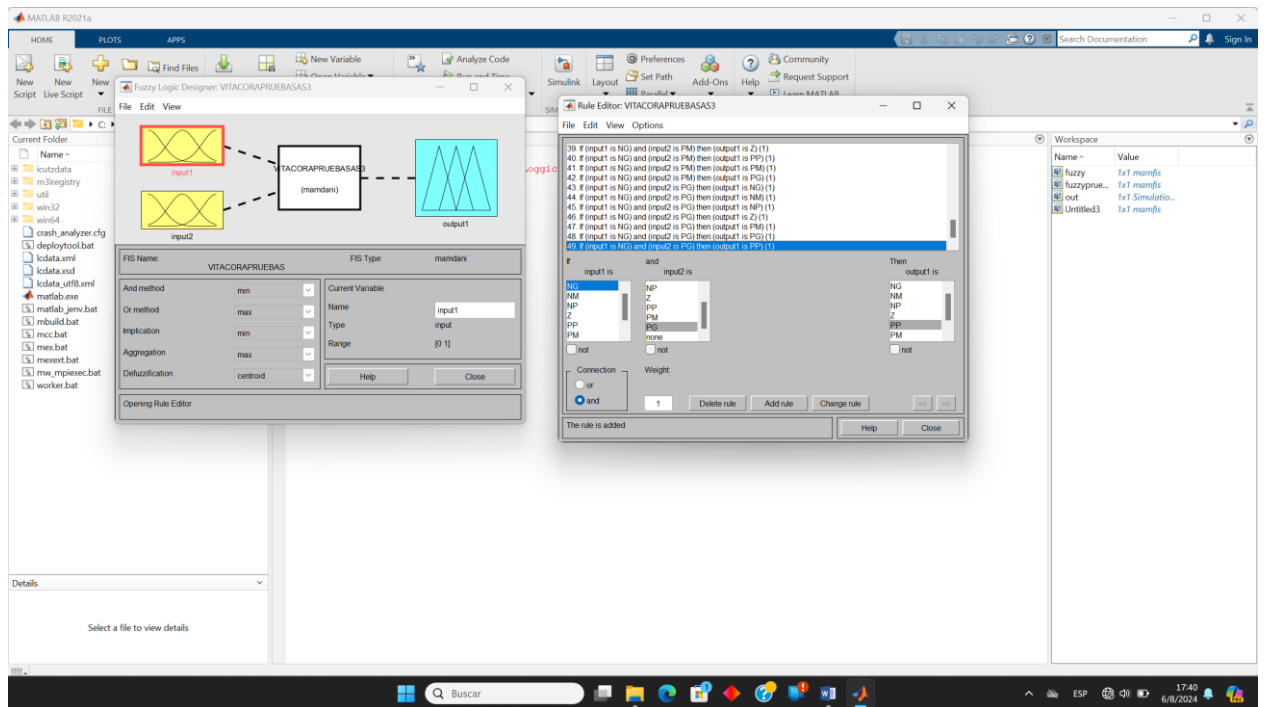


Figura 67. Total, Reglas creadas

2.7.38 Membresías Output.

Así podemos observar cómo nos queda nuestras membresías en la salida del Fuzzy

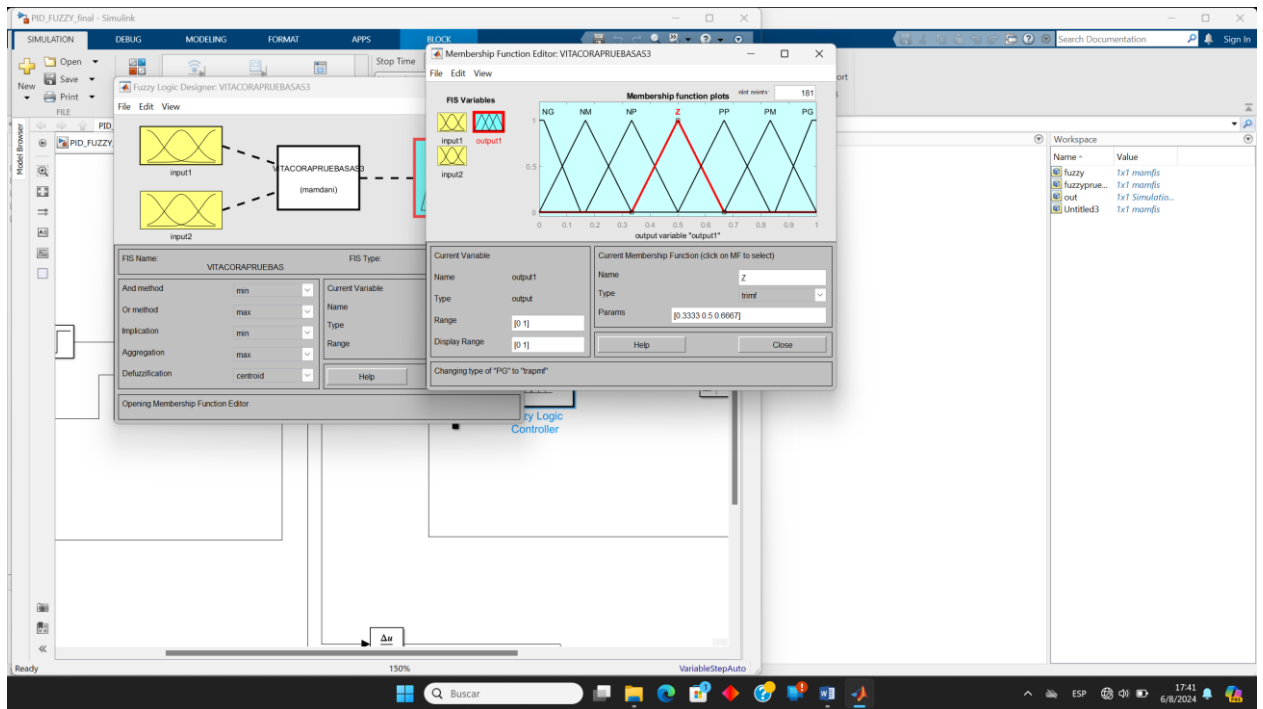


Figura 68. Membresías Output.

2.7.39 Carpeta a ejecutar

Una vez realizado los pasos escogemos donde se guardará la información a obtener

Damos clic en la carpeta

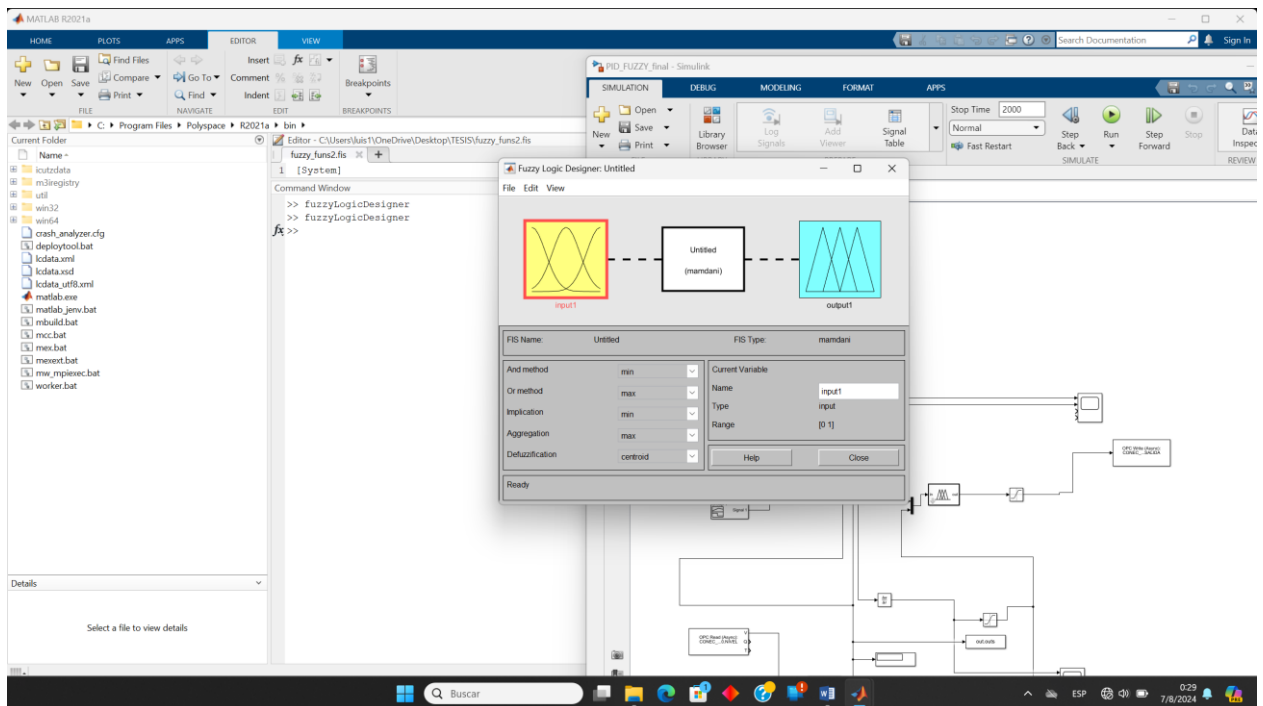


Figura 69. Carpeta a ejecutar

2.7.40 Carpeta de trabajo Fuzzy

Seleccionamos la carpeta donde vamos guardamos nuestro primer programa y damos clic en seleccionar carpeta.

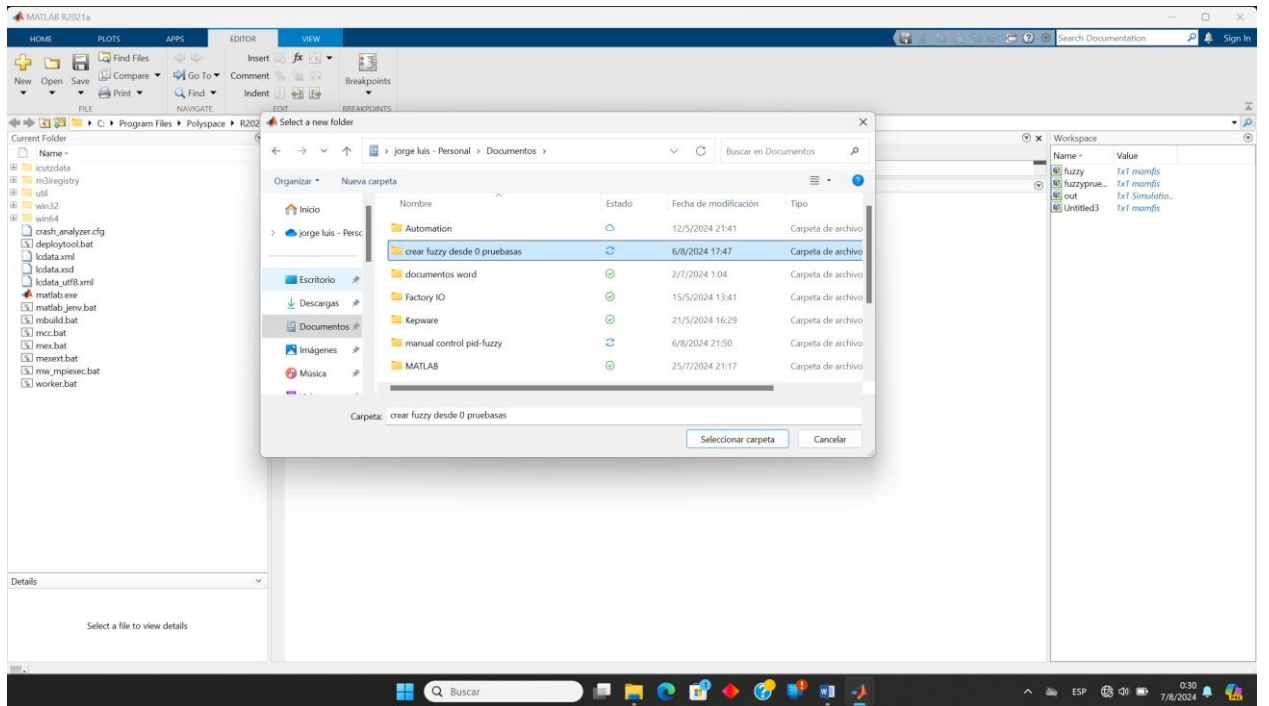


Figura 70. Carpeta de trabajo Fuzzy

ANEXO 3 TIA PORTAL

1 TIA PORTAL	64
1.1 Pasos para iniciar el proyecto de control.....	64
1.2 Agregar dispositivo.....	65
1.3 Controladores	65
1.4 Seleccionamos S7 1200	66
1.5 CPU Serie	66
1.6 Seleccionamos Controladores CPU 1200 sin especificar.....	67
1.7 Seleccionamos el modulo	67
1.8 Versión V4.0	68
1.9 Agregamos el Modulo	68
2 Versiones del LC	69
2.1 Se carga PLC vacío.....	69
2.2 Seleccionamos la interfaz	70
2.3 Selección de interfaz PN/IE.....	71
2.4 Seleccionamos interfaz PG/PG.....	71
2.5 Interfaz PG/PC selecciones	72
2.6 Enlace	72
2.7 Una vez seleccionado la dirección IP	73
3 Bloques de segmentos de programación	73
3.1 Bloques de programación	73
3.2 Bloques segmentos 1	74
3.3 Ingreso bloques.....	74
3.4 Normalizado y escalares.....	75
3.5 primer segmento primer bloque.....	76
3.6 segundo bloque primer segmento	76
3.7 Procedimiento segundo segmento	77
3.8 Normalización y Scale.....	77
3.9 Seleccionamos dispositivos y redes.....	78
4 Dispositivos y redes.....	78
4.1 Señales de un PLC.....	79
4.2 Propiedades de un PLC	79
4.3 menú propiedades PLC.....	80
4.4 variables canal IO	80

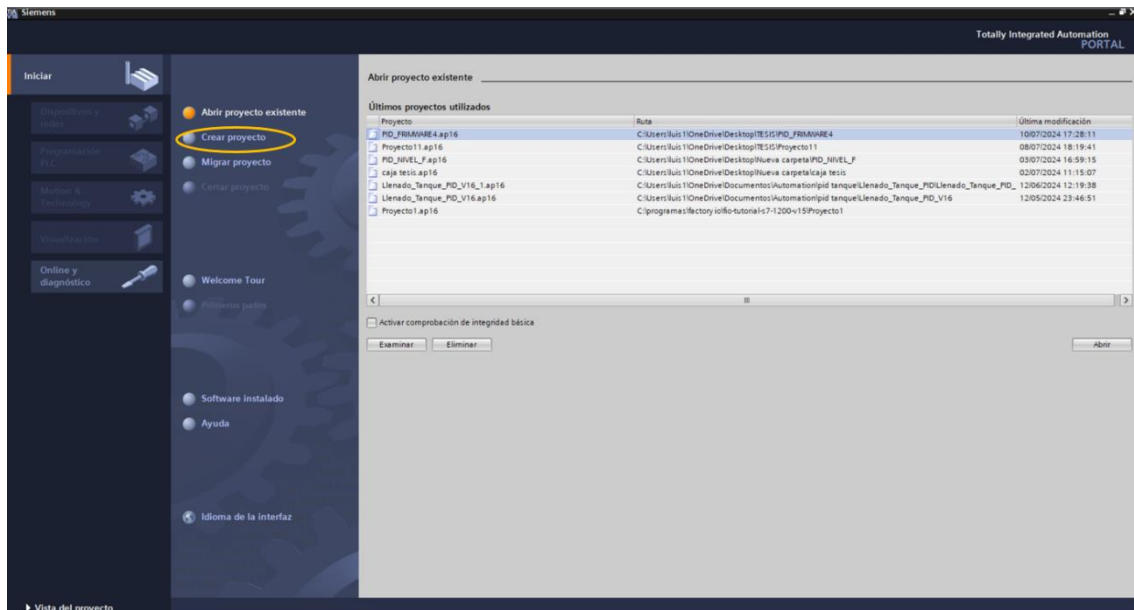
4.5 PLC dirección de canales	81
4.6 tabla de variables	81
5 Modulo DAQ.....	81
5.1 Rango de valores	82
5.2 Rangos de Operacion.....	82
5.3 Salidas MD	83
5.4 Nombres de Variables	83
5.5 Configuración parámetros	84
5.6 parámetros de salida	85
5.7 nombre de variables.....	85
5.8 Dirección de salidas Analógicas	86
5.9 Dirección modulo interno PLC.....	86
5.10 Propiedades segmento 3	87
Figura 1. Crear proyecto	65
Figura 2. Agregar dispositivo.....	65
Figura 3. Controladores	66
Figura 4. Simatic S7-1200.	66
Figura 5. CPU.....	67
Figura 6. CPU S7-1200 Sin Especificar.....	67
Figura 7. Archivo adjunto S7-120 S.E.	68
Figura 8. Versión V4.0.	68
Figura 9. Agregamos.....	69
Figura 10. PLC Reconocimiento de versión	69
Figura 11. PLC en blanco.....	70
Figura 12. Determinación de configuración	70
Figura 13. Una vez seleccionado la interfaz.....	71
Figura 14. Selección de interfaz	71
Figura 15. Selección de interfaz PG/PG.....	72
Figura 16. IP ejemplificado por la red.....	72
Figura 17. PLC creado según nuestras necesidades	73
Figura 18. Opción bloques y programas	74
Figura 19. Opcion main	74
Figura 20. Selección de bloques de programa	75

Figura 21.	Normalización y esclares	75
Figura 22.	Desigacion de datos en el primer segmeto	76
Figura 23.	Escalar en el segundo bloque	77
Figura 24.	Selección de variables	77
Figura 25.	Selecionamos escale	78
Figura 26.	Redes y dispositivos	78
Figura 27.	clic en dispositivos redes	79
Figura 28.	Doble clic en el PLC Cargado	79
Figura 29.	Selección de propiedades	79
Figura 30.	Parámetros de utilización	80
Figura 31.	Señales de nuestro programa	80
Figura 32.	Variables de control	81
Figura 33.	Variables de control	81
Figura 34.	Modulo de implemetacion	82
Figura 35.	Segmento 1 real o entero	83
Figura 36.	Señal de control normalizado y escalar	83
Figura 37.	Nombre de variables de control	84
Figura 38.	variables de prgramacion	84
Figura 39.	bloque de programa AW 200	85
Figura 40.	Nombe de las variables	85
Figura 41.	Datos explícitos exterior de PLC	86
Figura 42.	Salidas obtenidas	86
Figura 43.	Rango de valores	87

11. 1 TIA PORTAL

1.1 Pasos para iniciar el proyecto de control.

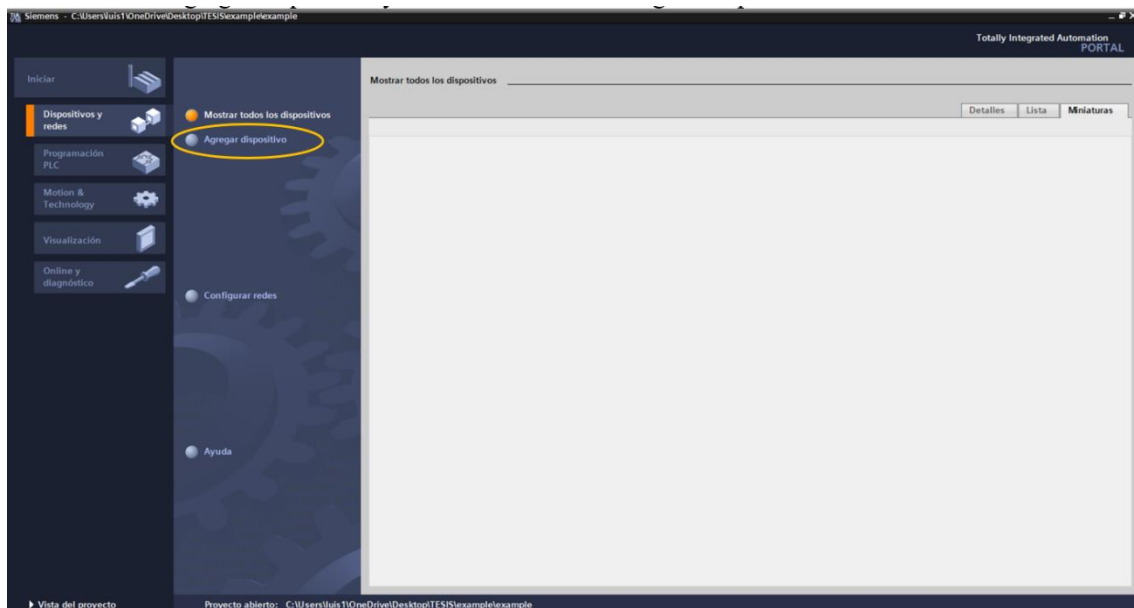
Antes de iniciar el crear un proyecto en Tía portal hay que generar un proyecto el cual debe de empezar seleccionando el PLC q vamos a utilizar, así como la versión del mismo, al momento de crear el proyecto vamos a seleccionar el controlador en este caso un Simatic s7-1200.



Crear proyecto

1.2 Agregar dispositivo

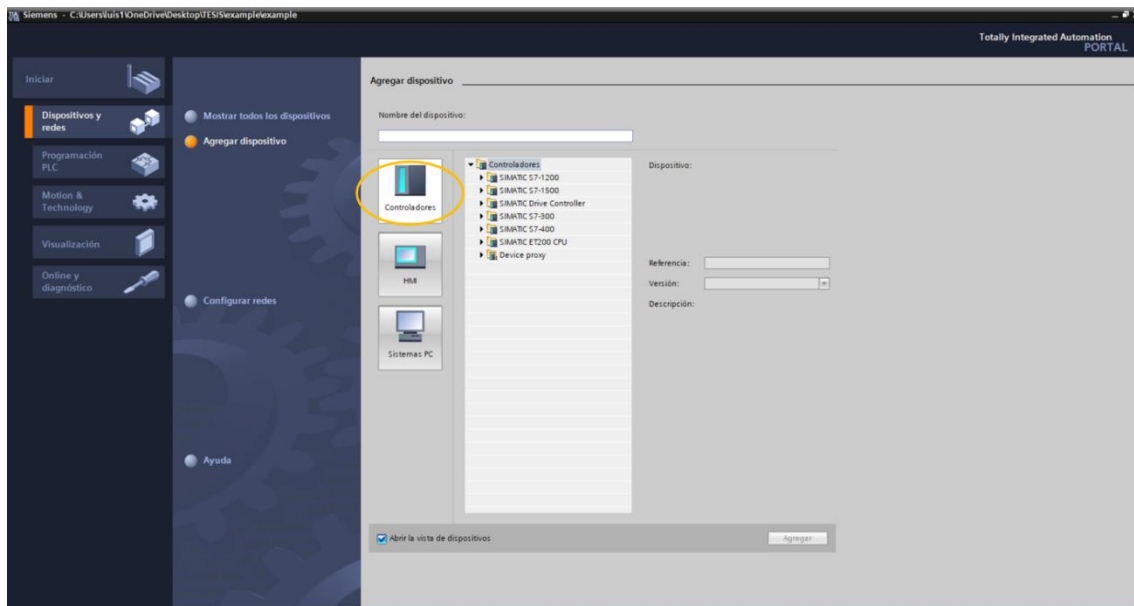
Seleccionamos agregar dispositivo y nos enviara a nuestro siguiente paso



Agregar dispositivo

1.3 Controladores

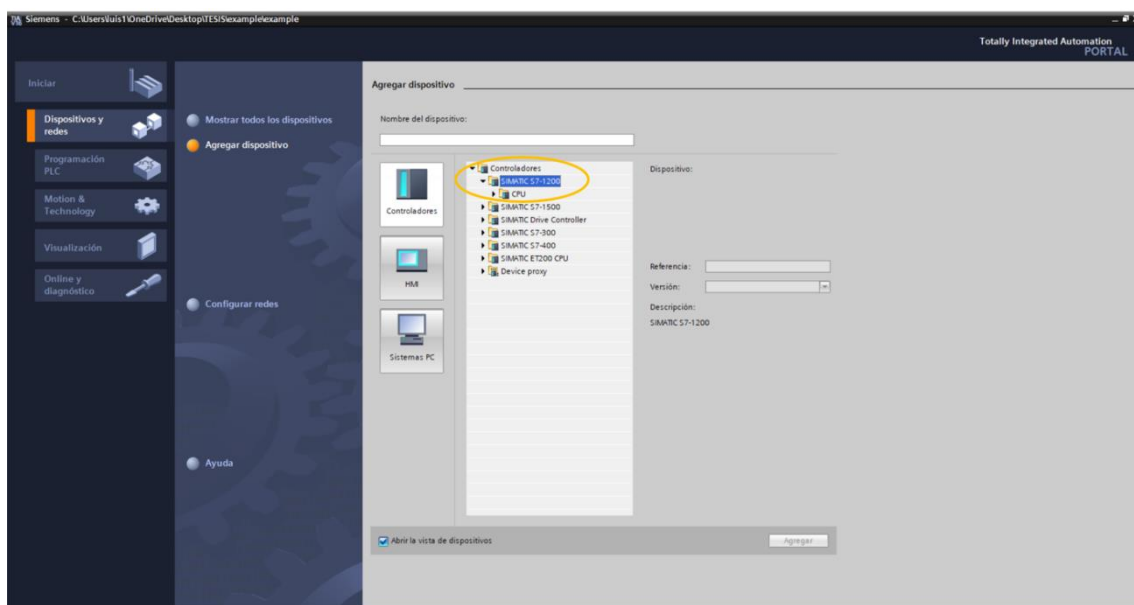
Seleccionamos controladores Simatic S7-1200



Controladores

1.4 Seleccionamos S7 1200

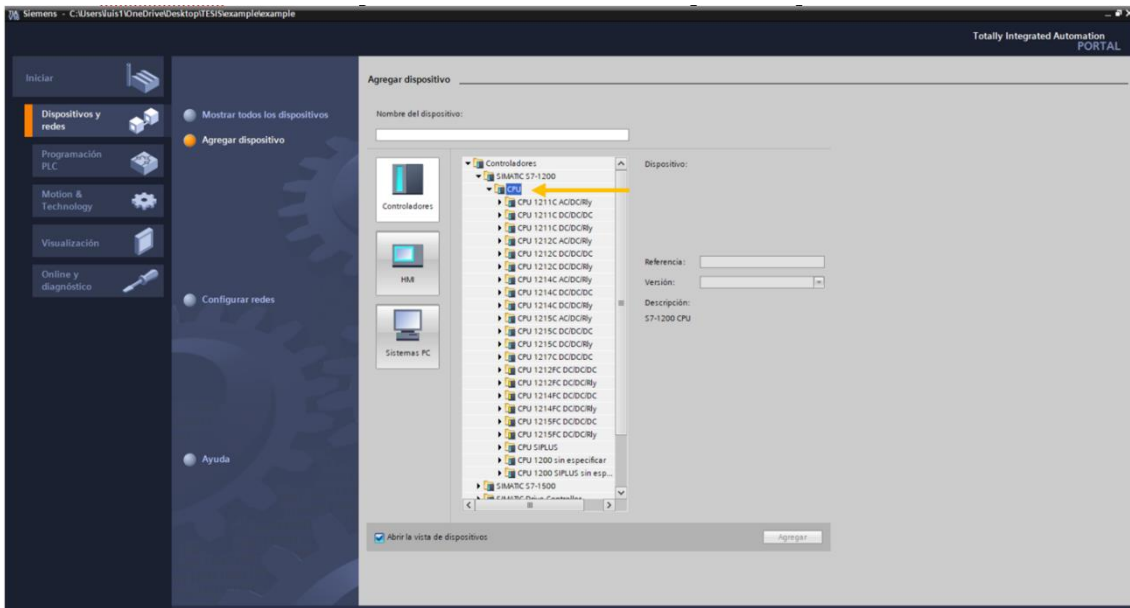
Una vez seleccionado S7-1200 nos desplaza una opción de CPU



Simatic S7-1200.

1.5 CPU Serie

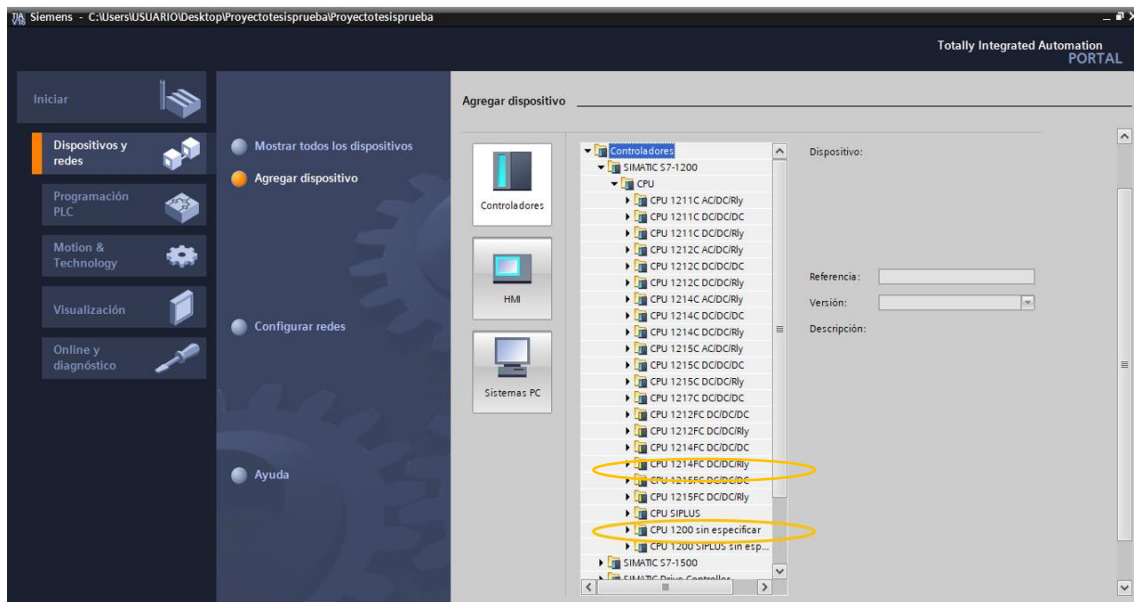
Una vez seleccionado el CPU nos permitirá seleccionar la serie a poder ocupar



CPU

1.6 Seleccionamos Controladores CPU 1200 sin especificar

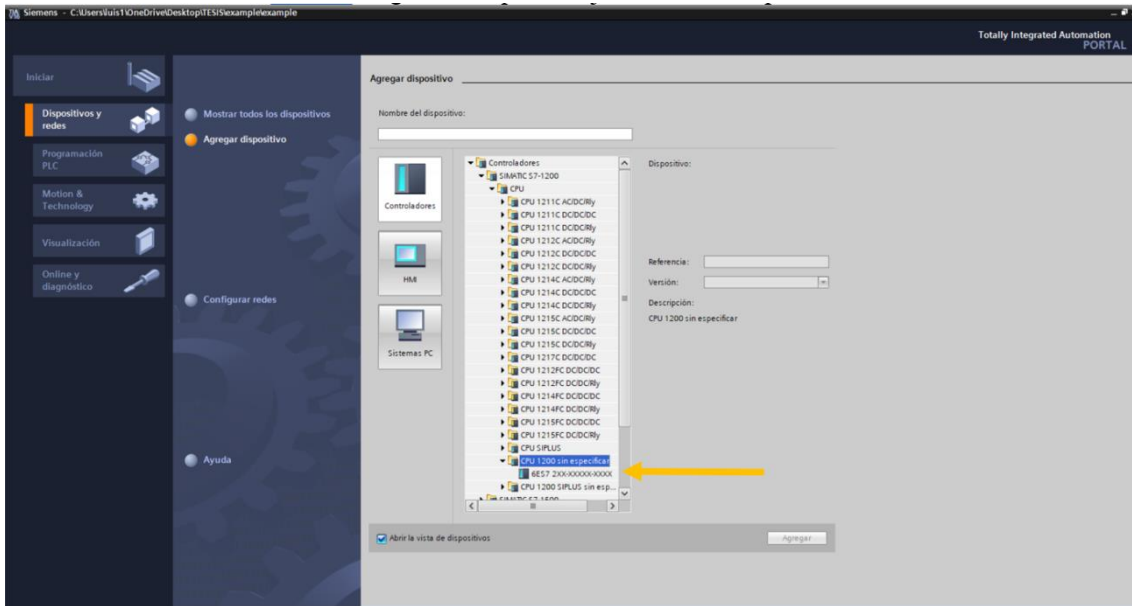
Escogemos el CPU 1200 sin especificar ya que nosotros seleccionaremos el comportamiento del mismo



CPU S7-1200 Sin Especificar.

1.7 Seleccionamos el modulo

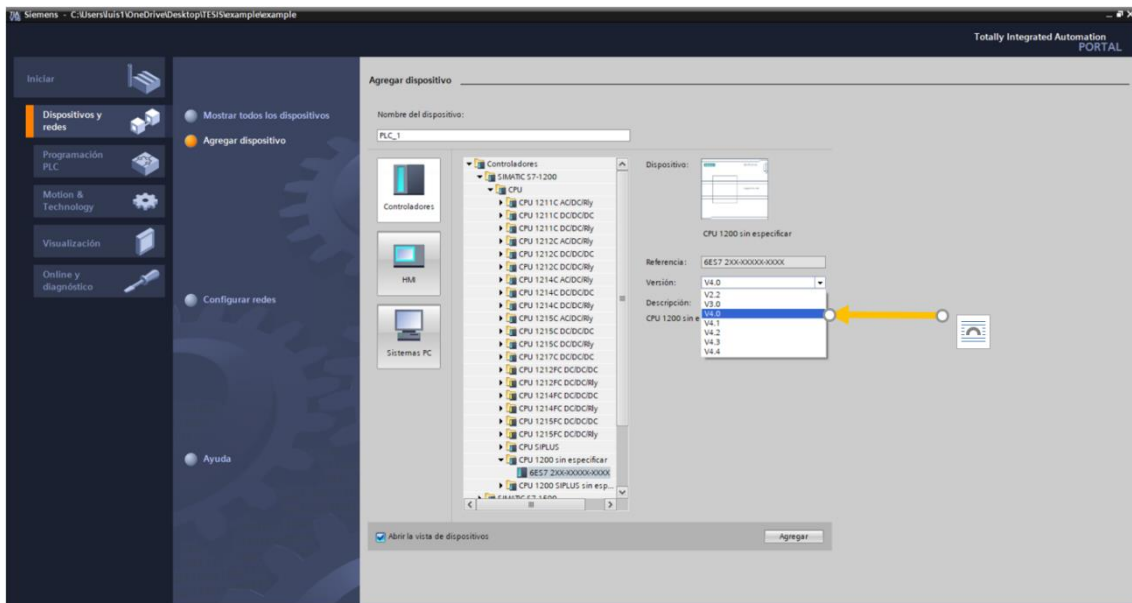
Una vez seleccionado el módulo elegimos la opción bajo el CPU sin especificar



Archivo adjunto S7-120 S.E.

1.8 Versión V4.0

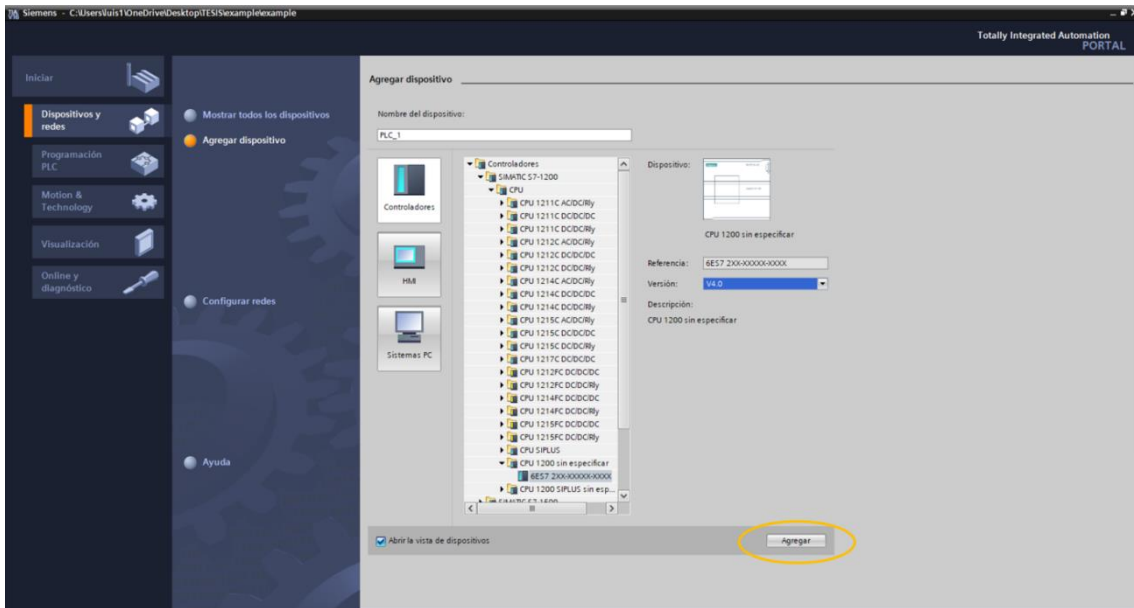
Ya seleccionamos escogemos la versión valorada del PLC en V4.0



Versión V4.0.

1.9 Agregamos el Modulo

Una vez especificado la versión de nuestro dispositivo seleccionamos agregar



Agregamos.

12. 2 Versiones del LC

La versión del PLC depende el PLC físico con el que vamos a trabajar en este caso el PLC es el siguiente.

En la parte inferior del PLC vamos a ver la versión del PLC con la que vamos a trabajar en este caso con la V4.0. Y agregamos el dispositivo.

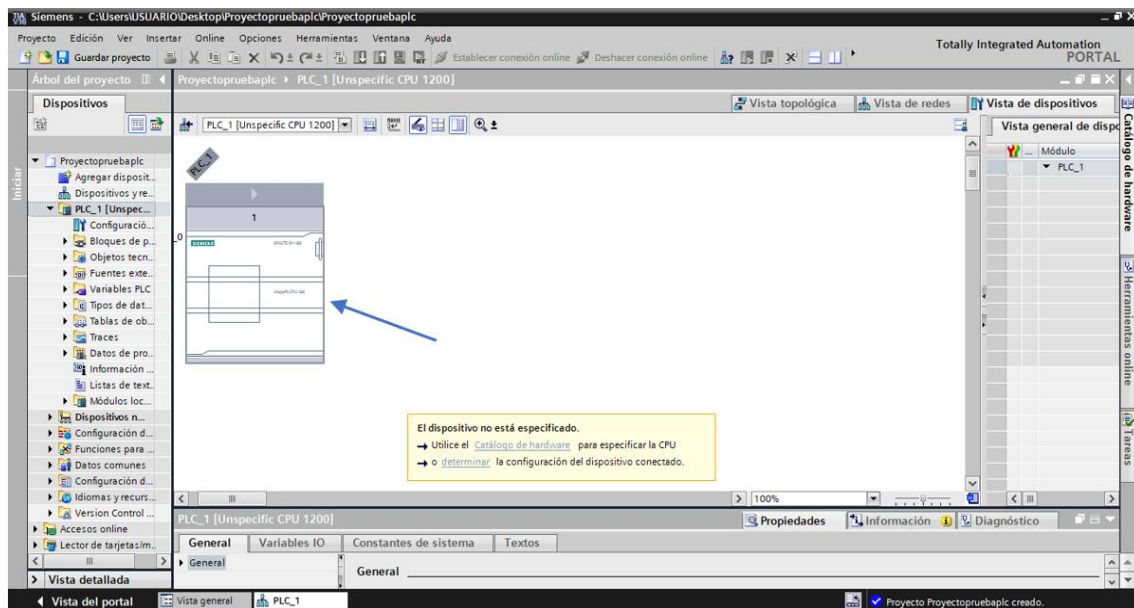


PLC Reconocimiento de versión

2.1 Se carga PLC vacío

A continuación, nos carga un PLC vacío.....

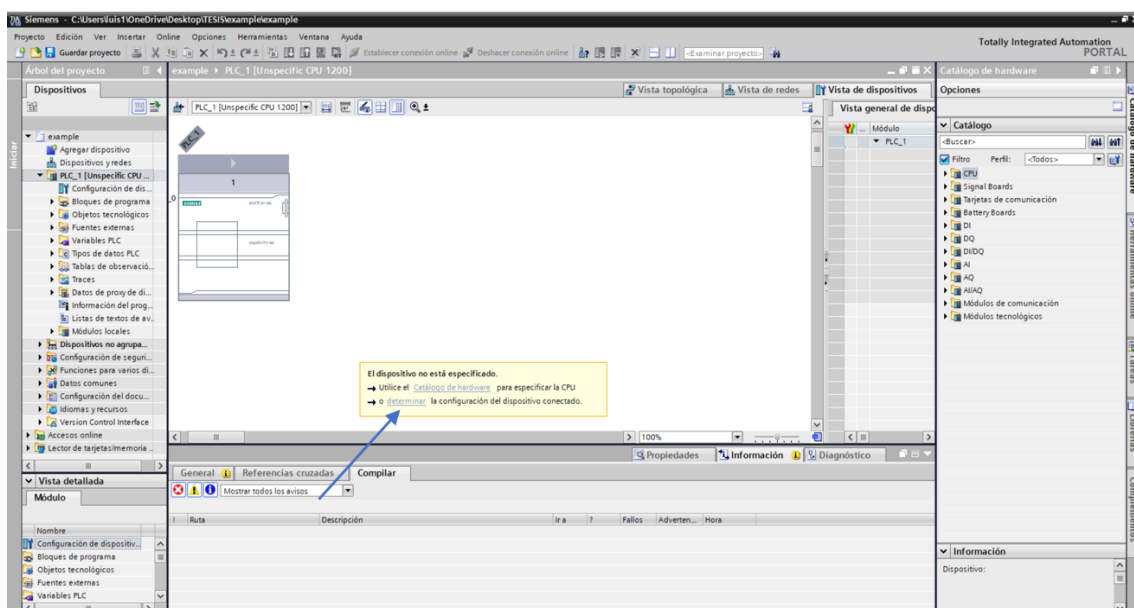
0., nos va a salir en la pantalla una opción de examinar la cual nos va a permitir saber qué es lo que tiene el PLC al cual está conectado y automáticamente cargue todo.



PLC en blanco.

2.2 Seleccionamos la interfaz

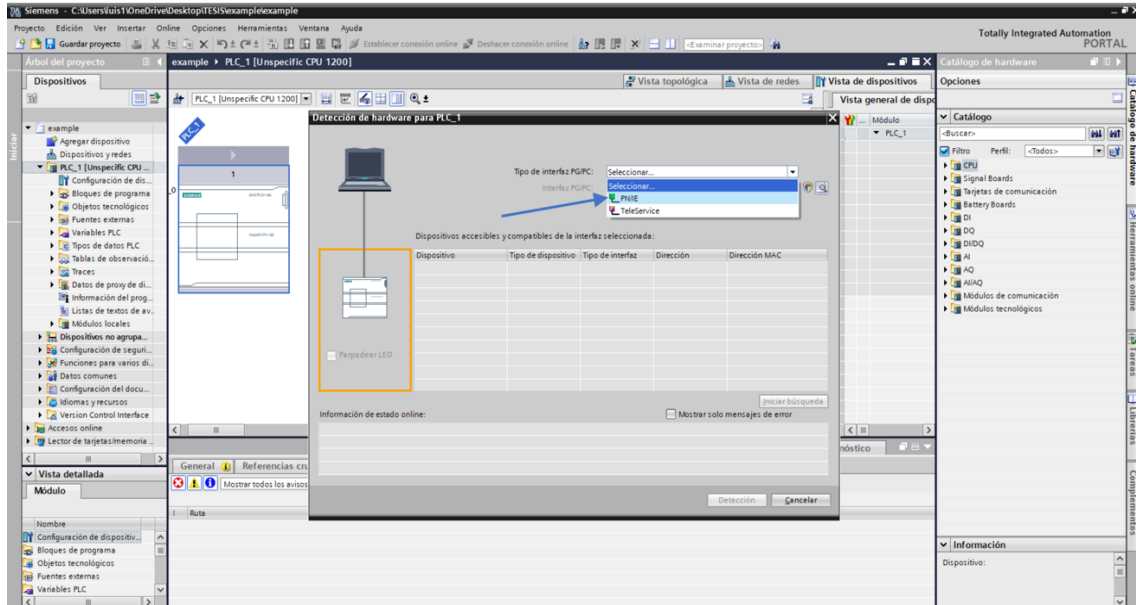
Seleccionamos atreves del PLC la opción de propiedades la opción de determinar y damos clic



Determinación de configuración

2.3 Selección de interfaz PN/IE

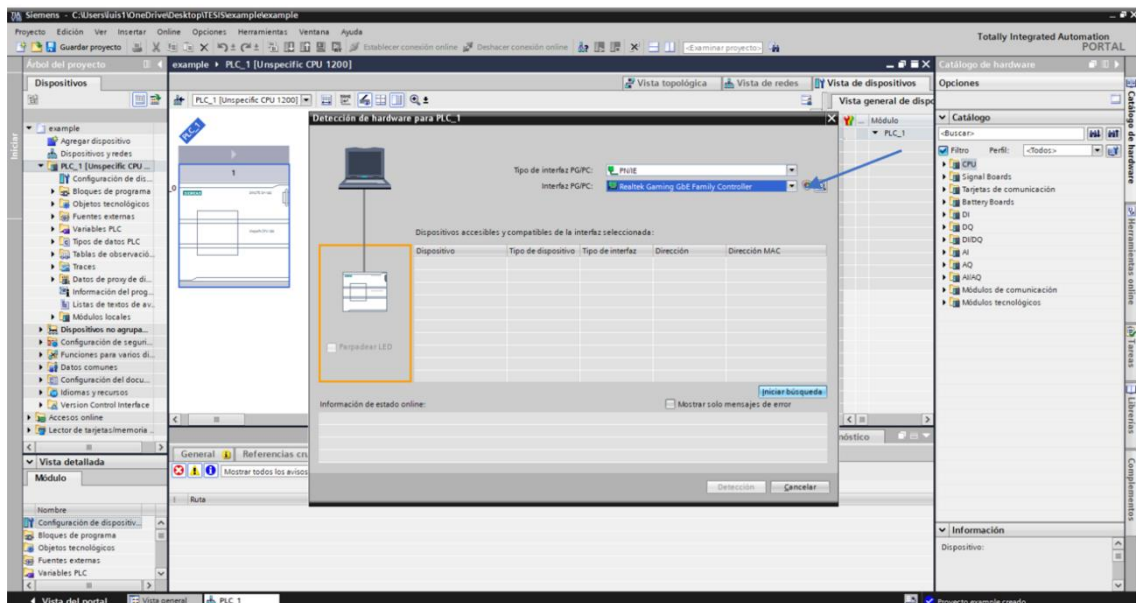
Seleccionamos en el tipo de interfaz a utilizar es decir la opción PN/IE.



Una vez seleccionado la interfaz

2.4 Seleccionamos interfaz PG/PG

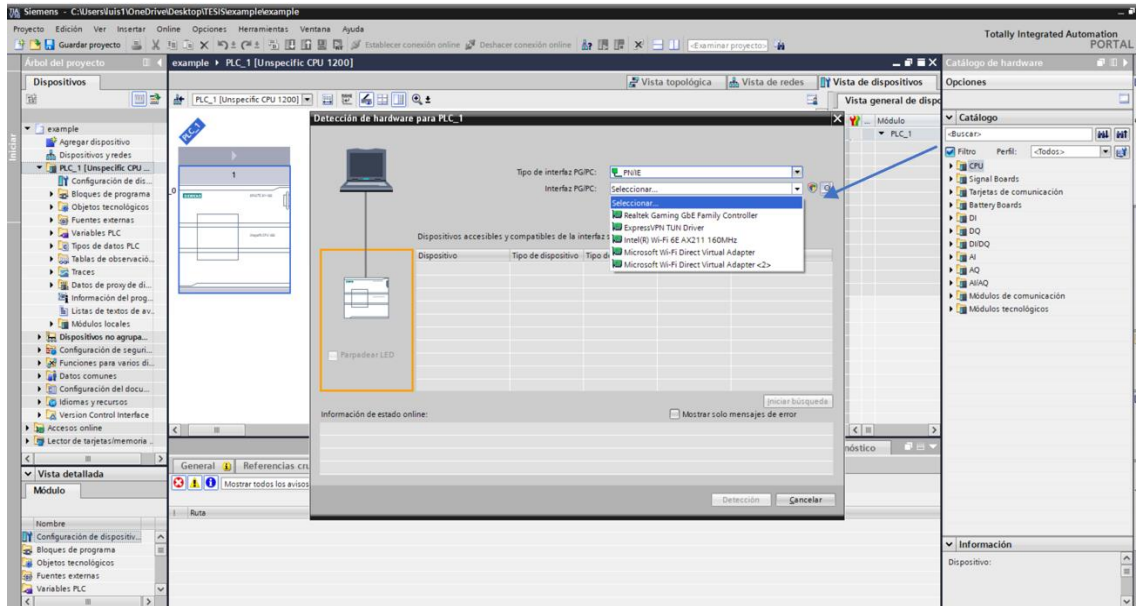
Seleccionamos la interfaz a trabajar seleccionamos las opciones de PG/PC



Selección de interfaz

2.5 Interfaz PG/PC selecciones

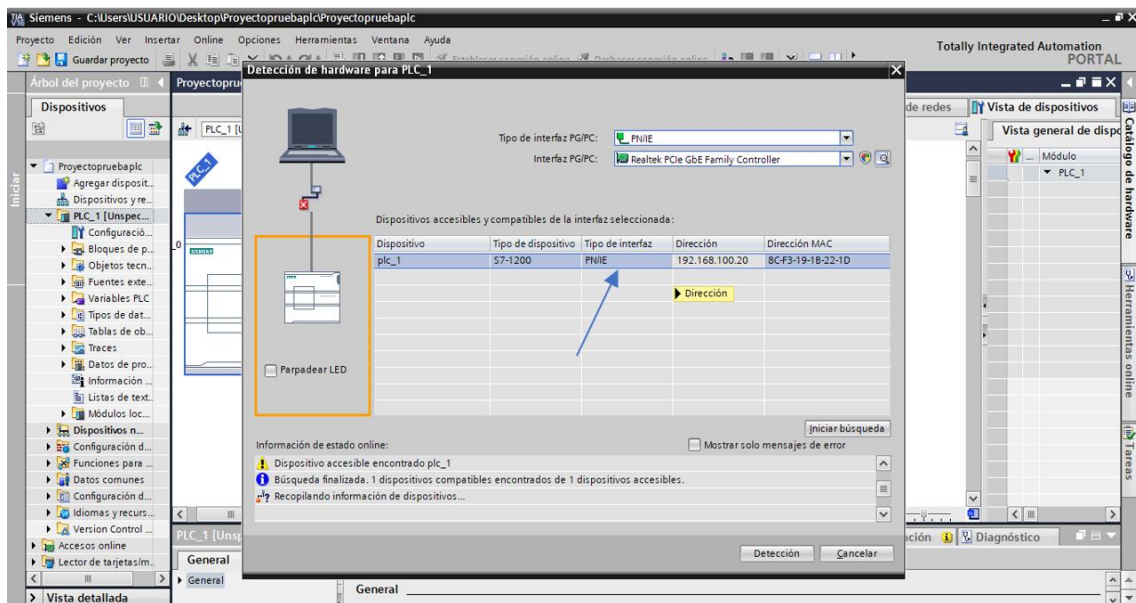
En mi caso es una Gaming Family Controler la interfaz a utilizar la cual nos indicara una direcci3n de red



Selecci3n de interfaz PG/PG

2.6 Enlace

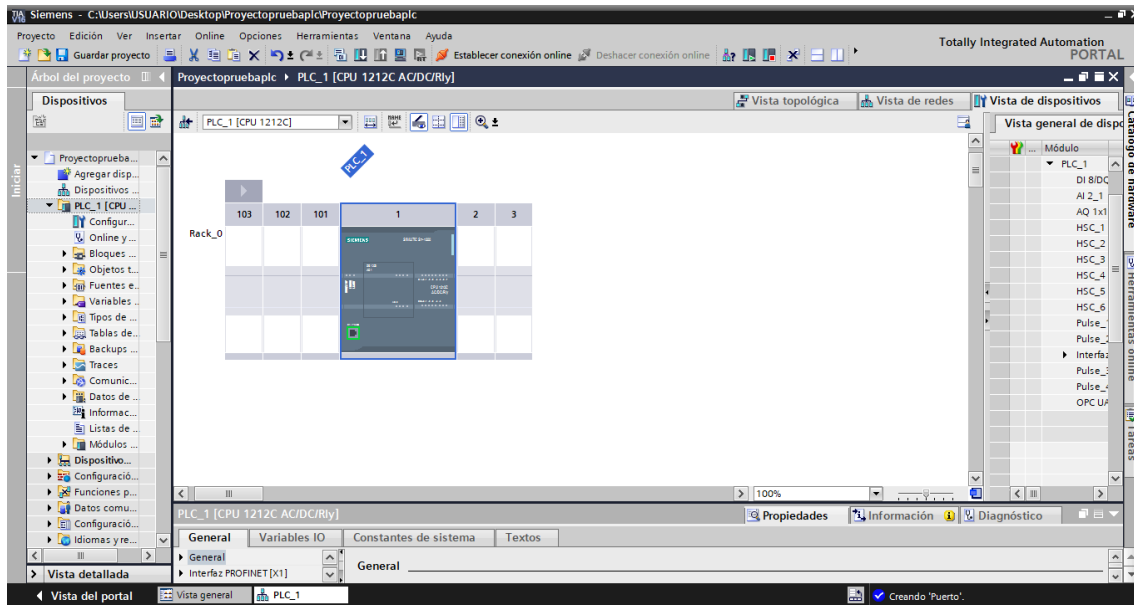
Y as3 es como podemos empezar a programar en el PLC, seleccionamos el PLC y la tarjeta de red



IP ejemplificado por la red

2.7 Una vez seleccionado la dirección IP

se nos cargara un PLC vacío creado a nuestras expectativas



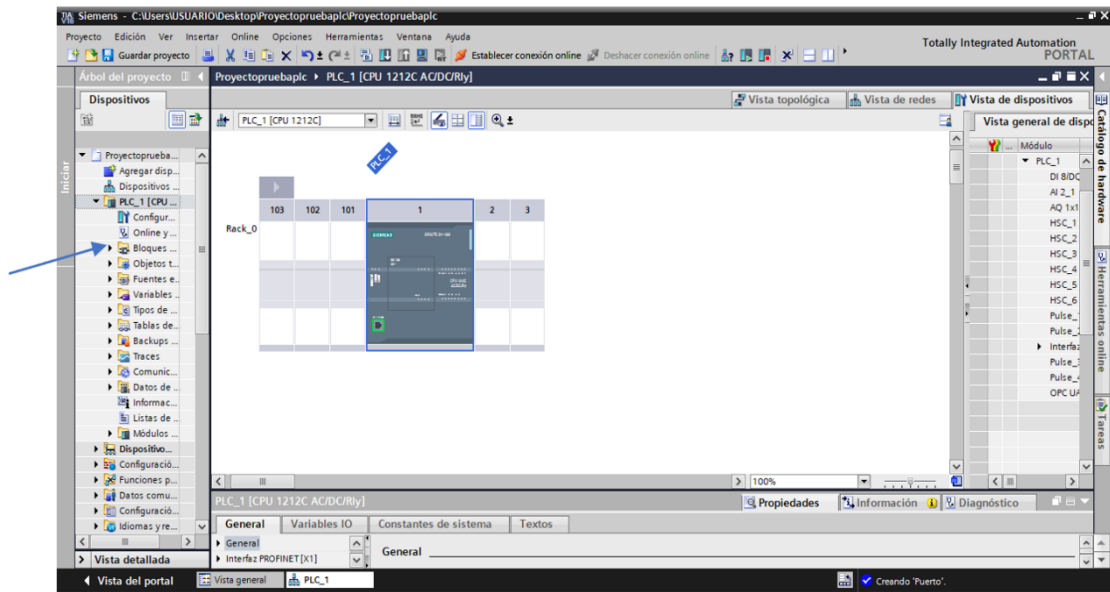
PLC creado según nuestras necesidades

3 Bloques de segmentos de programación

Luego de haberse cargado el PLC nos dirigimos a bloques de programa en donde vamos a empezar a realizar la programación correspondiente, en este vamos a operar con 3 variables, las cuales son la variable de proceso(PV), el Set Point(SP) y la variable de control(CV), cada una en su respectivo segmento.

13. 3.1 Bloques de programación

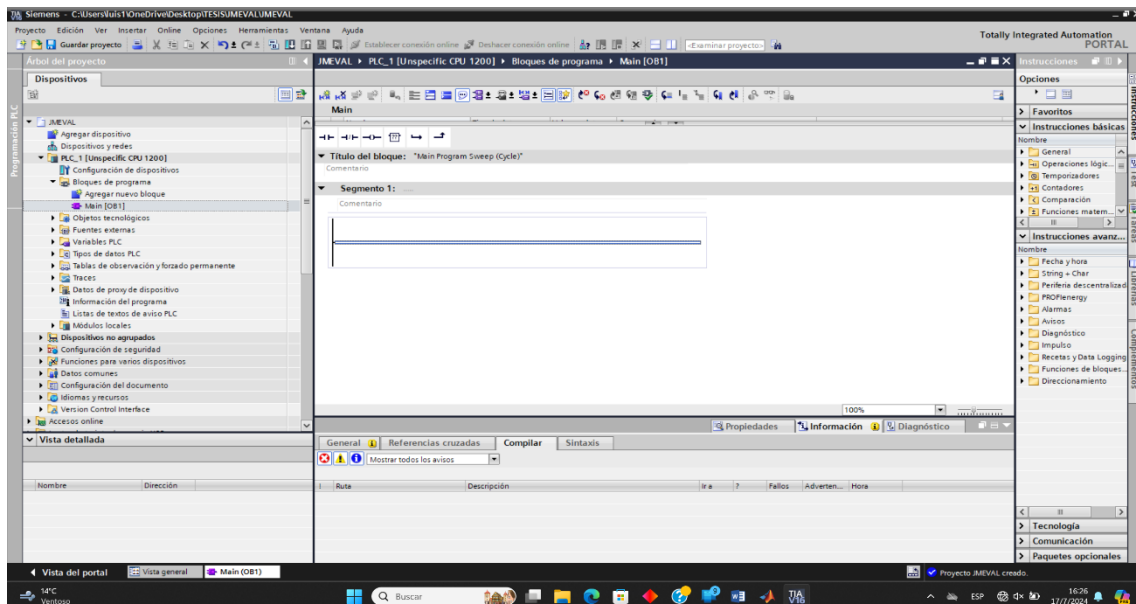
Seleccionamos bloques de programación y seleccionamos main que nos permitirá crear los segmentos que interactúan en el



Opción bloques y programas

3.2 Bloques segmentos 1

Una vez seleccionada la opción main que nos permitirá iniciar segmentos de programación de acuerdo a nuestras necesidades.

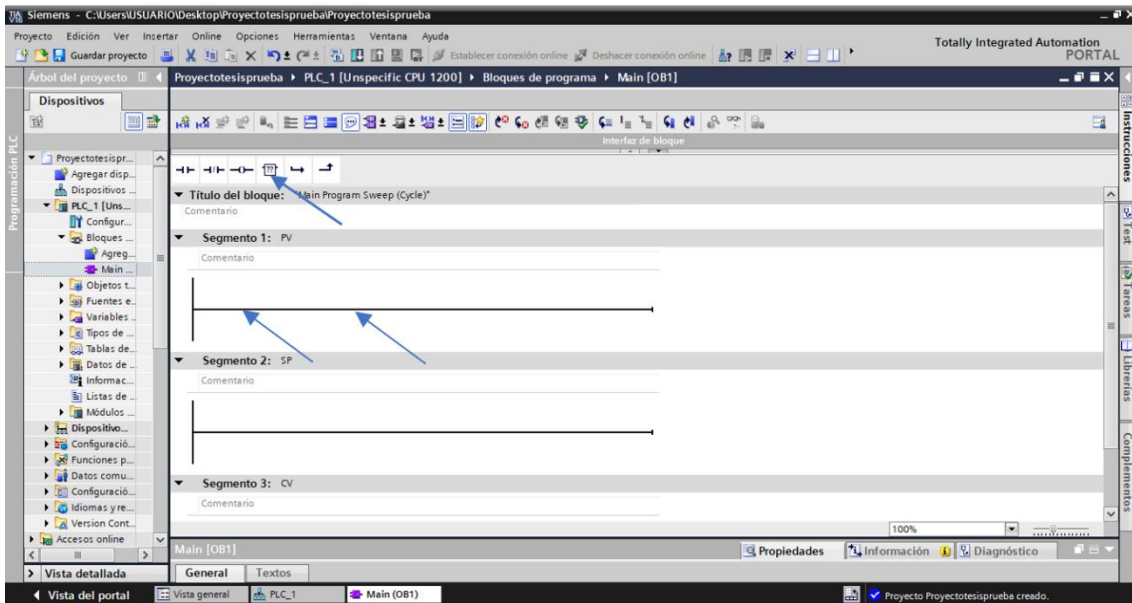


Opcion main

3.3 Ingreso bloques

Iregamos un bloque en el primer y segundo segmento de programación

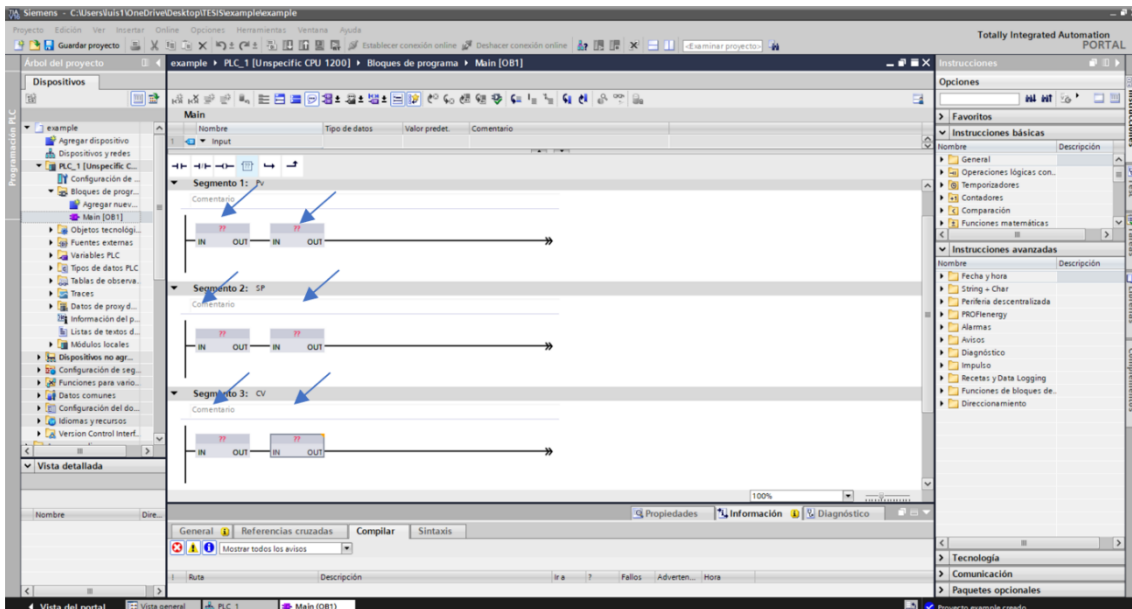
Para agregar un bloque de programación solo lo arrastramos hacia nuestro segmento



Selección de bloques de programa

3.4 Normalizado y escalares

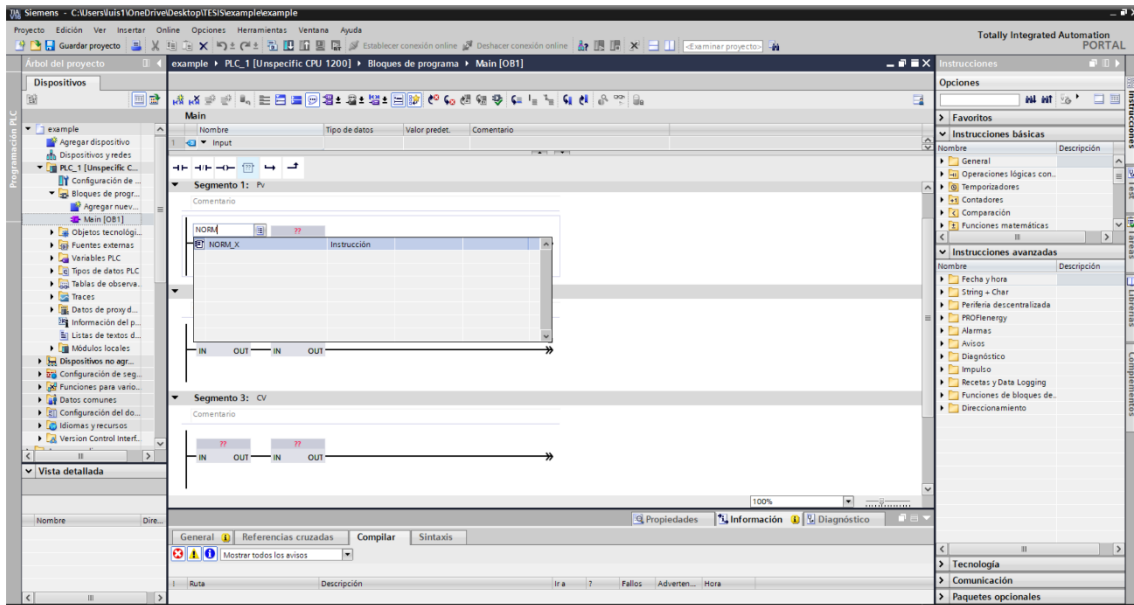
En los cuales definiremos entre normalizar y escalar



Normalización y esclares

3.5 primer segmento primer bloque

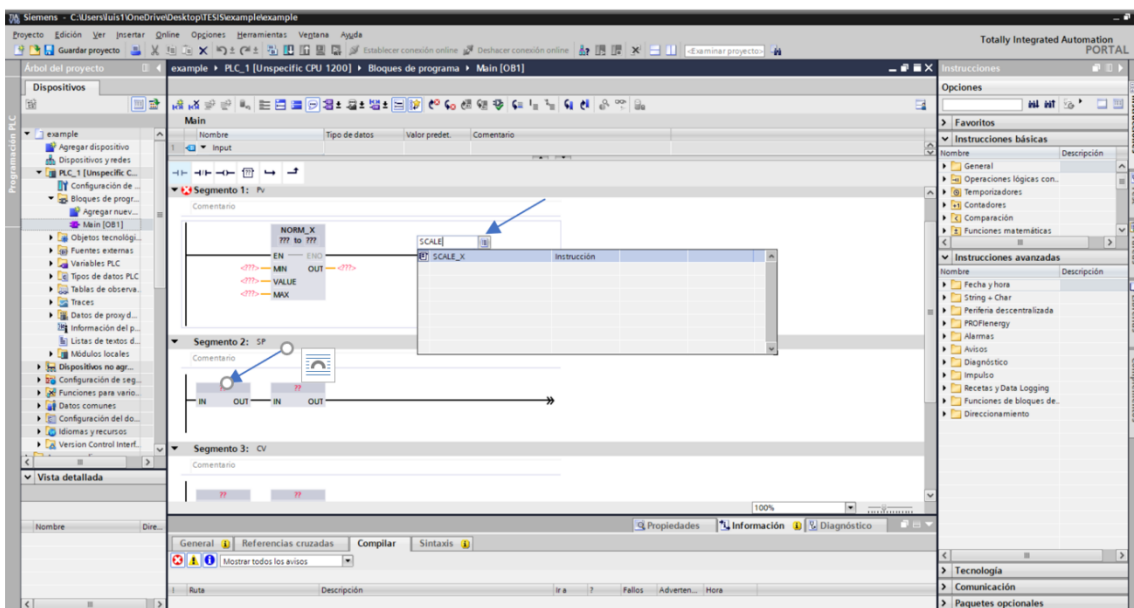
Es necesario normalizar y escalar, por ello ingresamos la palabra norm en el ingreso que os permitirá ingresar los comandos.



Desigacion de datos en el primer segmento

3.6 segundo bloque primer segmento

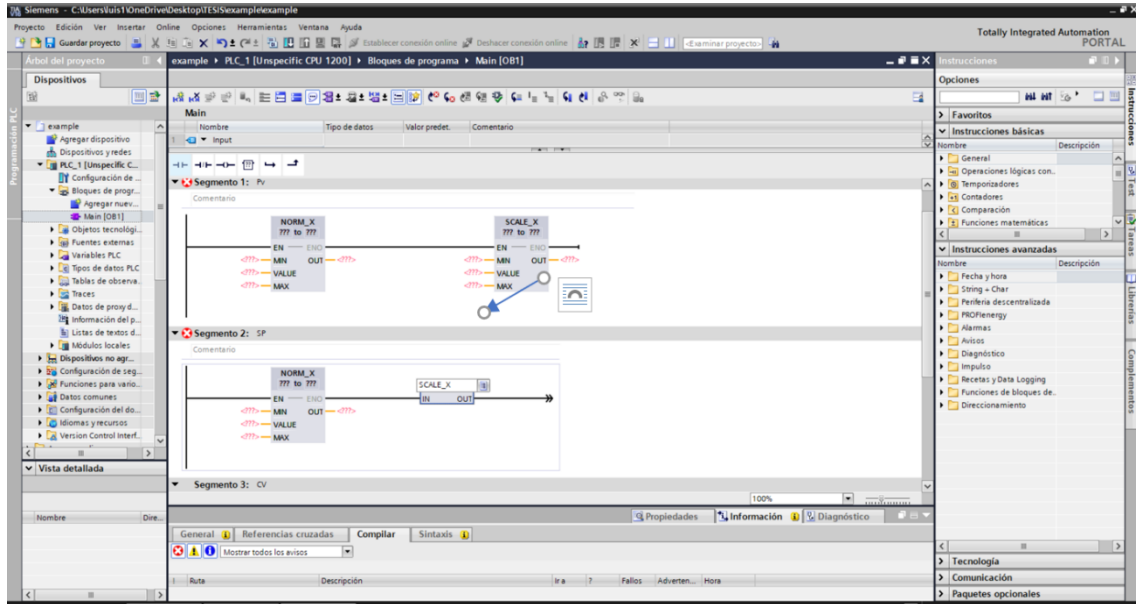
segmento debe ser seleccionado como un escalar(scale) que terminara la acción del segmento 1



Escalar en el segundo bloque

3.7 Procedimiento segundo segmento

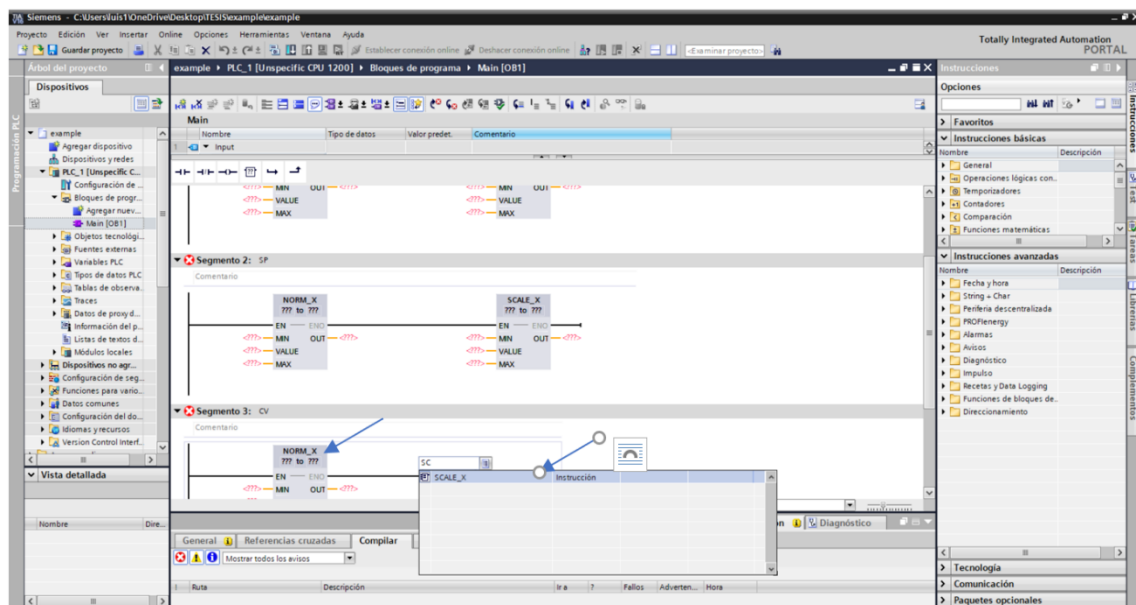
el mismo procedimiento en el primer segmento lo realizamos en el segundo



Selección de variables

3.8 Normalización y Scale.

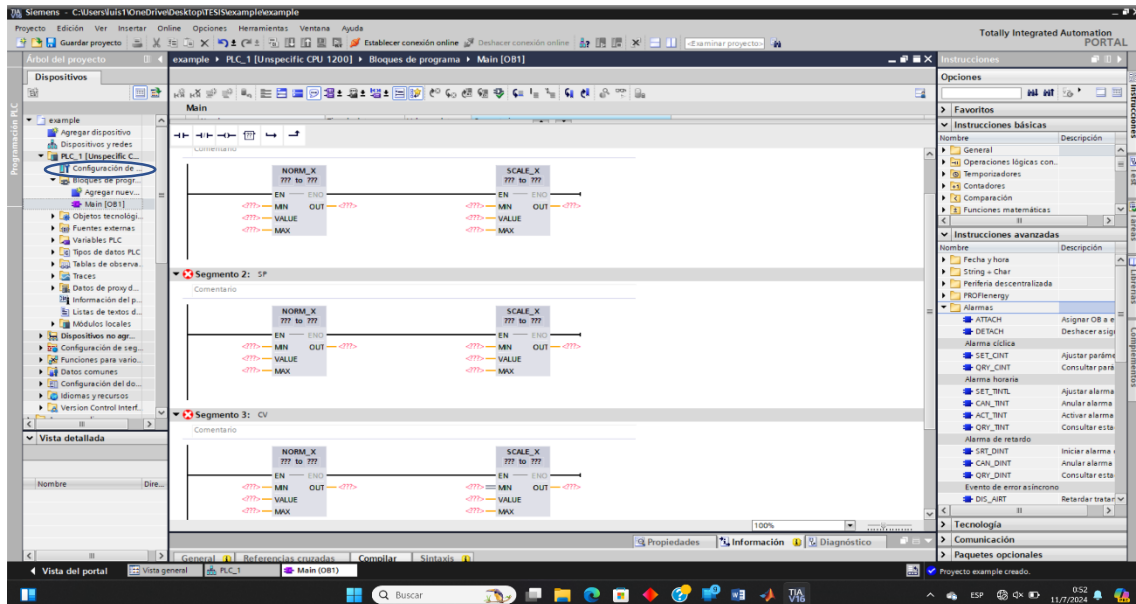
De igual manera en el tercer segmento en los dos últimos cuadros de programación



Seleccionamos escale

3.9 Seleccionamos dispositivos y redes

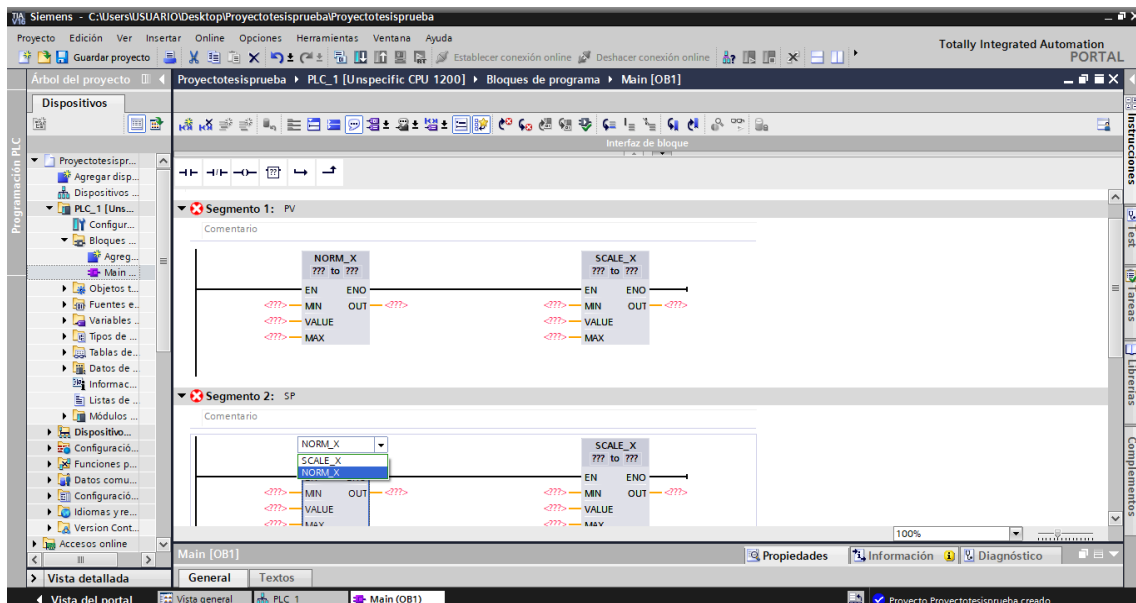
para poder identificar los segmentos nos dirigimos hacia la opción dispositivos y redes y damos clic.



Redes y dispositivos

4 Dispositivos y redes

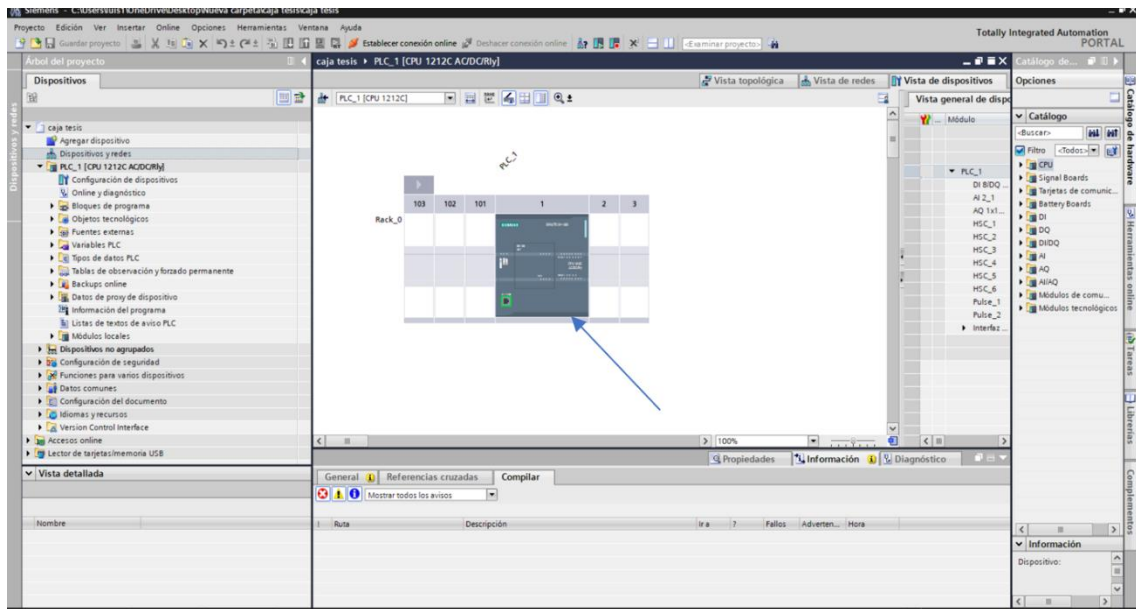
Seleccionamos el dispositivo con el nombre de nuestro PLC cargado



clic en dispositivos redes

4.1 Señales de un PLC

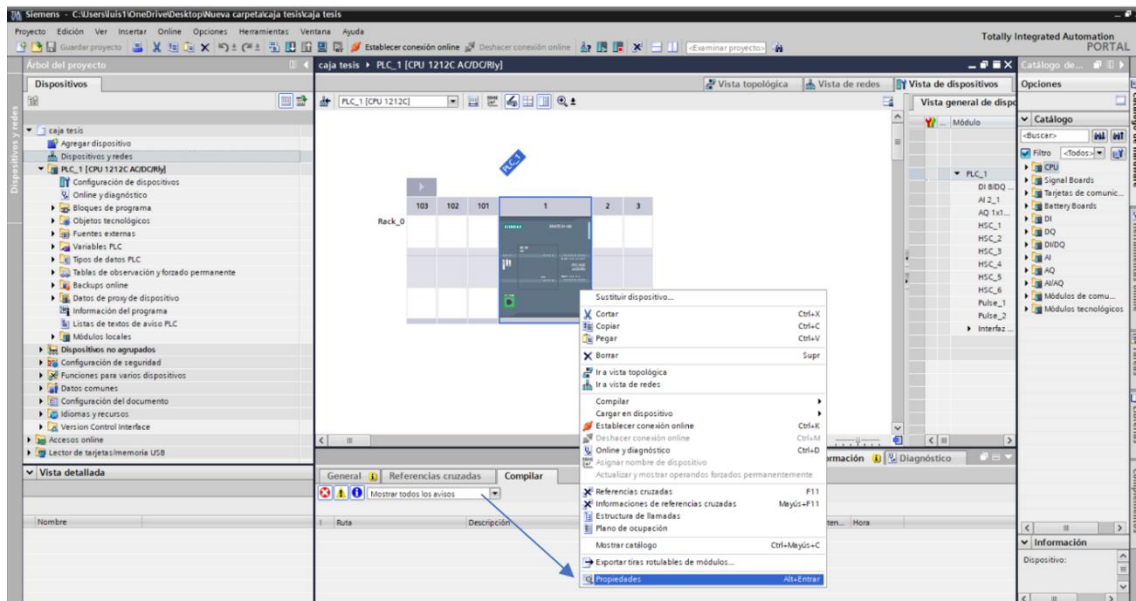
Realizamos un clic doble en la parte exterior de la memoria en el PLC



Doble clic en el PLC Cargado

4.2 Propiedades de un PLC

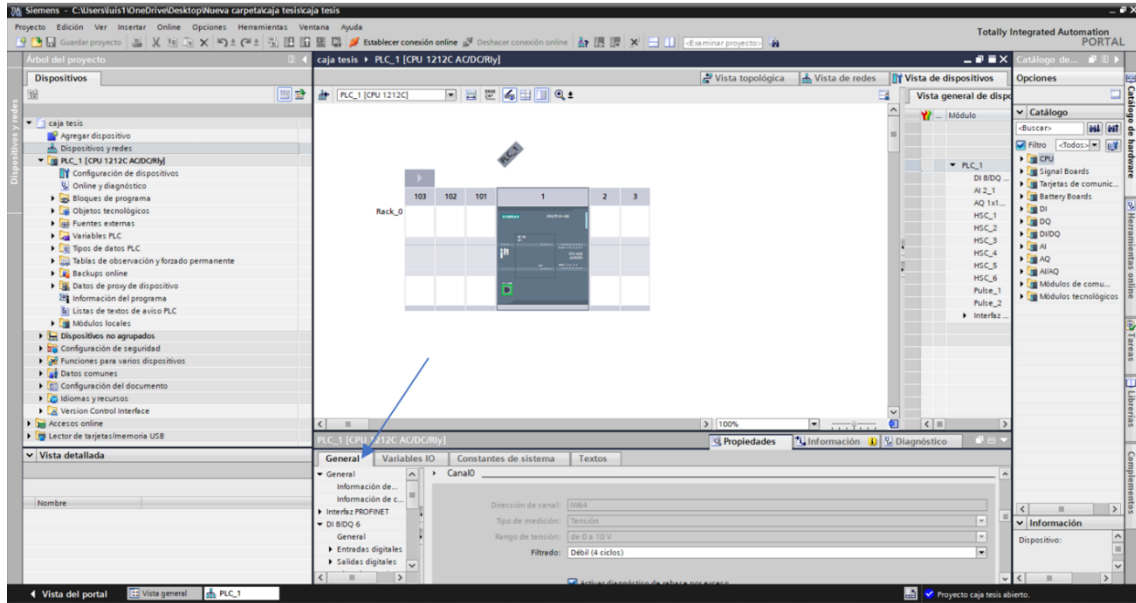
Una vez dado clic seleccionamos propiedades y nos permitiría generar una nueva opción



Selección de propiedades

4.3 menú propiedades PLC

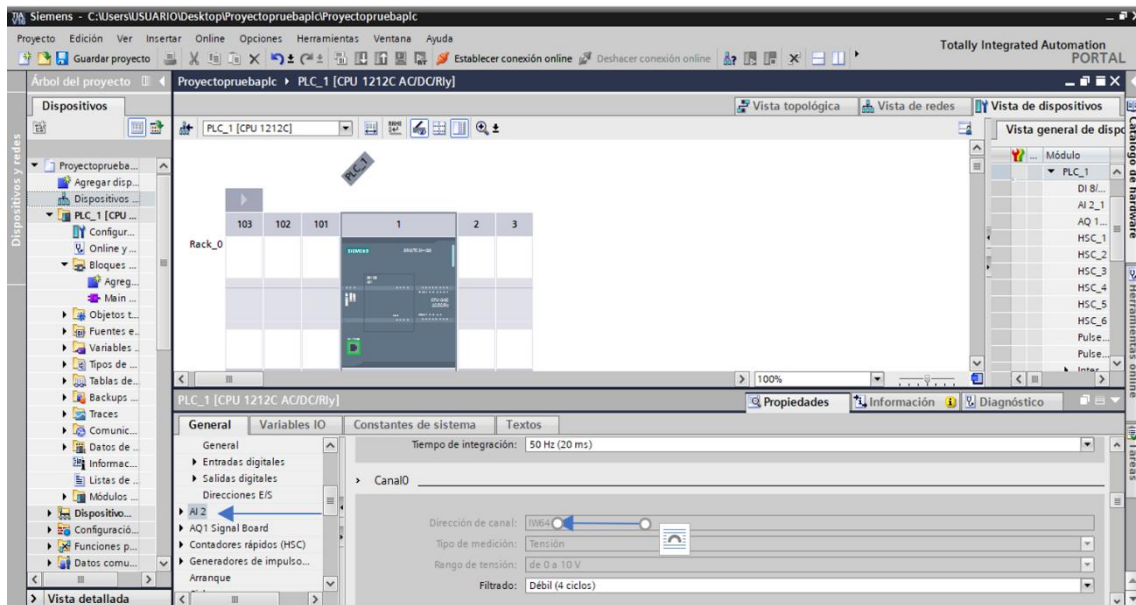
En este menú nos indicaran los valores y datos de las señales emitidas por el módulo



Parámetros de utilización

4.4 variables canal IO

Al seleccionar esta opción nos permite identificar las variables de control, su nombre, así como evidenciamos la dirección del canal, el tipo de medición, así como su rango

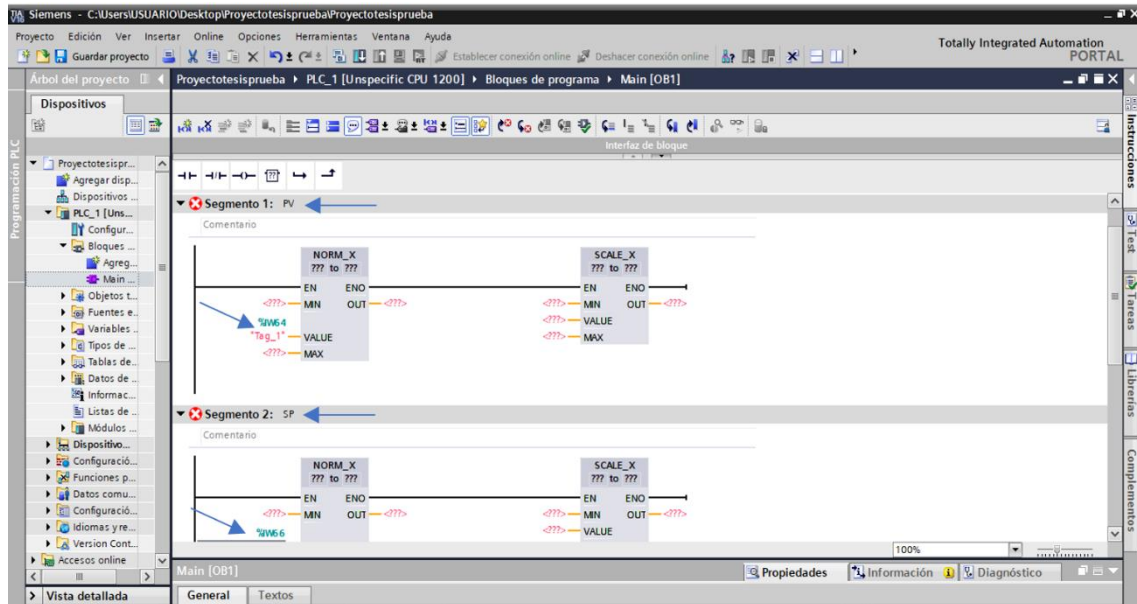


Señales de nuestro programa

4.5 PLC dirección de canales

En este caso son la IW 64 y la IW66.

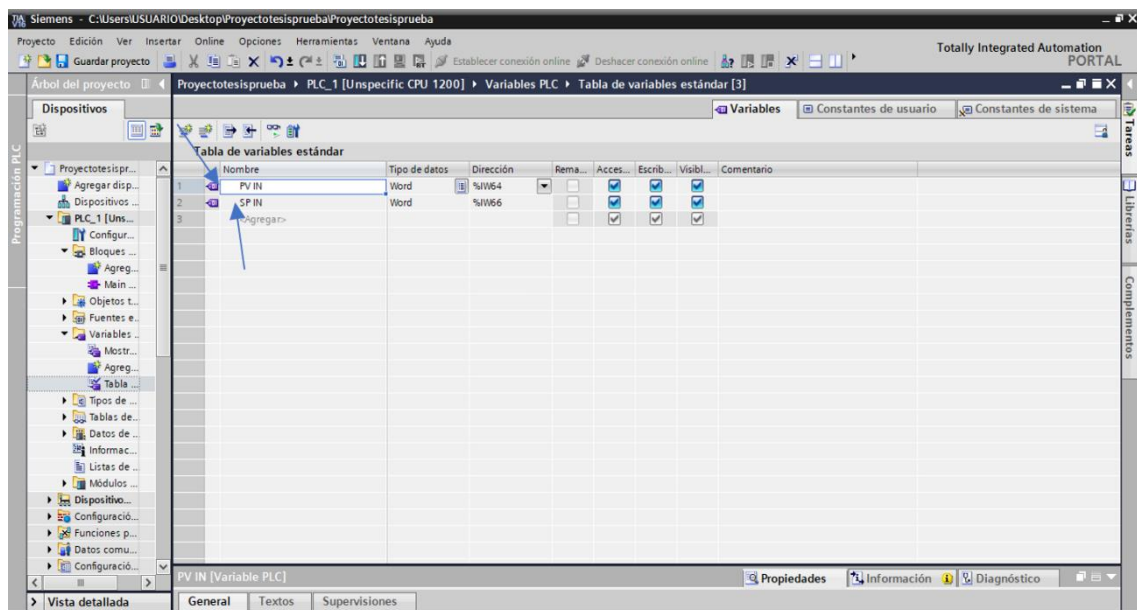
Luego de ello colocamos las entradas de proces valiu(PV) y el set point(SP), en el Value de los cuadros vacíos.



Variables de control

4.6 tabla de variables

Para un mejor entendimiento colocamos las variables de entrada en la tabla de variables.



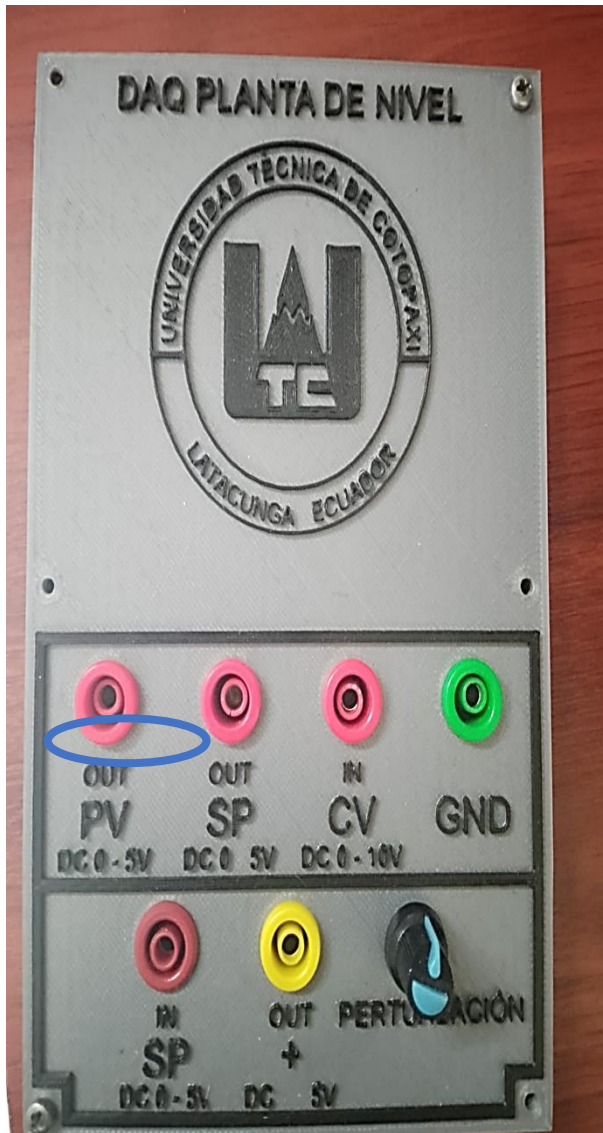
Variables de control

14.5 Modulo DAQ

Este modulo esta diseñado para la interaccion de datos en tiempo real

5.1 Rango de valores

Vamos a poner el rango de valores en los que va a trabajar, en este caso debemos tener en cuenta que 10v equivalen a 27648 en este caso tenemos que verificar en que rango de voltaje trabaja el módulo DAQ.

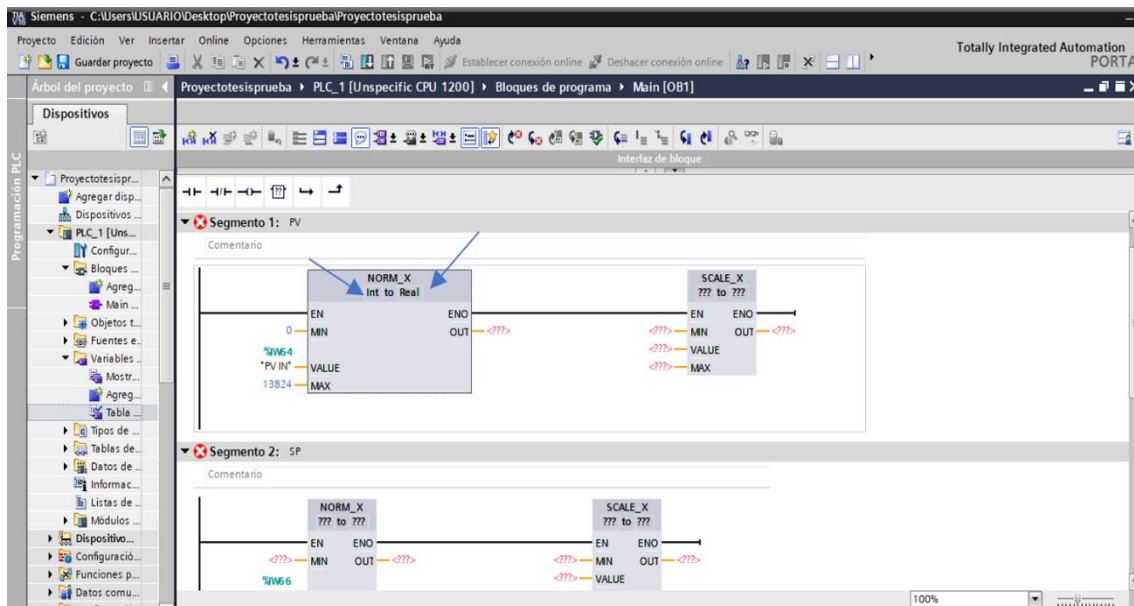


Modulo de implemetacion

5.2 Rangos de Operacion

En el PV trabaja en un rango de 0 a 5v, entonces realizamos regla de tres y colocamos el rango de valores en este caso de 0 a 13824, y colocamos los valores.

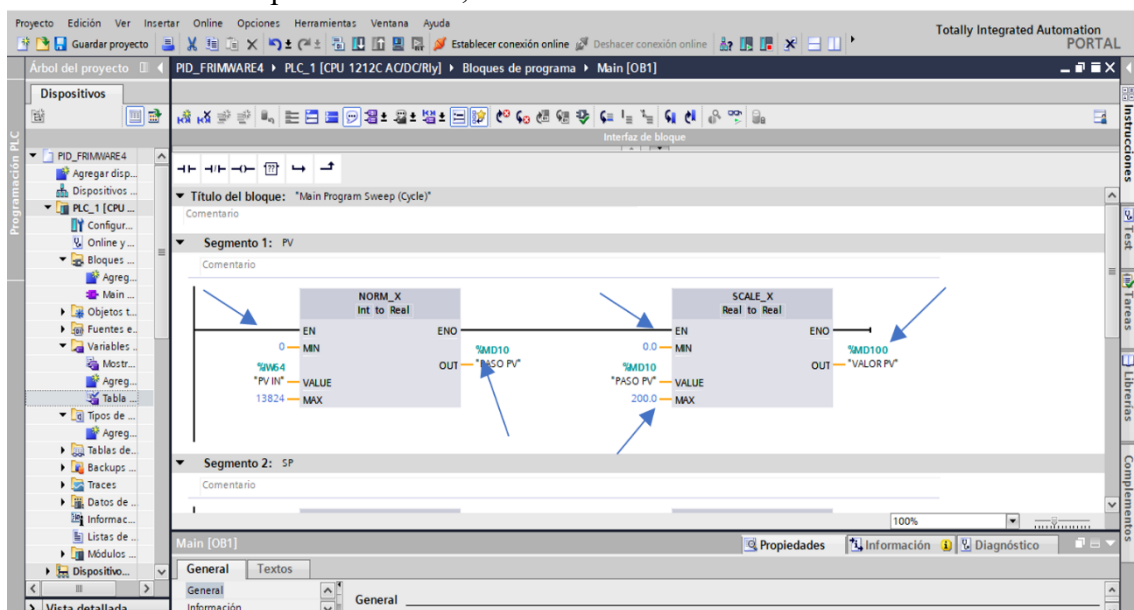
Y definimos que vamos a realizar un cambio de entero a real.



Segmento 1 real o entero

5.3 Salidas MD

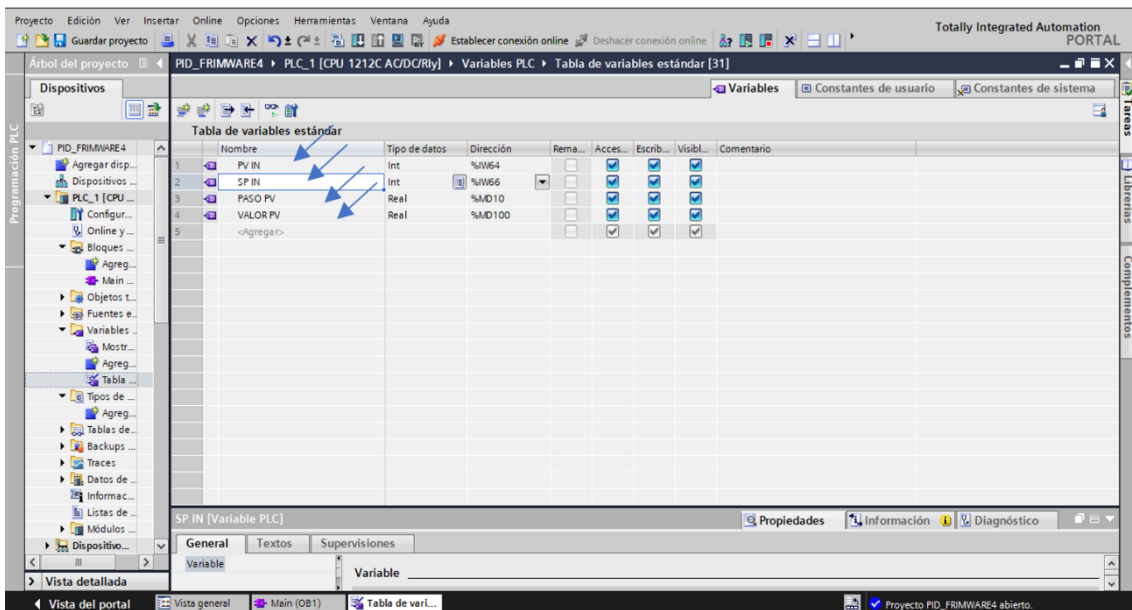
La salida va a ser por el MD10 la cual vamos a realizar el cambio de real a real, el rango en el cual se ejecuta el programa es de un tanque con capacidad de 0 a 200 y la salida de dato en real va a ser por un MD100, además de ello identificamos cada variable



Señal de control normalizado y escalar

5.4 Nombres de Variables

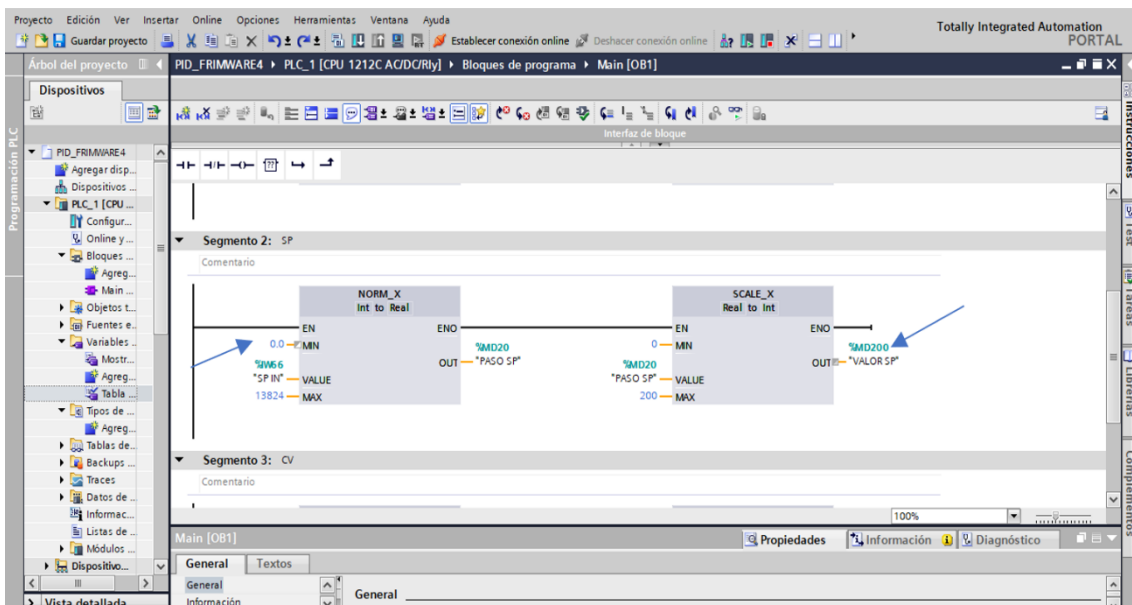
Ingresamos los nombres a las variables de control para un mejor entendimiento del funcionamiento



Nombre de variables de control

5.5 Configuración parámetros

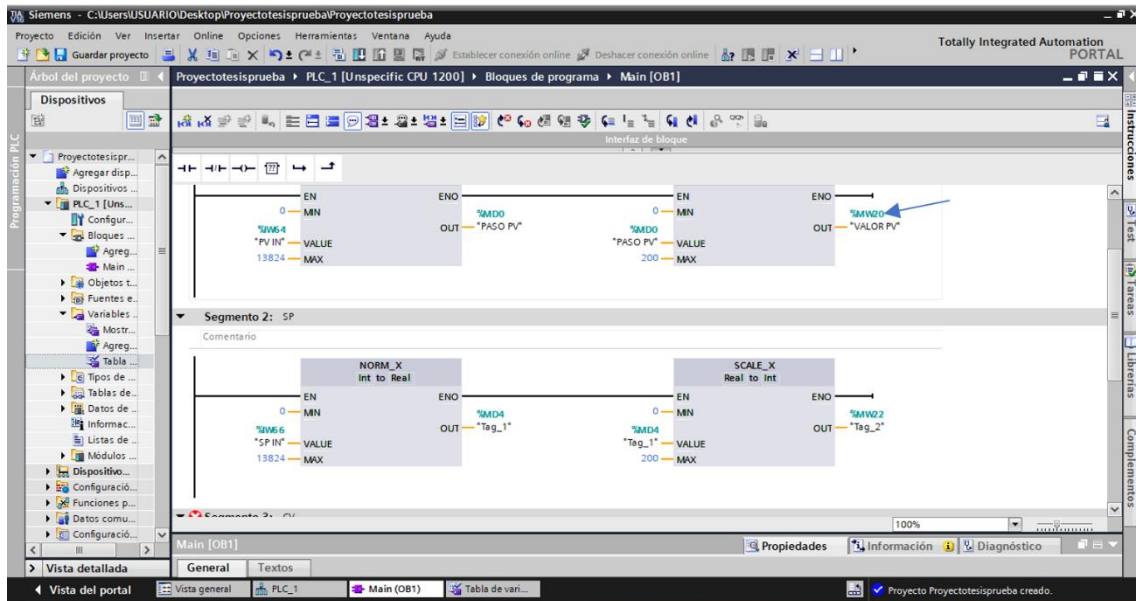
Configuramos parámetros del set point **como podemos observar** en el DAQ los rangos de valores igual es de 0 a 5 para el segmento del SP, transformamos de entero a real, la salida va a ser en el MD200.



variables de programación

5.6 parámetros de salida

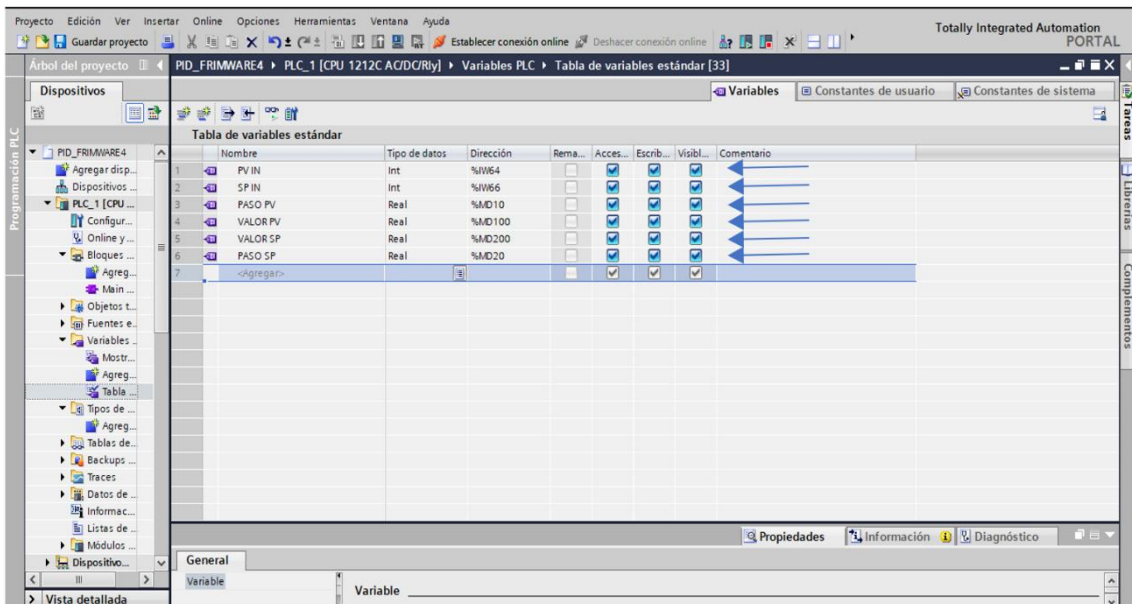
Configuramos los parámetros de la salida del dato del set point configuramos los rangos, y la salida va a ser por el MD20.



bloque de programa AW 200

5.7 nombre de variables

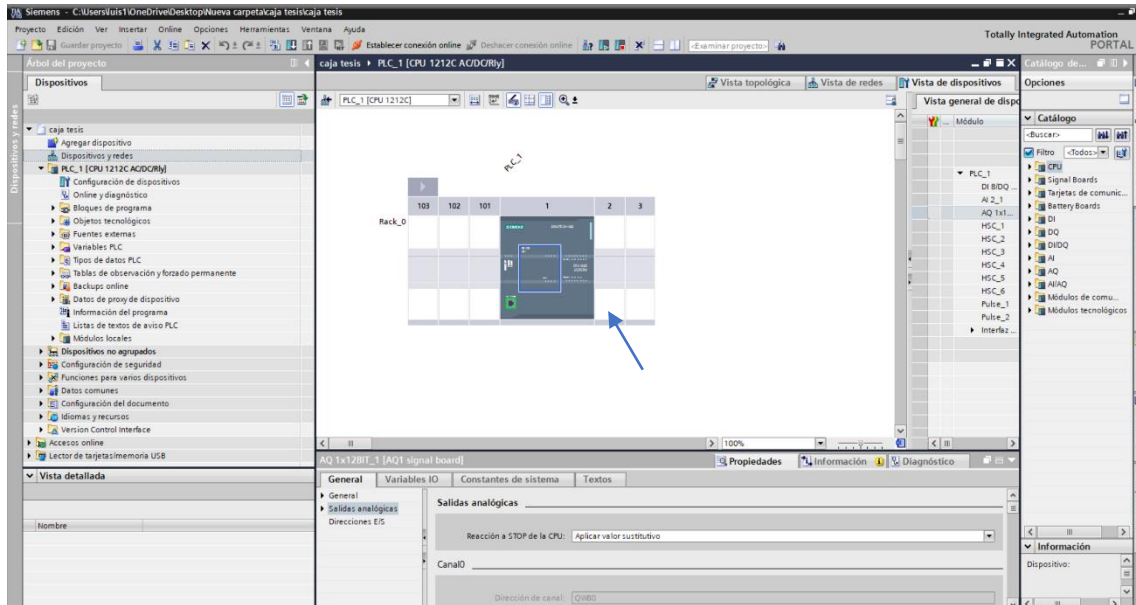
Colocamos los nombres a las variables de los últimos valores a utilizar.



Nombre de las variables

5.8 Dirección de salidas Analógicas

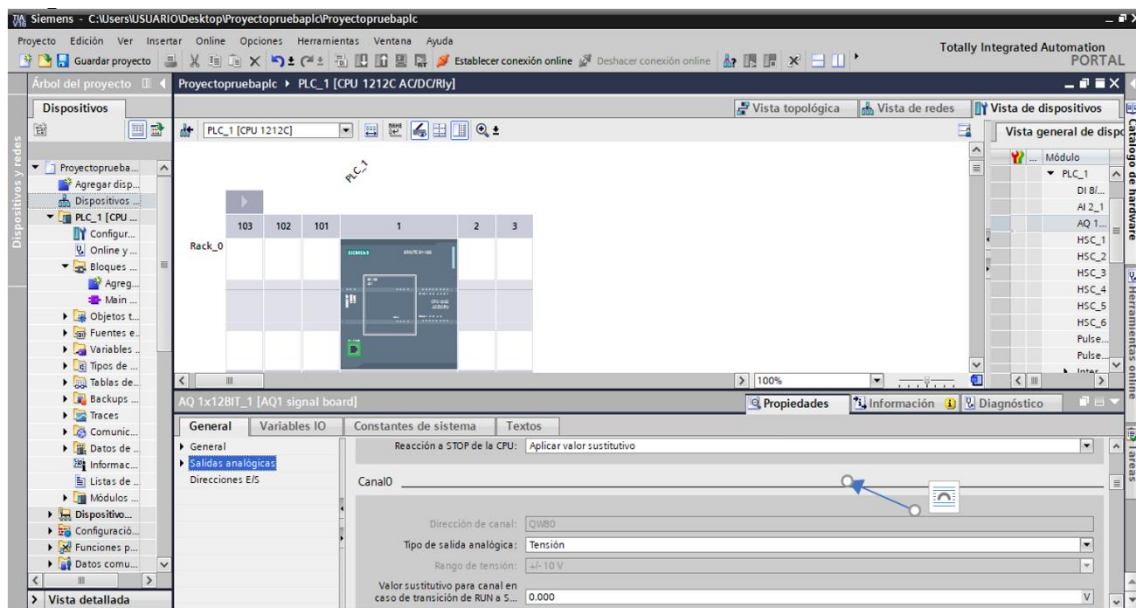
Para configurar el CV es necesario verificar la dirección de la salida para ello damos doble clic en el PLC para ver las salidas analógicas la dirección es la QW80 y tiene que estar en tensión.



Datos explícitos exterior de PLC

5.9 Dirección modulo interno PLC

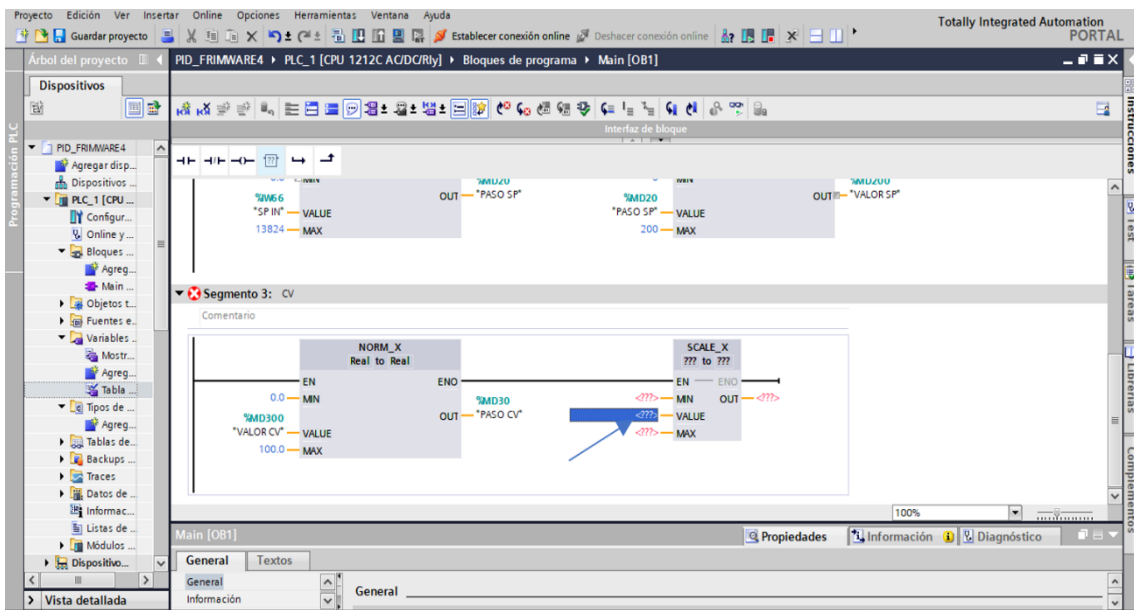
la siguiente barra indicara las salidas analógicas utilizadas la dirección de canal, el tipo de salidas, y el rango



Salidas obtenidas

5.10 Propiedades segmento 3

o que necesitamos es que la salida sea la QW80 ya que lo verificamos en las propiedades del PLC, y procedemos a configurar el segmento del CV, para normalizar realizamos el cambio de real a real, en un rango de valores de 0 a 100 esto debido a que vamos a poder controlar la abertura de la válvula de un 0 a un 100%, la salida va a ser por un MD30.



Rango de valores

ANEXO 4 KEPServerEx.

1 KEPServerEx.....	91
1.1 Inicio KEPServerEx.	91
1.2 Formato de canal	91
1.3 Variable Network Adapters.....	92
1.4 Chanel Wizard.	92
1.5 Add Chanel Wizard.....	93
1.6 Chanel Wizard Zero.....	93
2 Descripcion del canal.....	94
2.1 Servidores del Proceso	94
2.2 Modelo estándar.....	95
2.3 Estacion de servior IP	95
2.4 Servidor de red a trabajar.....	96
2.5 Etiquetas del Dispositivo.....	96
2.6 Tiempos de interaccion.....	97
2.7 Escaneo Fallas de Comunicación.	98
2.8 Etiquetas de inicio de dispositivo	98
2.9 Puerto TCP/IP.....	99
2.10 Valores Máximos del dispositivo.....	99
2.11 Valores bit en Siemens.....	100
2.12 Exportador del portal	100
2.13 Descripcion servidores.	101
2.14 Dispositivo creado	101
2.15 Marcas de variables.	102
2.16 Marca de salida.....	102
2.17 Marca set point.	103
2.18 Marcas de variables	103
2.19 OPC Quick.....	104
3 Configuracion OPC Simulink.	105
3.1 OPC Write.....	105
3.2 OPC Write Clients.	106
3.3 OPC Write Server.	106
3.4 OPC Write selección Server.	107
3.5 OPC Write Server	107

3.6 OPC Read	108
3.7 OPC Read Nivel	108
3.8 OPC Read Nivel.	109
3.9 OPC Real Nivel Ítem IDs.	109
3.10 OPC Configuration	110
3.11 OPC Configuration	110
3.12 OPC Clients KEPServerEx.....	110
3.13 OPC Clients KEPServerEx.....	111
4 KEEPServer Coprobacion conectividad.....	111
4.1 KEEPServer Conectividad OPC.....	112
4.2 KEEPServerEx Conectividad.	112
4.3 Asignación de valores Step.....	113
4.4 Asignación de valores de constante	113
4.5 Parámetros Workspace.....	114
4.6 Parámetros workspace2.	115
4.7 Parámetros PID.....	115
1 KEPServerEx.....	91
1.1 Inicio KEPServerEx.	91
1.2 Formato de canal	91
1.3 Variable Network Adapters.....	92
1.4 Chanel Wizard.	92
1.5 Add Chanel Wizard.....	93
1.6 Chanel Wizar Zero.....	93
2 Descripcion del canal.....	94
2.1 Servidores del Proceso	94
2.2 Modelo estándar.....	95
2.3 Estacion de servior IP	95
2.4 Servidor de red a trabajar.....	96
2.5 Etiquetas del Dispositivo.	96
2.6 Tiempos de interaccion.....	97
2.7 Escaneo Fallas de Comunicación.	98
2.8 Etiquetas de inicio de dispositivo	98

2.9 Puerto TCP/IP	99
2.10 Valores Máximos del dispositivo.....	99
2.11 Valores bit en Siemens.....	100
2.12 Exportador del portal.....	100
2.13 Descripción servidores.	101
2.14 Dispositivo creado	101
2.15 Marcas de variables.	102
2.16 Marca de salida.....	102
2.17 Marca set point.	103
2.18 Marcas de variables	103
2.19 OPC Quick.....	104
3 Configuración OPC Simulink.	105
3.1 OPC Write.....	105
3.2 OPC Write Clients.	106
3.3 OPC Write Server.	106
3.4 OPC Write selección Server.	107
3.5 OPC Write Server	107
3.6 OPC Read	108
3.7 OPC Read Nivel	108
3.8 OPC Read Nivel.	109
3.9 OPC Real Nivel Ítem IDs.	109
3.10 OPC Configuration.....	110
3.11 OPC Configuration	110
3.12 OPC Clients KEPServerEx.....	110
3.13 OPC Clients KEPServerEx.....	111
4 KEPServer Coprobación conectividad.....	111
4.1 KEPServer Conectividad OPC.....	112
4.2 KEPServerEx Conectividad.	112
4.3 Asignación de valores Step.....	113
4.4 Asignación de valores de constante	113
4.5 Parámetros Workspace.....	114
4.6 Parámetros workspace2.	115
4.7 Parámetros PID.....	115

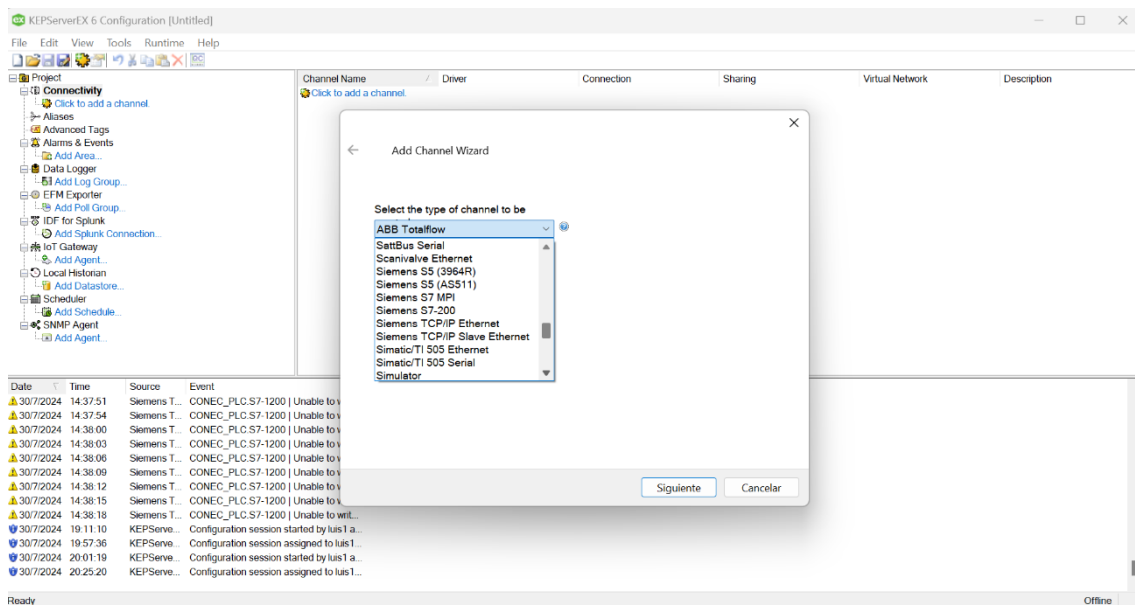
1 KEPServerEx.

Esta aplicación es un servidor de datos de kepsware basado en la tecnología OPC, este nos permite la conectividad de cualquier tipo de dato proveniente de un proceso industrial y lo transforma en un formato estándar y seguro para cualquier plataforma de supervisión, monitoreo, control o análisis de información.

1.1 Inicio KEPServerEx.

Seleccionamos la opción crear nuevo proyecto.

Nos indicara la pantalla de inicio en el cual seleccionamos conectividad y elegiremos los canales en los formatos ya prediseñados.



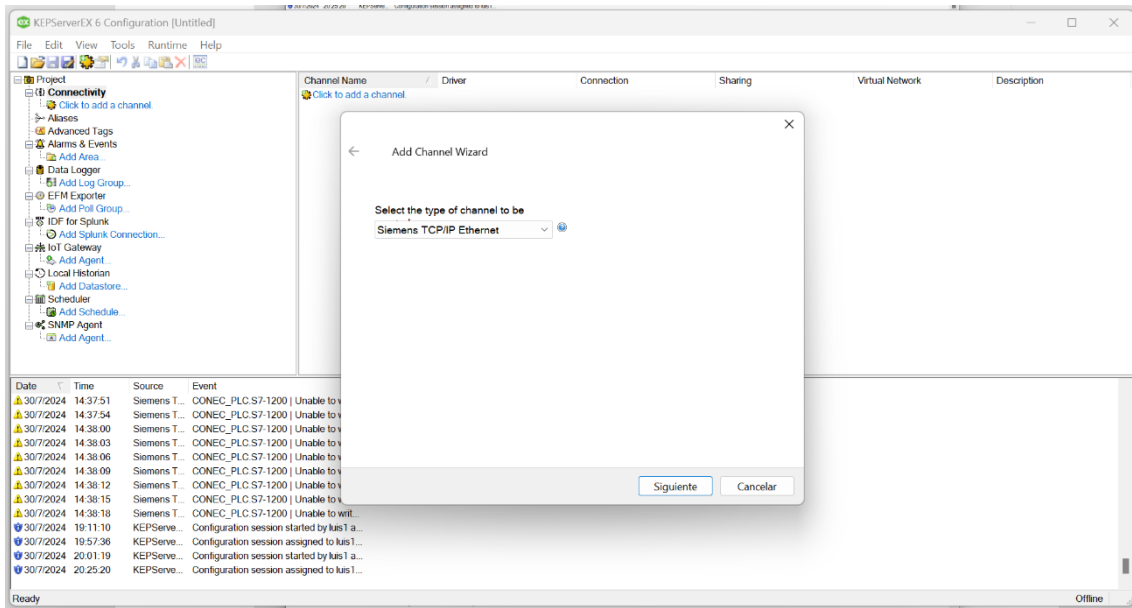
Canales KEPServerEx

1.2 Formato de canal

En este paso seleccionamos crear un nuevo canal y nos permite escoger el modelo para crear el formato

En esta ocasión escogemos Siemens TCP/IP Ethernet.

Y seleccionamos siguiente.

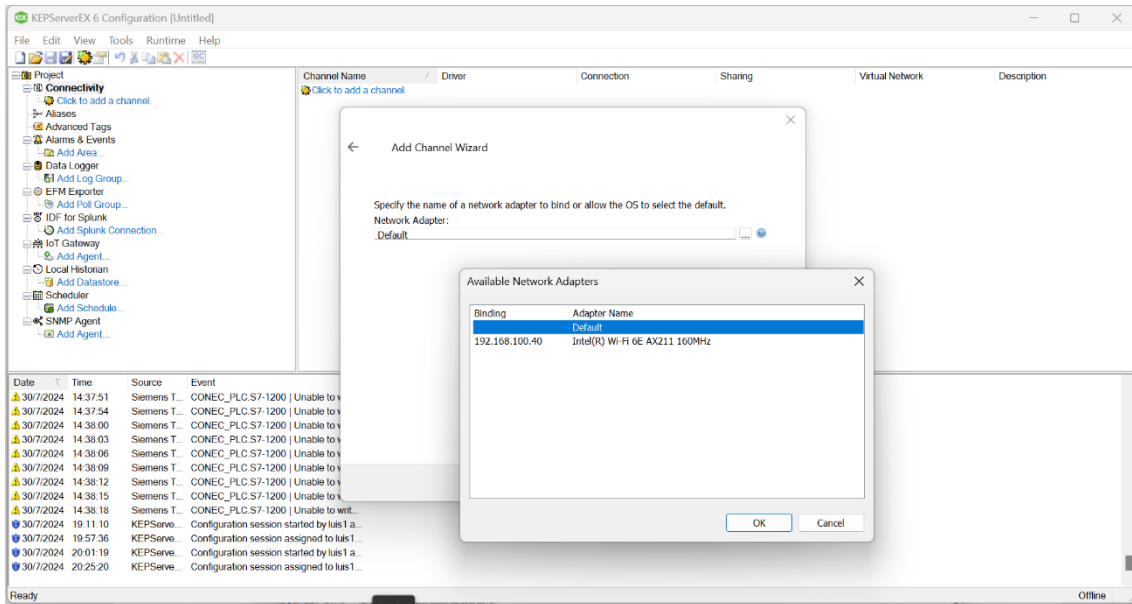


Modelo TCP/IP Ethernet

1.3 Variable Network Adapters

A continuación, nos aparece una dirección IP que es la que se utilizara en este caso

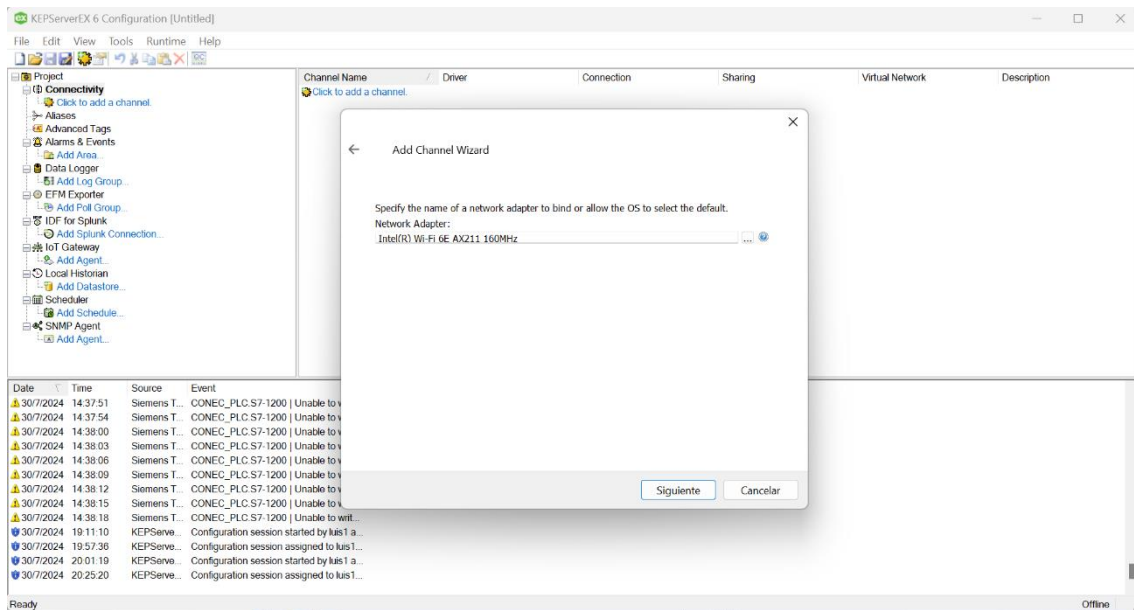
La seleccionamos y presionamos ok.



Network Adapters

1.4 Chanel Wizard.

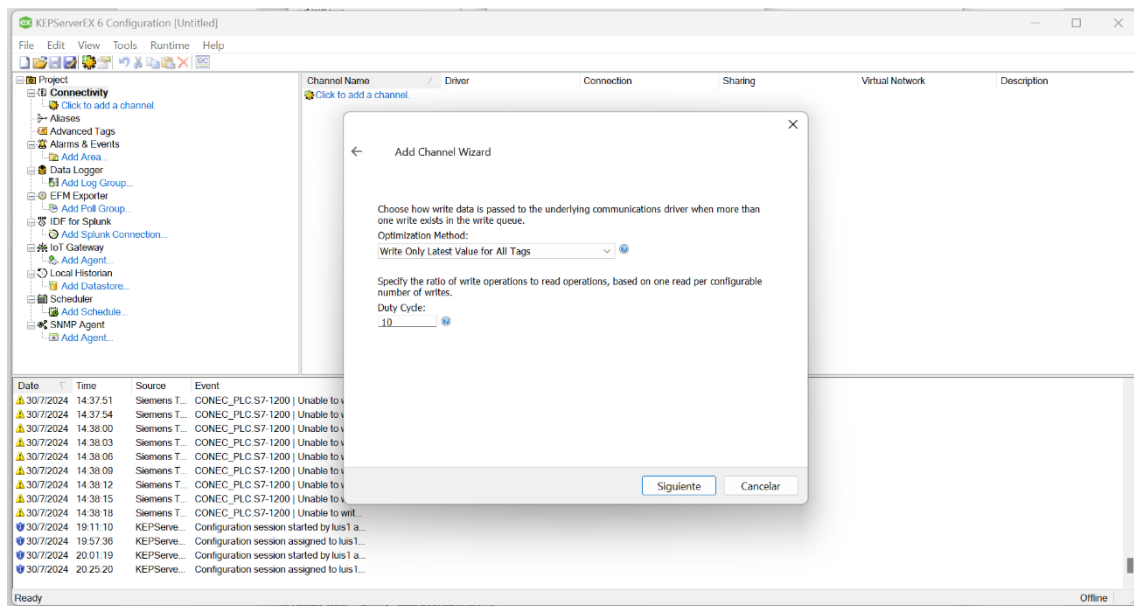
En este caso se cargó la adaptación del canal automáticamente únicamente debemos seleccionar siguen.



Chanel Wizard.

1.5 Add Chanel Wizard

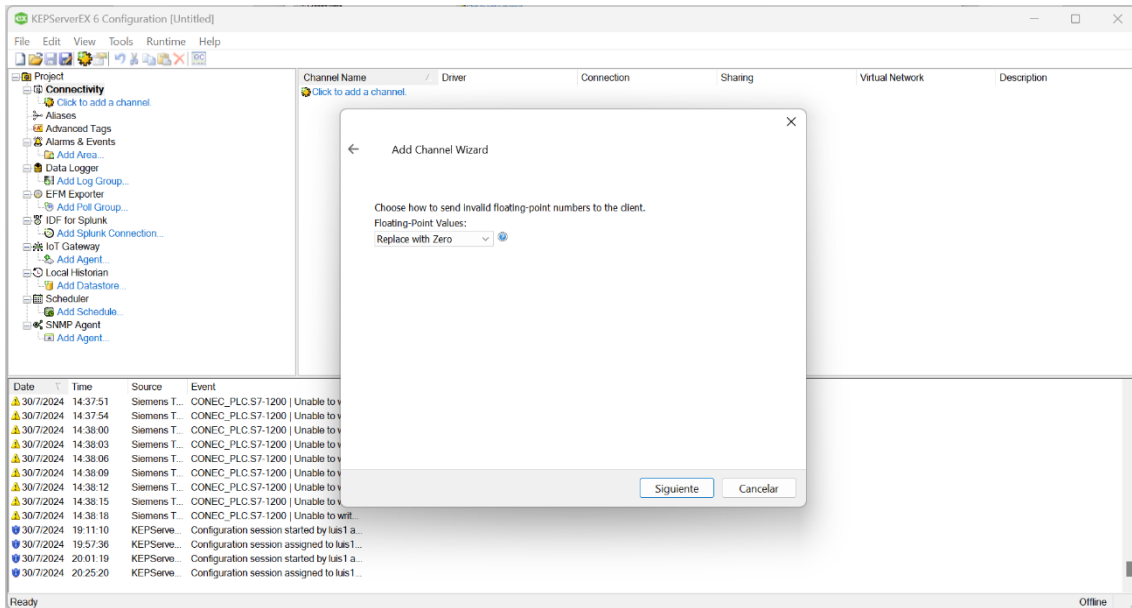
Esta sección se genera automáticamente solo seleccionamos siguiente.



Chanel Wizard.

1.6 Chanel Wizard Zero

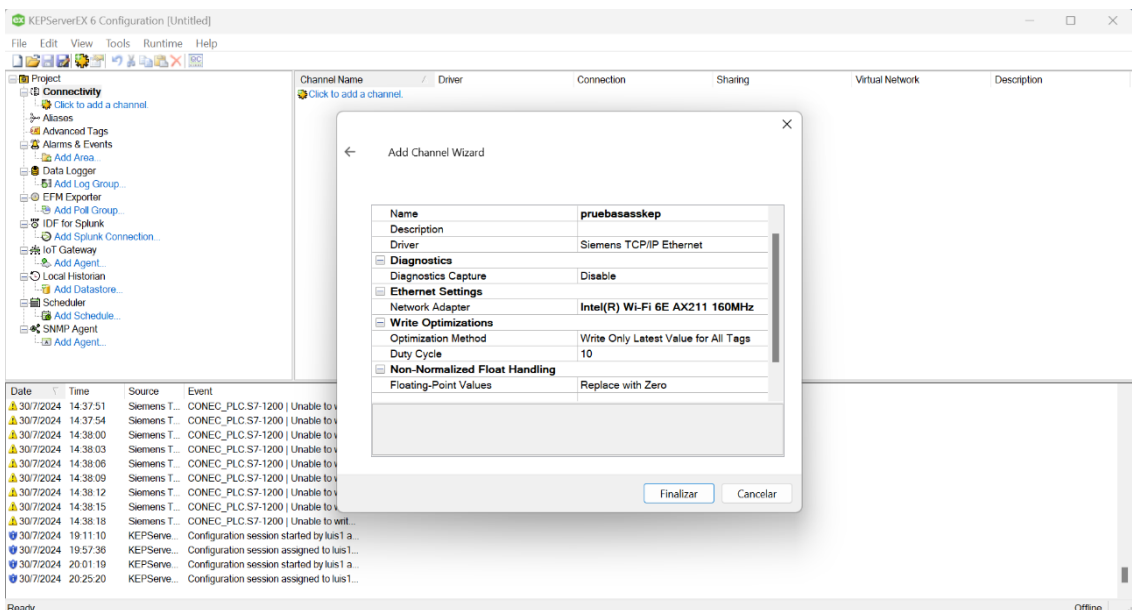
Este canal es un adicional de la sima de canal por lo cual presionamos siguiente.



Chanel Wizart Zero

2 Descripción del canal

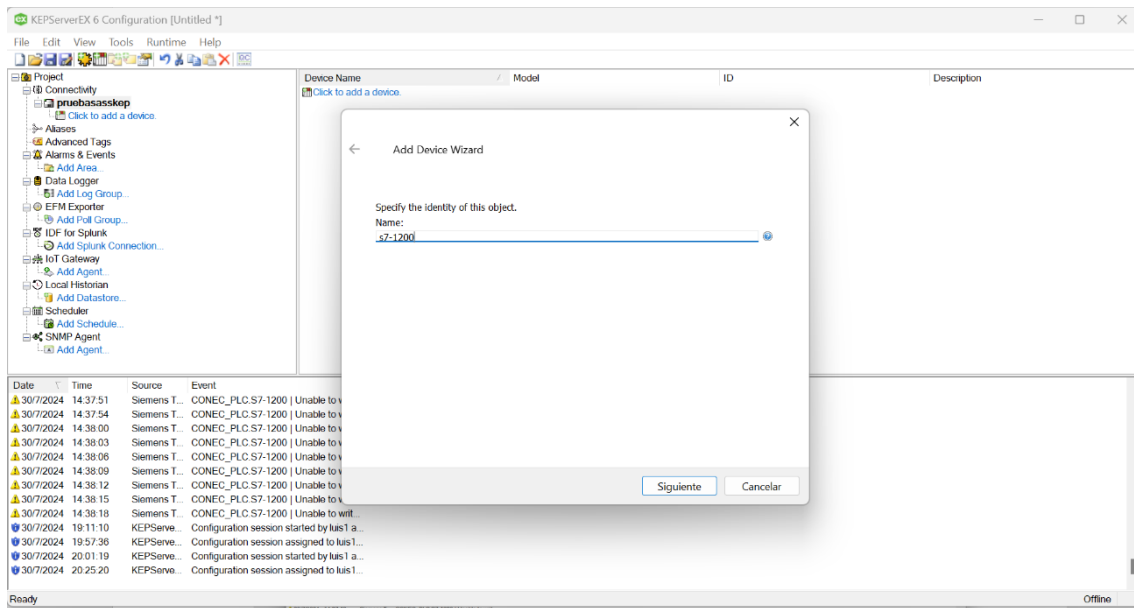
En este segmento podemos observar las variables que se generan para obtener el canal para nuestro diagrama por ultimo seleccionamos finalizar.



Descripción de canal

2.1 Servidores del Proceso

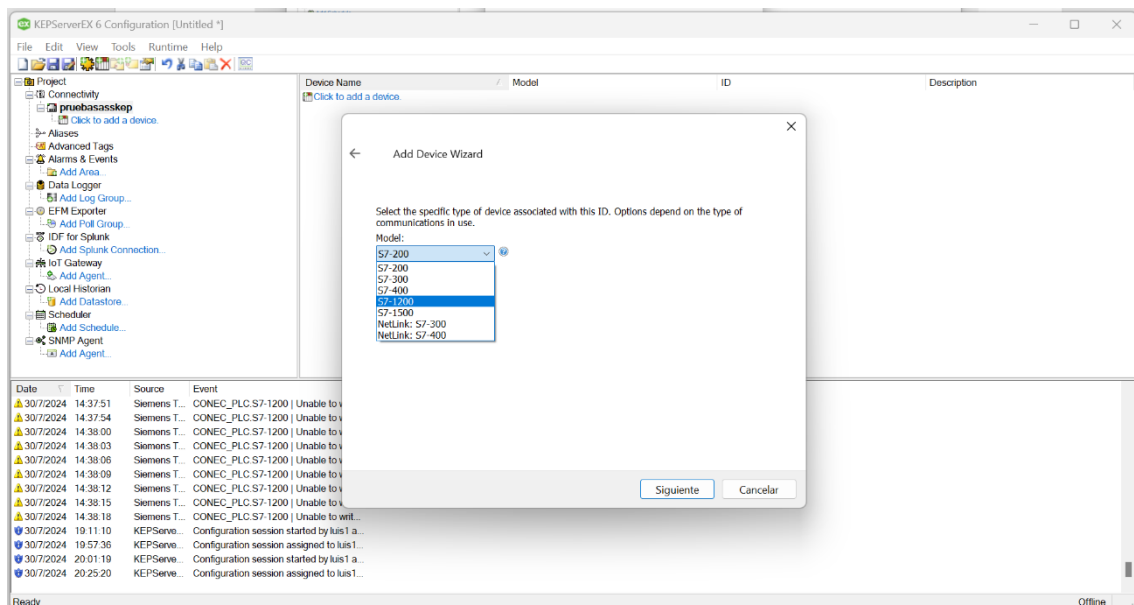
Seleccionamos el literal de Add a Device, nos pone como norma ingresar el nombre del módulo a utilizar en este caso es un S7-1200 y presionamos siguiente.



Dispositivos, Variables del proceso

2.2 Modelo estándar.

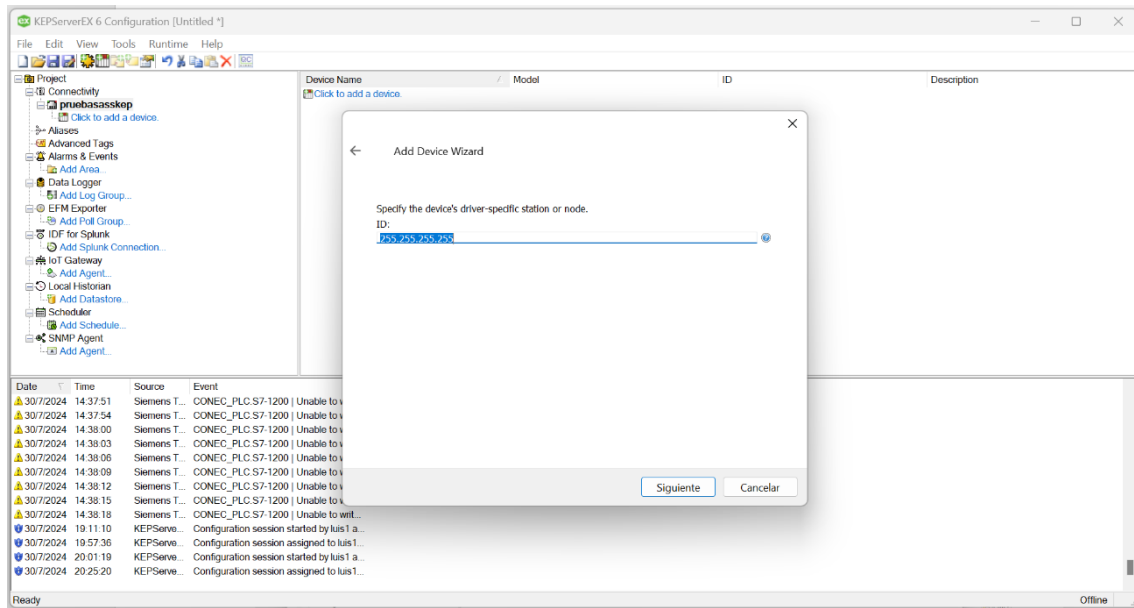
Seleccionamos el modelo predeterminado por el programa y presionamos siguiente.



Modelo estandar S7-1200.

2.3 Estacion de servior IP

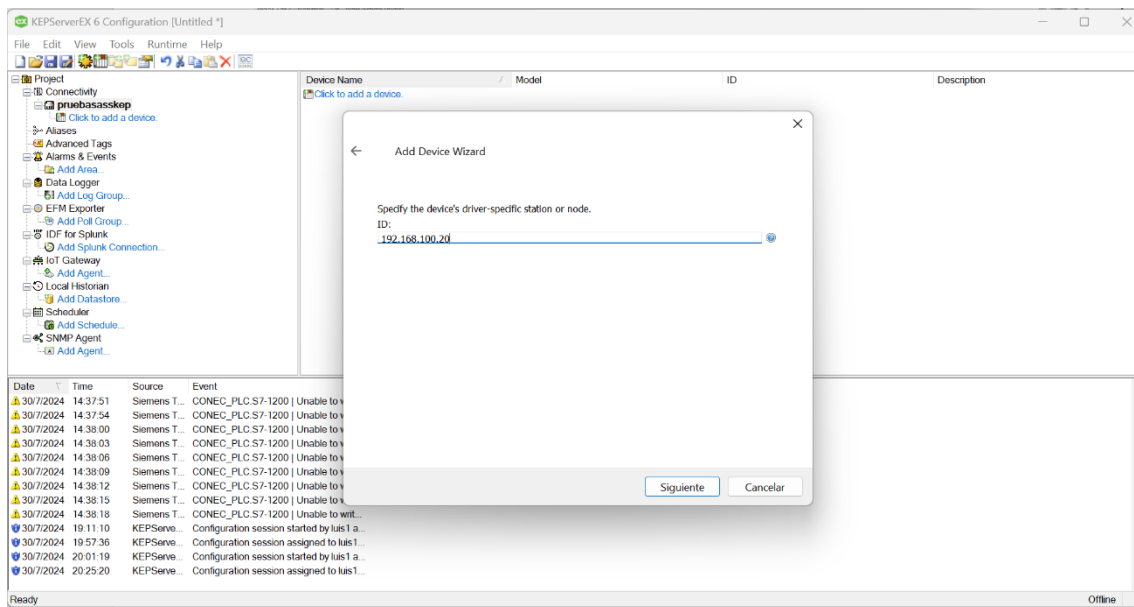
Esta estacion nos permite ingresar la direccion IP del dispositivo según nuestras necesidades.



Servidores IP

2.4 Servidor de red a trabajar.

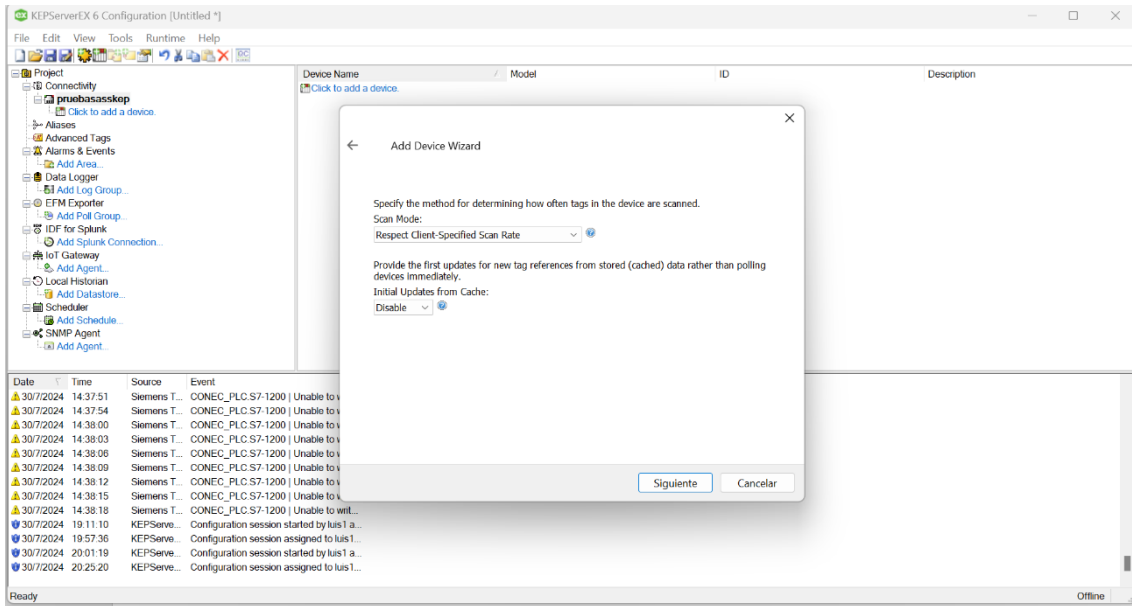
A continuación, como es en nuestro caso procederemos a ingresar el IP de nuestro PLC en el que interviene nuestro proceso así es 192.168.100.40, y procedemos a presionar siguiente.



Servidor IP de PLC

2.5 Etiquetas del Dispositivo.

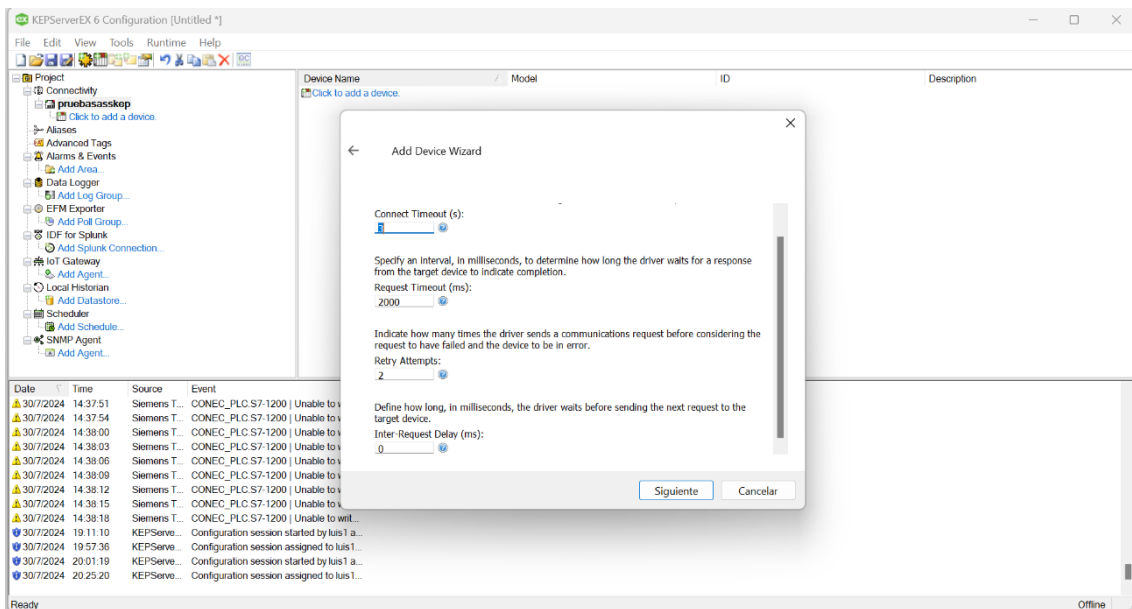
En esta pantalla se indica los parámetros que se utilizarán no editamos ningún valor solo presionamos siguiente.



Etiqueta del Dispositivo

2.6 Tiempos de interaccion

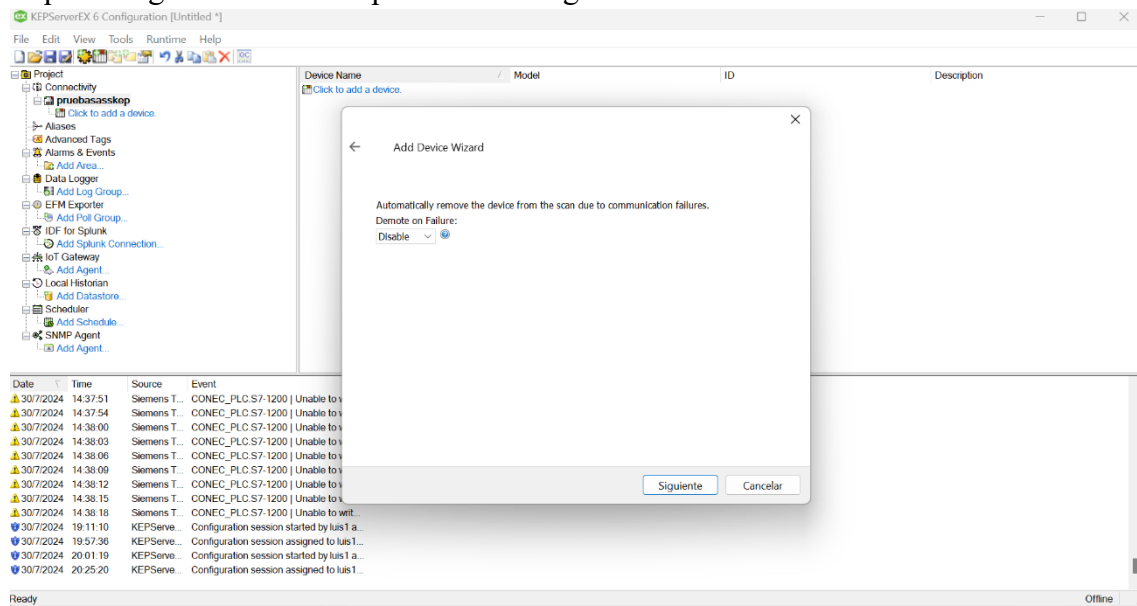
Esta selección ya es determinada por el servidor a continuación seleccionamos siguiente.



Tiempos de interacción.

2.7 Escaneo Fallas de Comunicación.

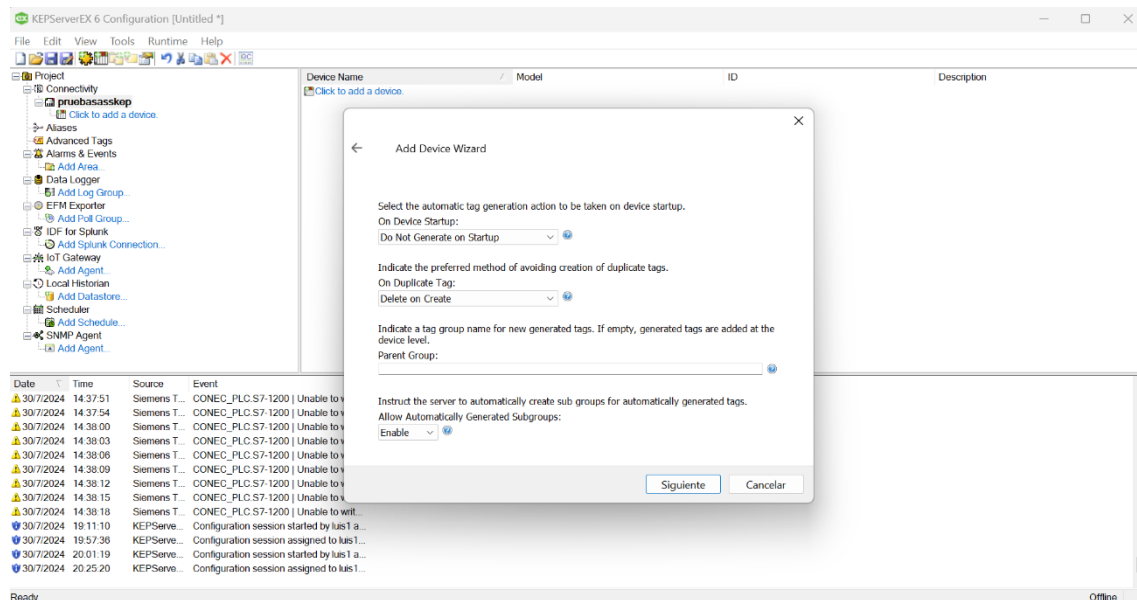
En esta parte la aplicación determina valores de fallas, este proceso es automatico no requiere ingresar datos solo presionamos siguiente.



Fallas de comunicacion

2.8 Etiquetas de inicio de dispositivo

En estas etiquetas no debemos configurar ningun parametro ya que todo se encuentra preestablecido, seleccionamos siguiente.

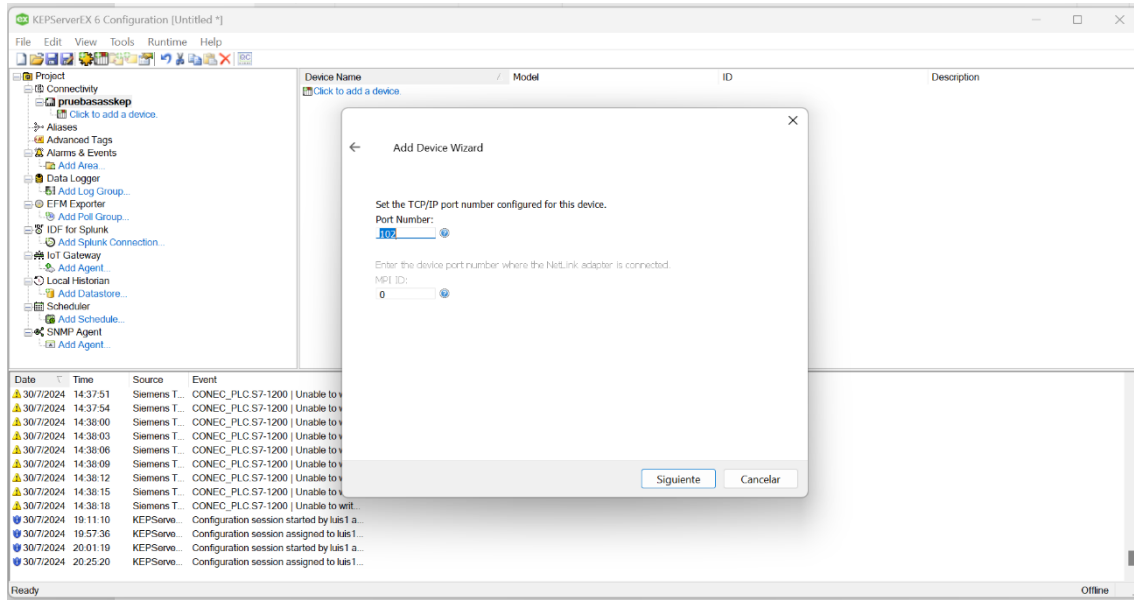


Etiquetas de Inicio

2.9 Puerto TCP/IP

En este parámetro se establece un numero de puerto para el dispositivo.

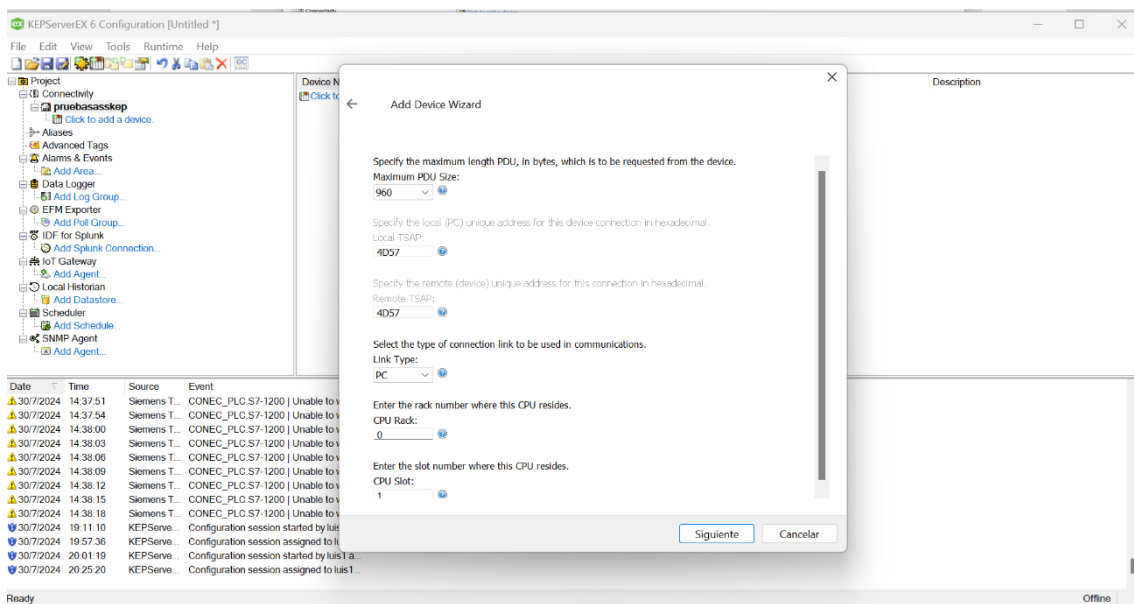
De igual manera sin agregar ningún valor seleccionamos siguiente.



Variables puerto TCP/IP

2.10 Valores Máximos del dispositivo.

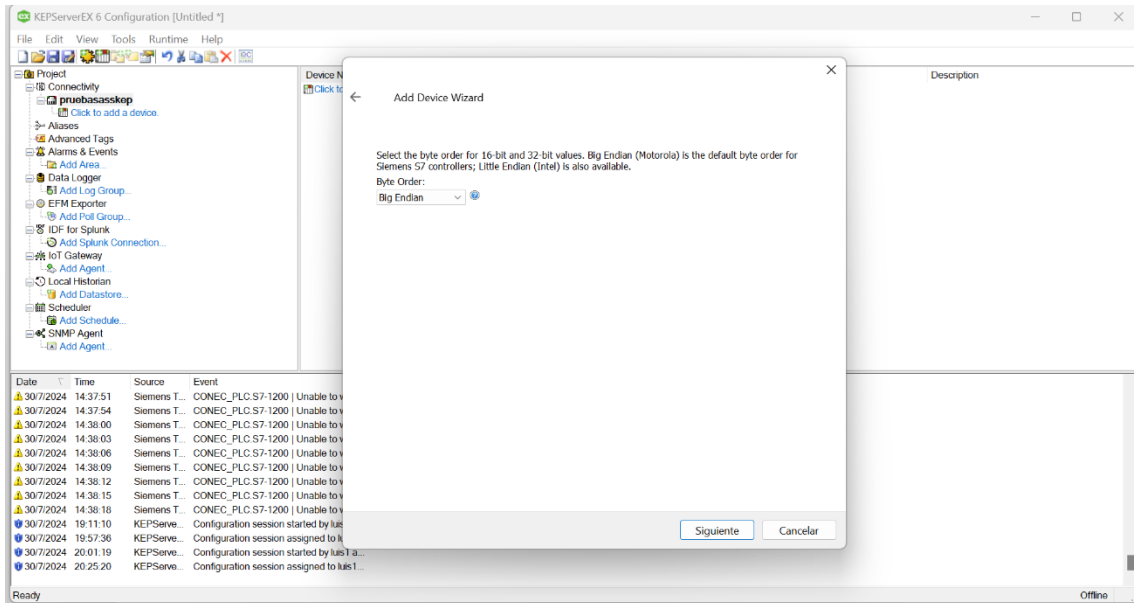
En este parámetro los valores se asignan automáticamente solo debemos presionar continuar.



Valores Máximos

2.11 Valores bit en Siemens

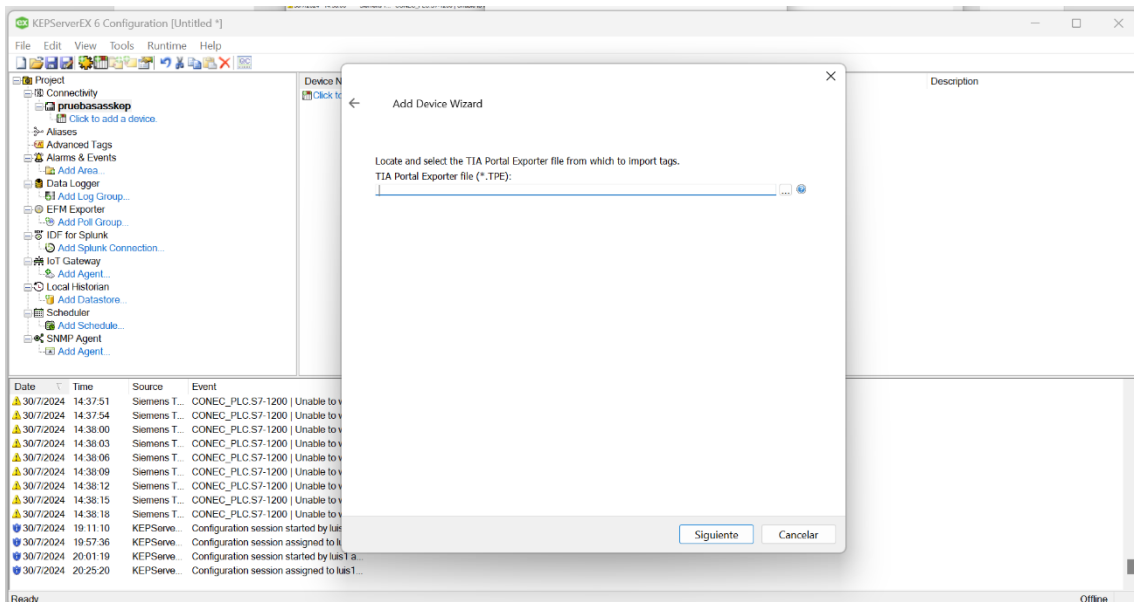
Estos valores estan predeterminados por el sistema e indican la cantidad de bits acontinuacion debemos dar clic en siguiente.



Valores Siemens Bit

2.12 Exportador del portal

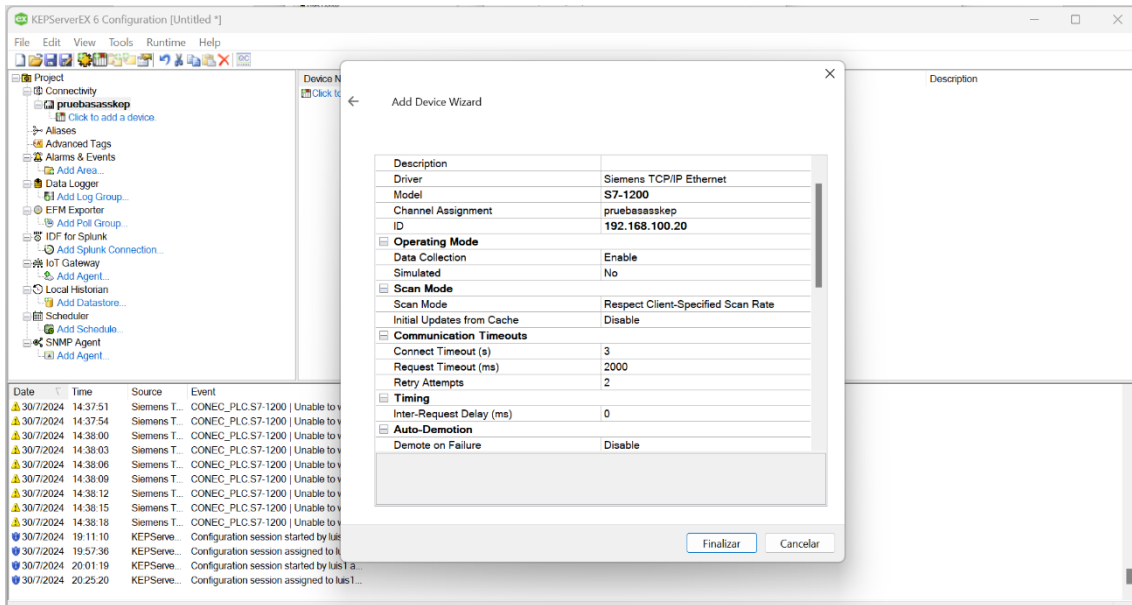
La localización del exportador se seleccionará automáticamente lo siguiente es dar clic en siguiente.



Explorador Tía Portal

2.13 Descripción servidores.

En esta parte la pantalla nos indica la descripción que se ha generado automáticamente y para concluir damos clic en finalizar.

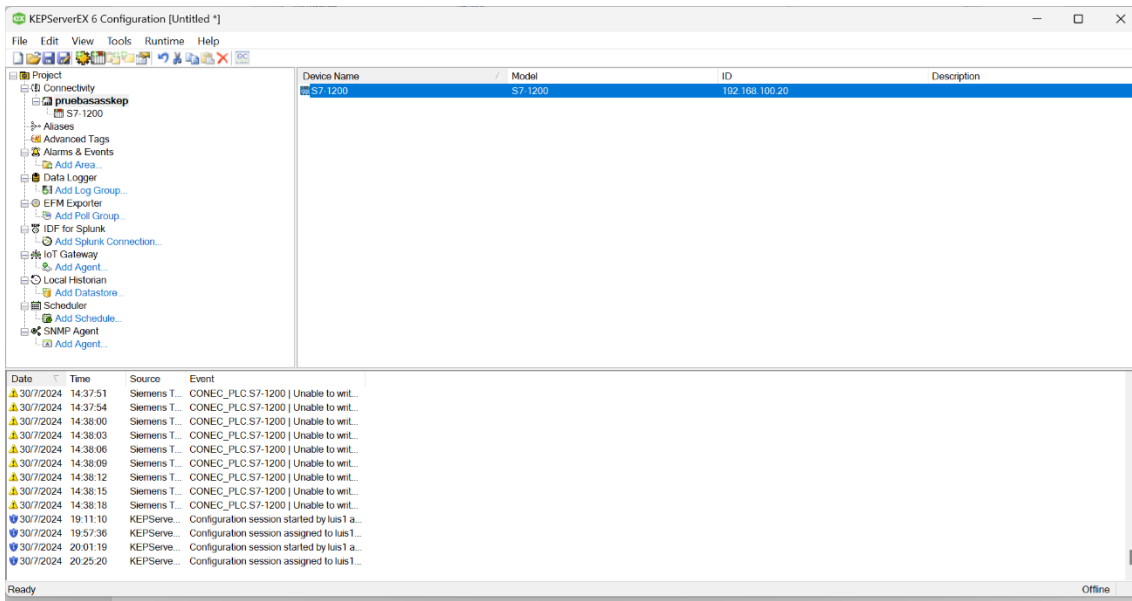


Descripción servidores

2.14 Dispositivo creado

Una vez finalizado el proceso nos creara un acceso de nuestro PLC Ya listo para usar ya agregado nuestro IP.

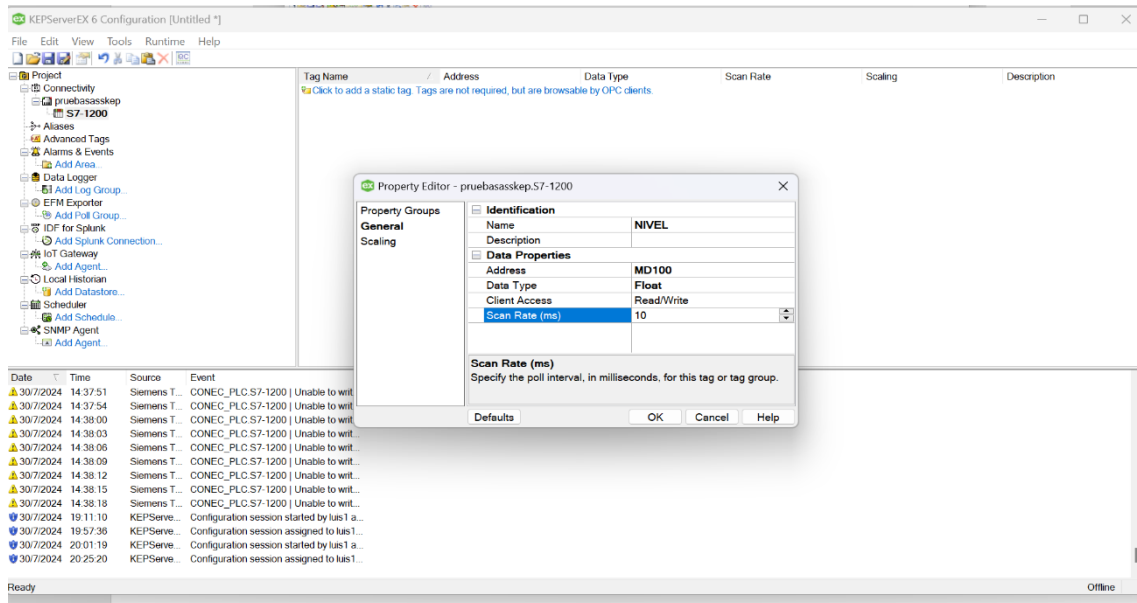
Una vez se observe la presencia de nuestro S7-1200 nos dirigimos edit seleccionamos ruler(reglas).



Dispositivo S7-1200

2.15 Marcas de variables.

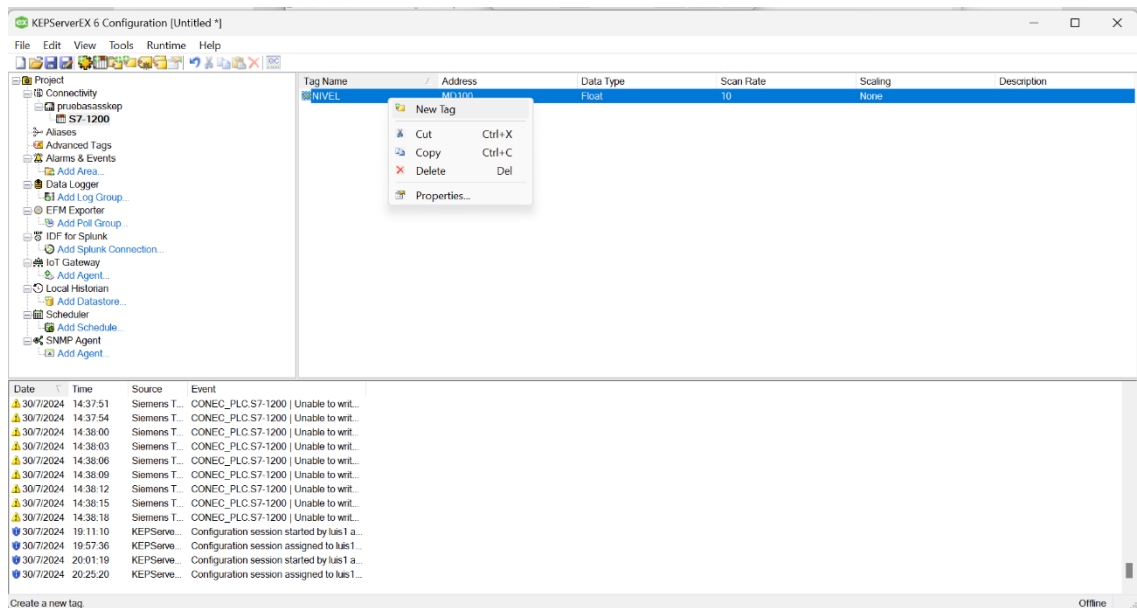
Estas marcas van a ser utilizadas para decretar el Nivel en este caso MD100, datos float, con un valor de 10.



Marca Variable Nivel

2.16 Marca de salida

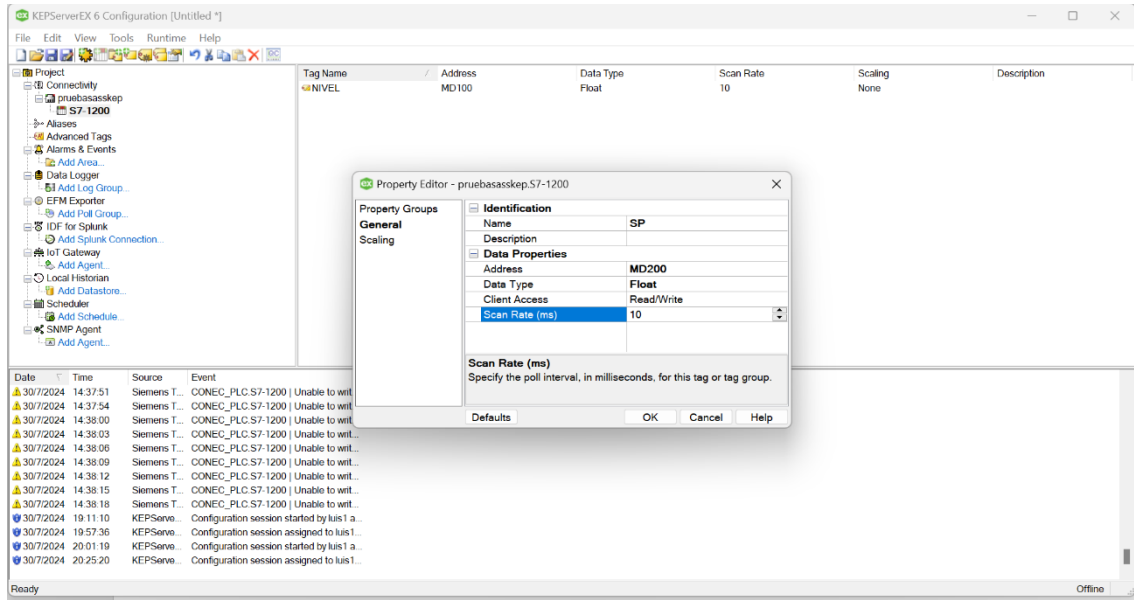
Añadimos una tag y realizamos el mismo proceso que en el nivel solo que en esta ocasión será MD300 tipo de dato float con un valor de 10.



Marca Salida MD300

2.17 Marca set point.

De igual manera como las anteriores agregamos nueva tag y seleccionamos el nombre de SP indicando que es el set point en esta ocasión va a ser agregado con MD200 con unos datos float y un valor de 10.

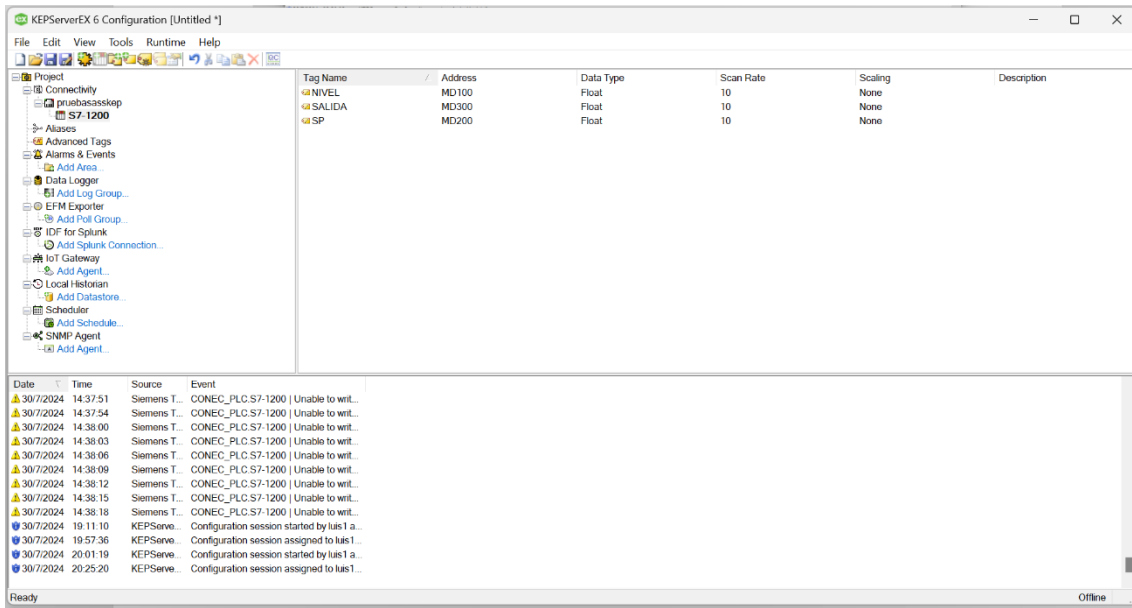


Marca Set Point MD200

2.18 Marcas de variables

Estas tres marcas nos van ayudar a identificar las variables, así como sus características propias.

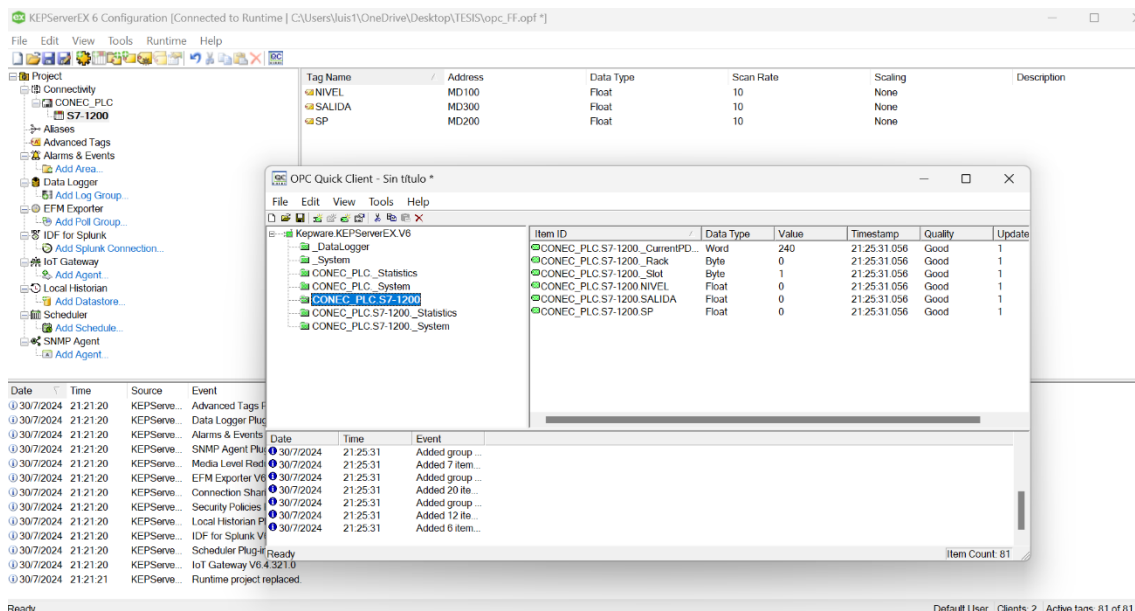
Después de comprobar las variables generamos clic en la opción de OPC que nos permitirá observar los datos del PLC.



Marcas de variables MD (100-200-300)

2.19 OPC Quick

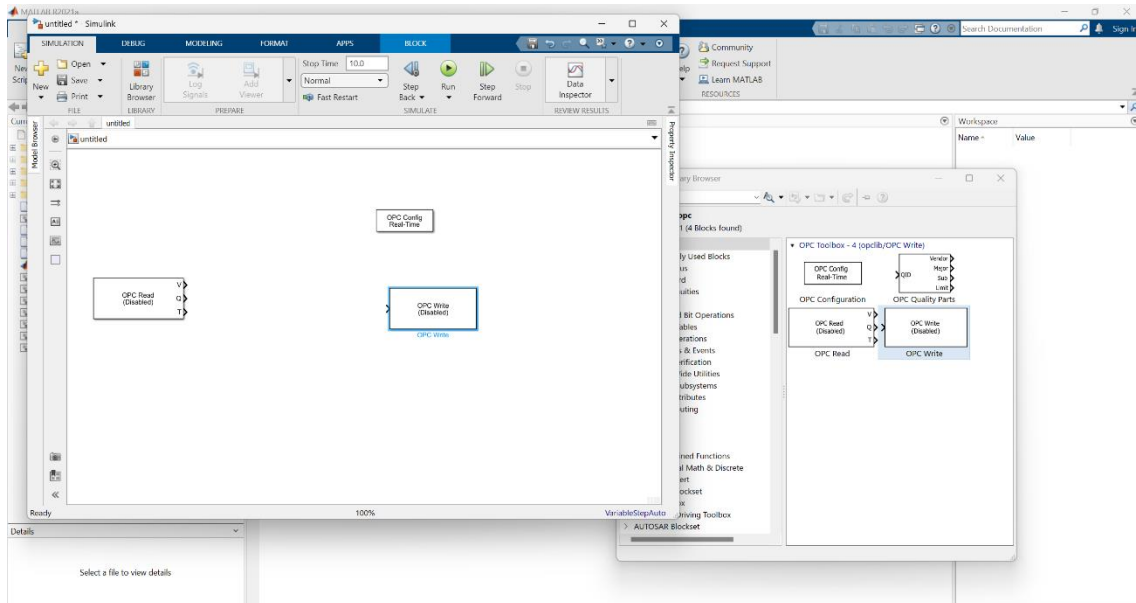
Nuestro OPC Quick nos permitirá identificar si nuestro PLC se encuentra conecta y si a su vez se encuentra enviando datos.



OPC Quick

15.3 Configuración OPC Simulink.

En estos parámetros de OPC vamos añadir las variables de control con sus respectivos instrumentos de control.

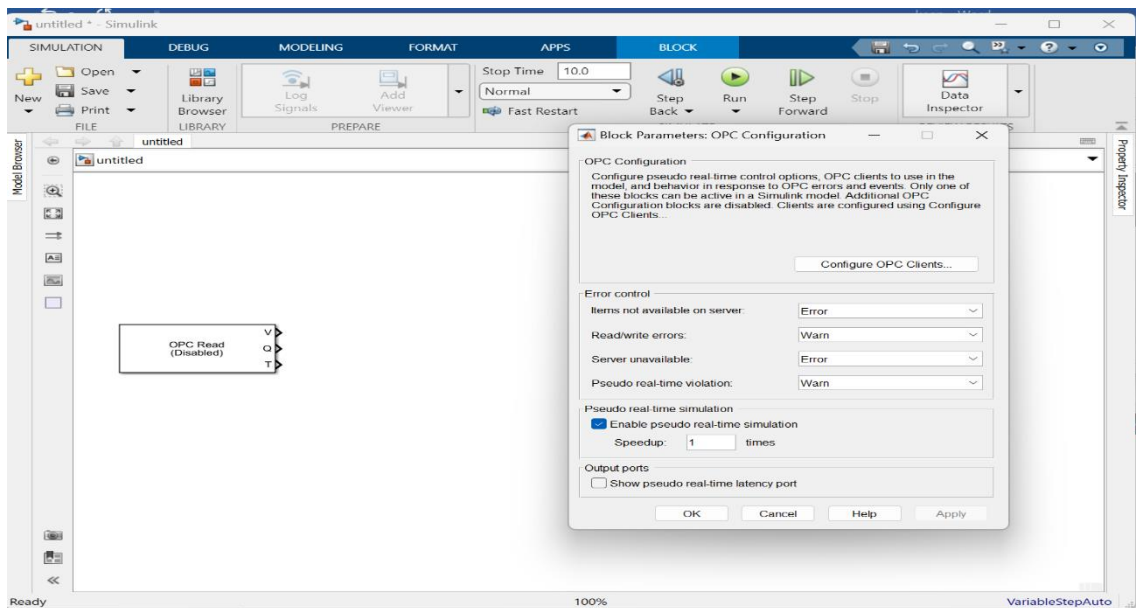


OPC Simulink

3.1 OPC Write.

Iniciamos trabajando como regla primero por nuestro OPC Write ya que es el primer lineamiento para que nuestro OPC pueda conectarse.

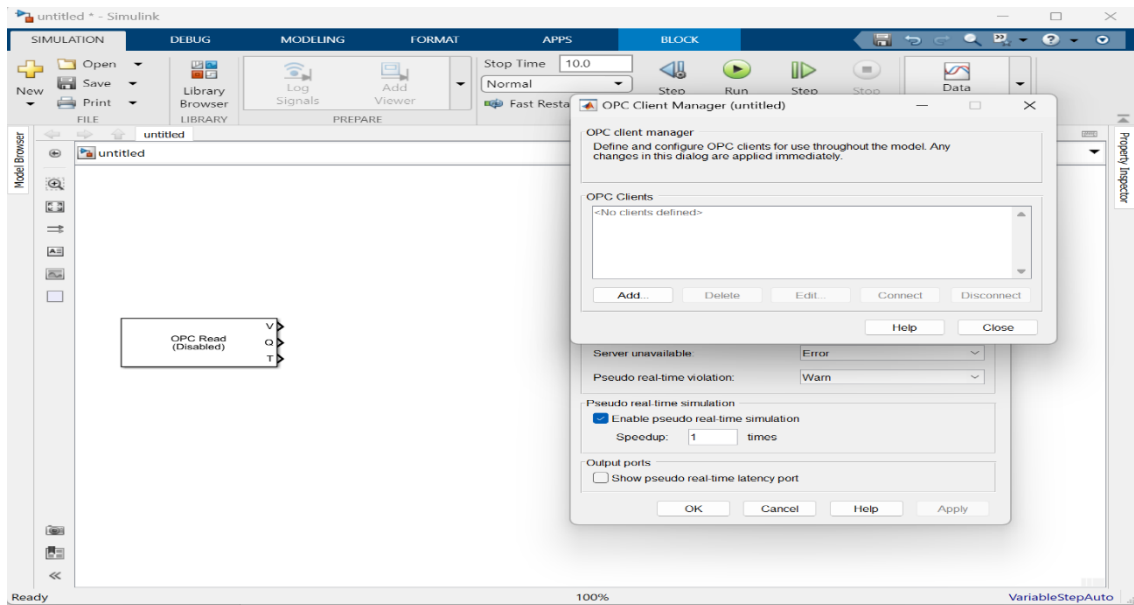
Seleccionamos la configuración del OPC y le damos clic.



OPC Write.

3.2 OPC Write Clients.

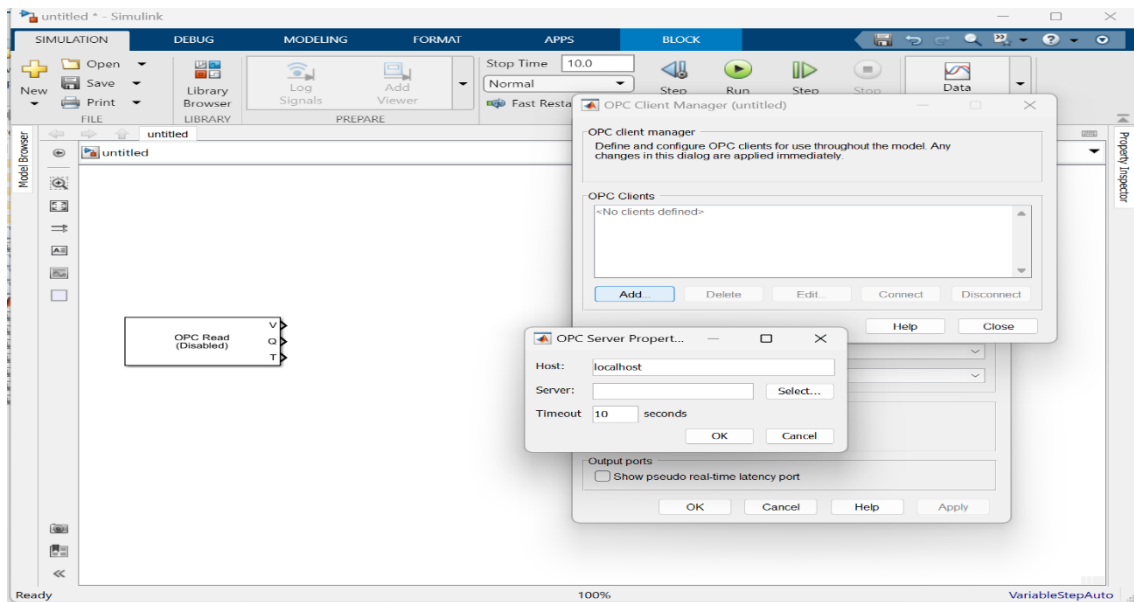
Una vez seleccionado la configuración del OPC nos aparecerá una nueva ventana, en ella podemos añadir un servidor OPC le damos clic en Add.



OPC Write Clients Add.

3.3 OPC Write Server.

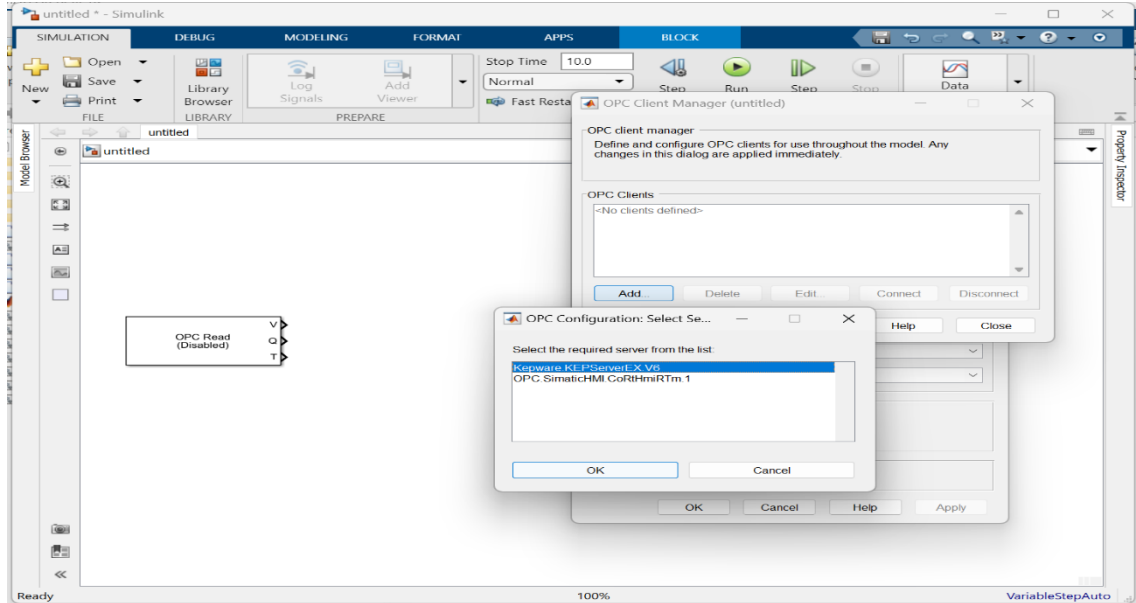
Una vez abierto la ventana nos permitira selesccionar nuestro servidor, en la parte de server presionamos en seleccionar, y nos arrojava dos parametros.



OPC Write Server.

3.4 OPC Write selección Server.

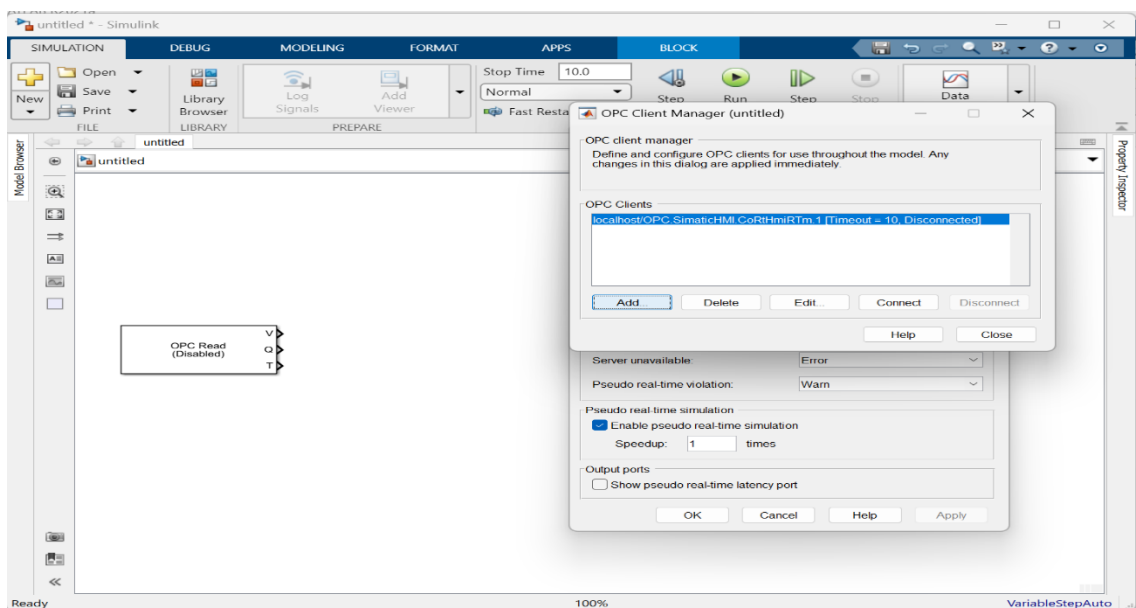
en este caso nos indican dos opciones de servidores como el servidor que nos encontramos utilizando es KEPServerEx seleccionamos nuestra primera opción y seleccionamos ok.



OPC Write selección Server

3.5 OPC Write Server

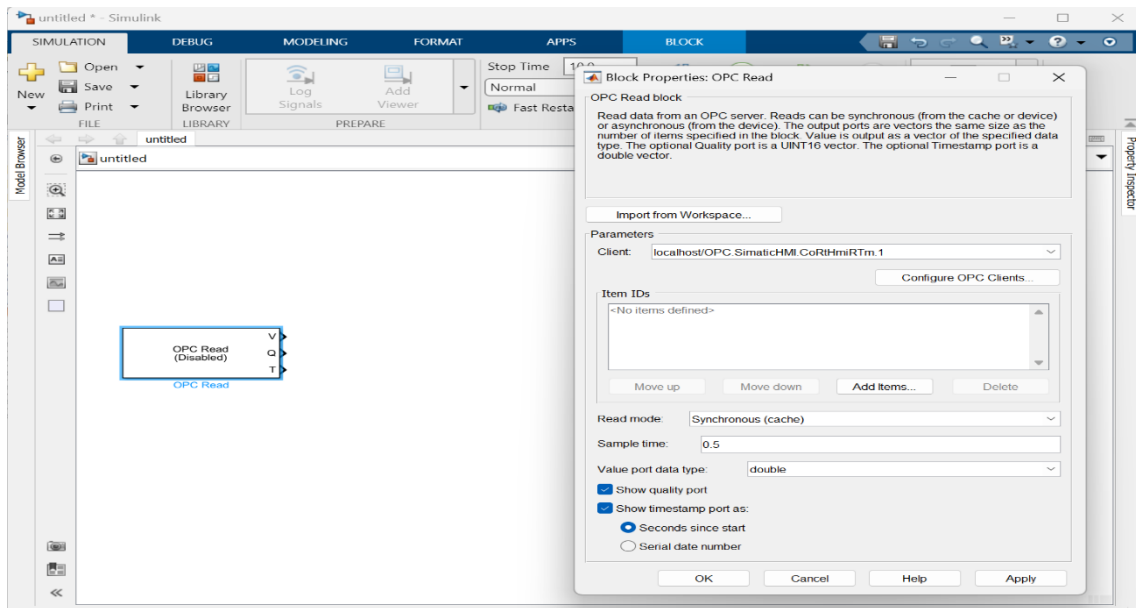
En esta parte podemos evidenciar la comunicación entre OPC y KEPServerEx y seleccionamos conectar.



OPC Write Server

3.6 OPC Read

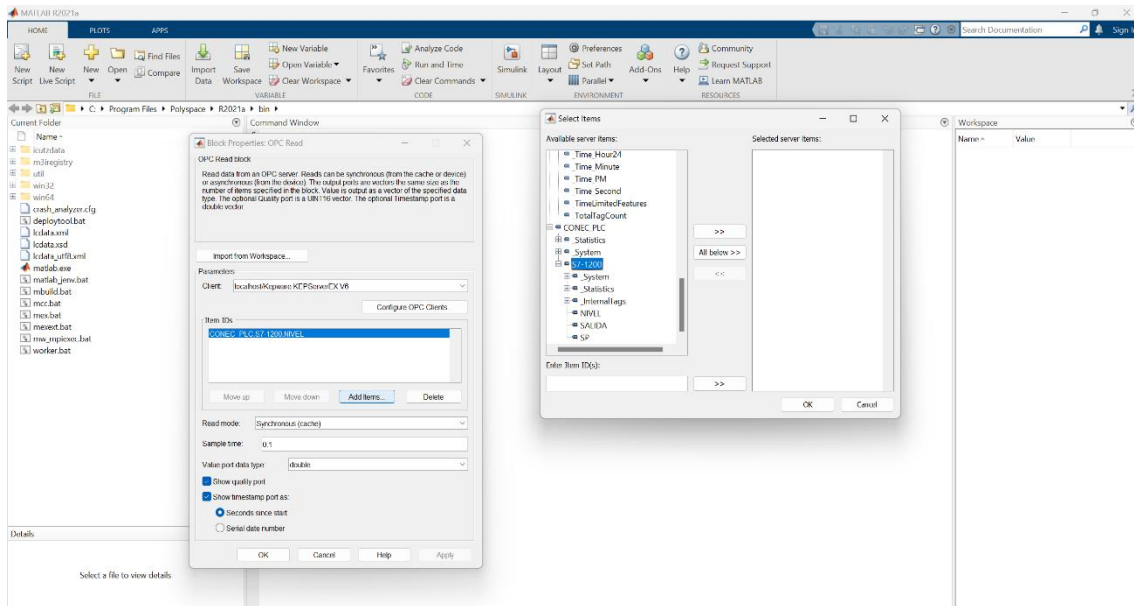
En esta parte podemos evidenciar la comunicación el cual se encarga de enviar los datos desde el cliente OPC hasta KEPServerEx y seleccionamos conectar. En esta parte el OPC Read Y generamos dando clic en ítems.



OPC Read add ítems.

3.7 OPC Read Nivel

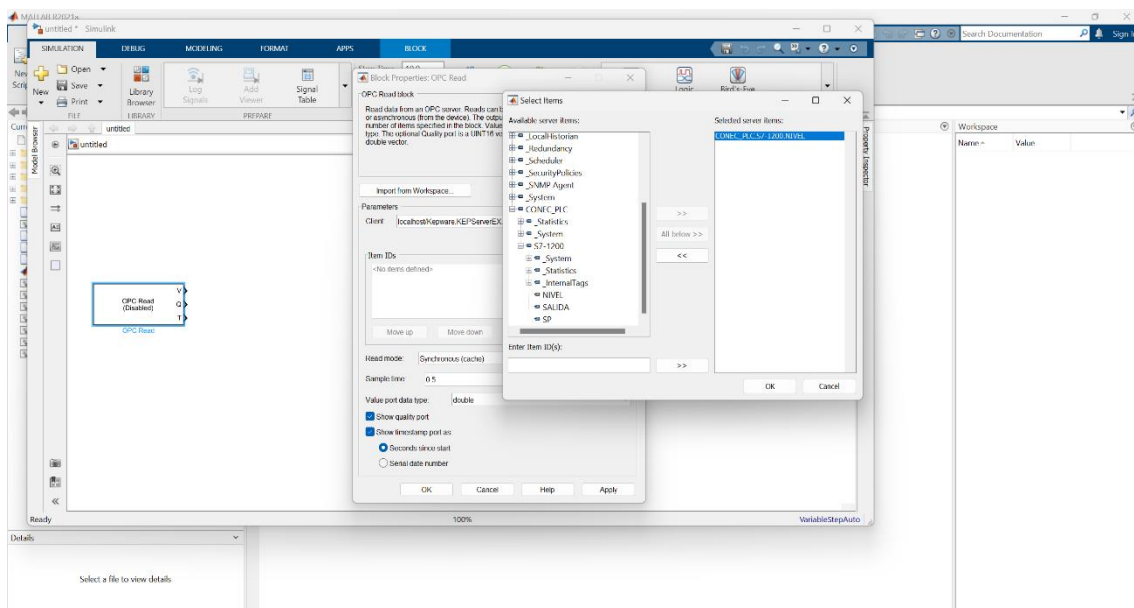
En este segmento se nos abre una ventana nueva en la que nos da muchas opciones en la cual nos vamos a desplazar hasta encontrar nuestro S7-1200, seleccionamos la variable de Nivel.



OPC Read Nivel S7-1200

3.8 OPC Read Nivel.

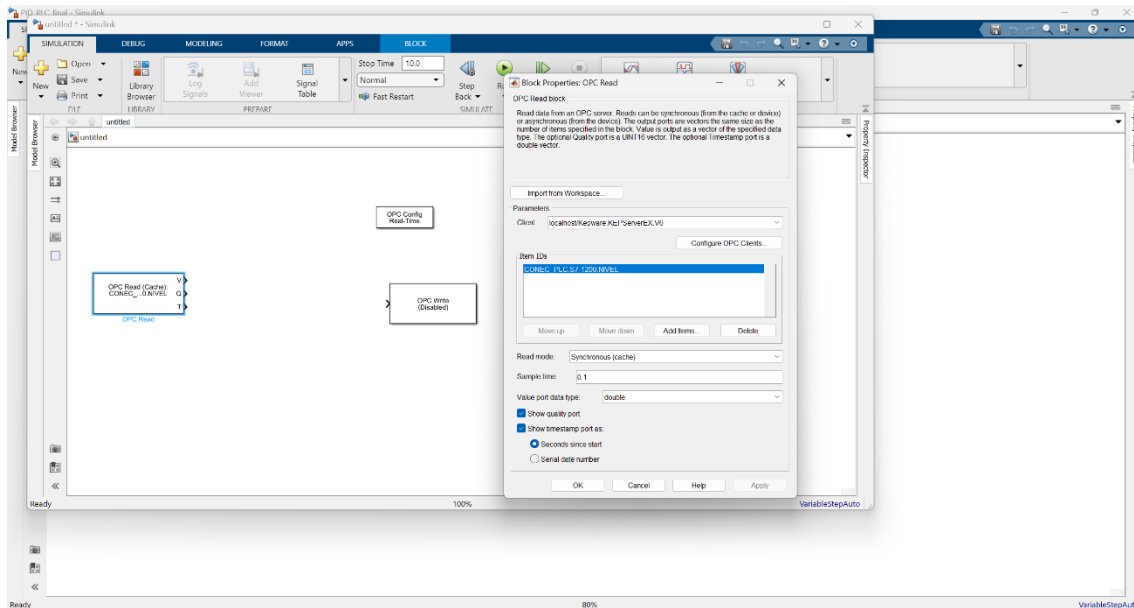
Una vez seleccionada nuestra variable S7-1200 elegimos la variable NIVEL una vez identificada damos clic en la flecha que indica al seleccionador de ítems, y terminamos en ok.



OPC Real Nivel Server Ítem.

3.9 OPC Real Nivel Ítem IDs.

Como se puede observar tenemos la conexión del control de nivel presente en nuestro Ítem IDs, es decir el OPC se encuentra conectado.



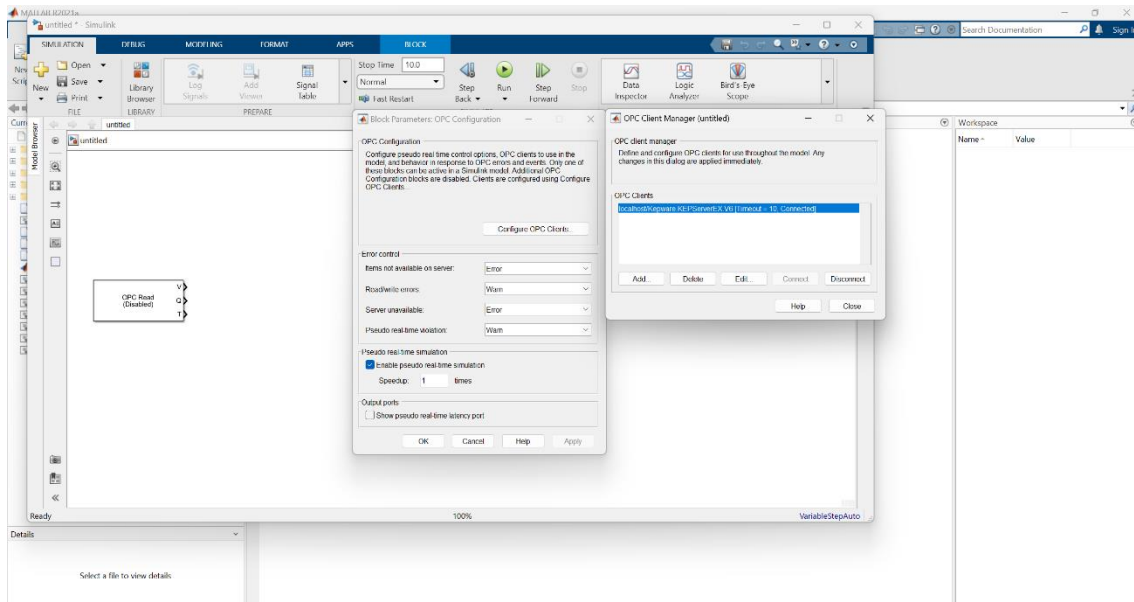
OPC Real Nivel Ítem IDs

3.10 OPC Configuration

Nuestro OPC nos permitirá configurar los datos de cliente en esta opción

3.11 OPC Configuration

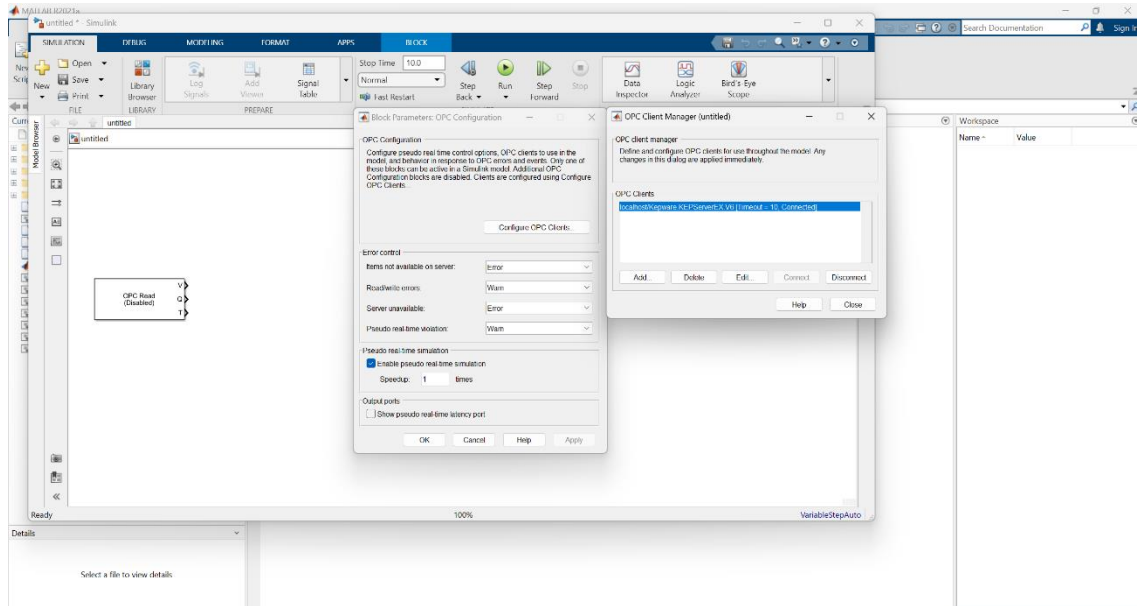
Una vez abierto el OPC, Seleccionamos en configuración del OPC Client



OPC Configuration Clients

3.12 OPC Clients KEPServerEx

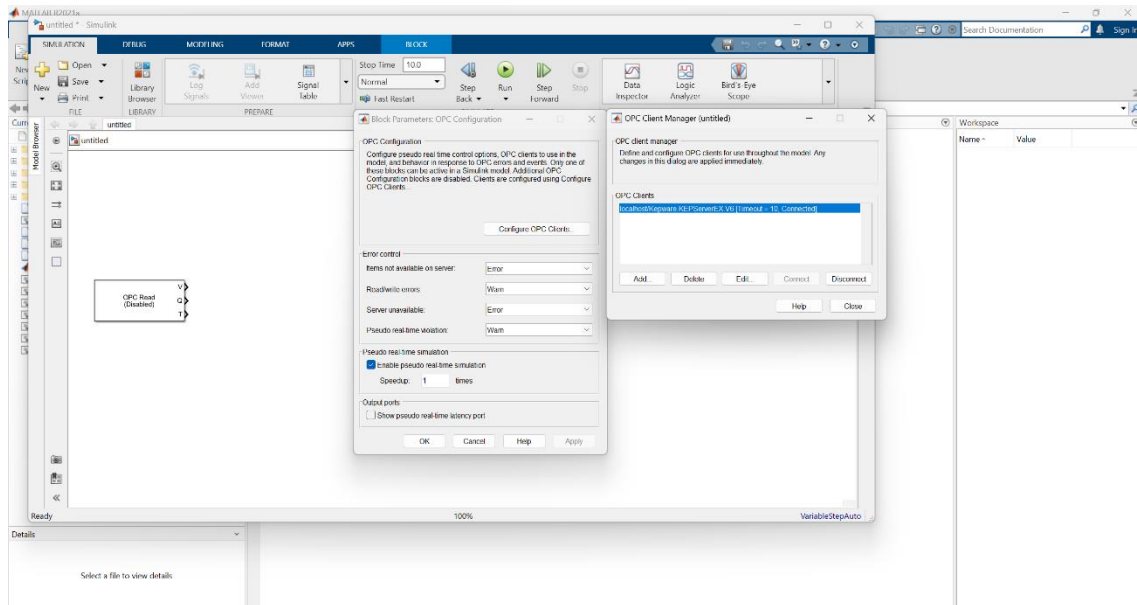
Selleccionamos Add y se nos genera una direccion del OPC configuration a contiuiacion la agregamos y presionamos close.



OPC Clients KEPServerEx

3.13 OPC Clients KEPServerEx

Como último paso clic en ok.



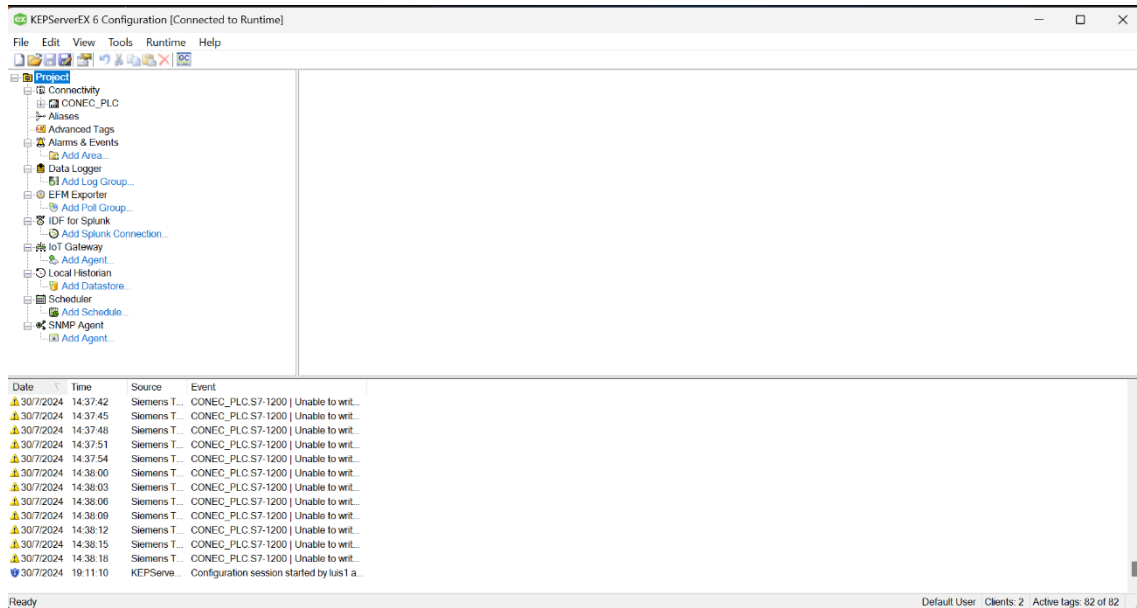
OPC Clients KEPServerEx

4 KEEPServer Coprobacion conectividad.

Mediante KEEPServer podeos confimar el estado de coneccion de cada uno de los dispositivos.

4.1 KEPServer Conectividad OPC.

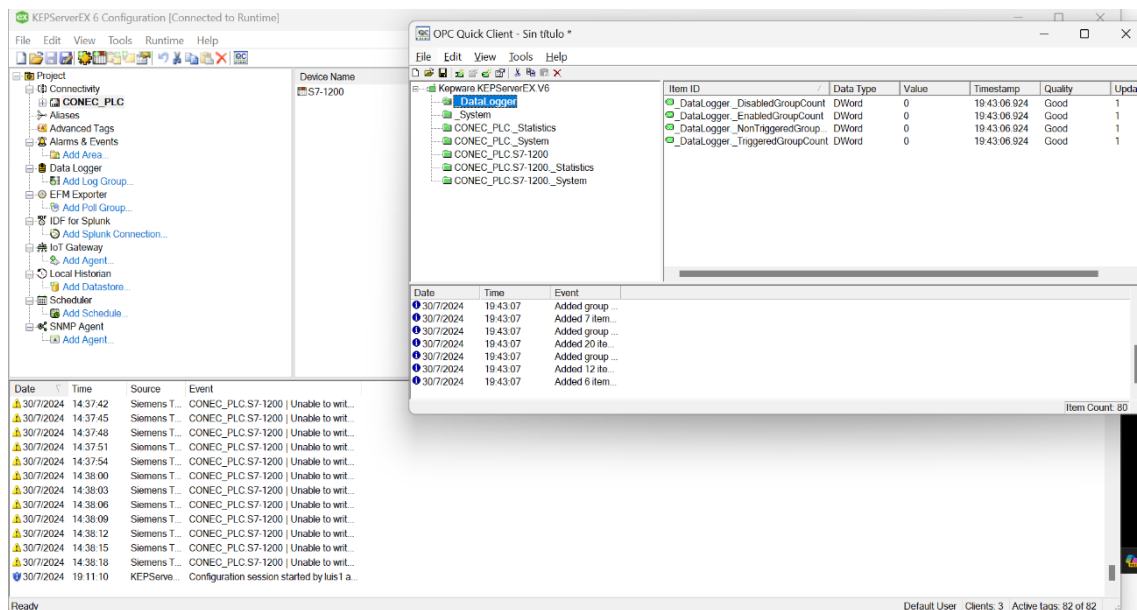
Como podemos apreciar la imagen tenemos nuestro menú en el cual vamos a darle clic en OPC.



KEPServer Conectividad OPC.

4.2 KEPServerEx Conectividad.

Como podemos observar aparece un menú en el cual debemos elegir nuestro modelo S7-1200.

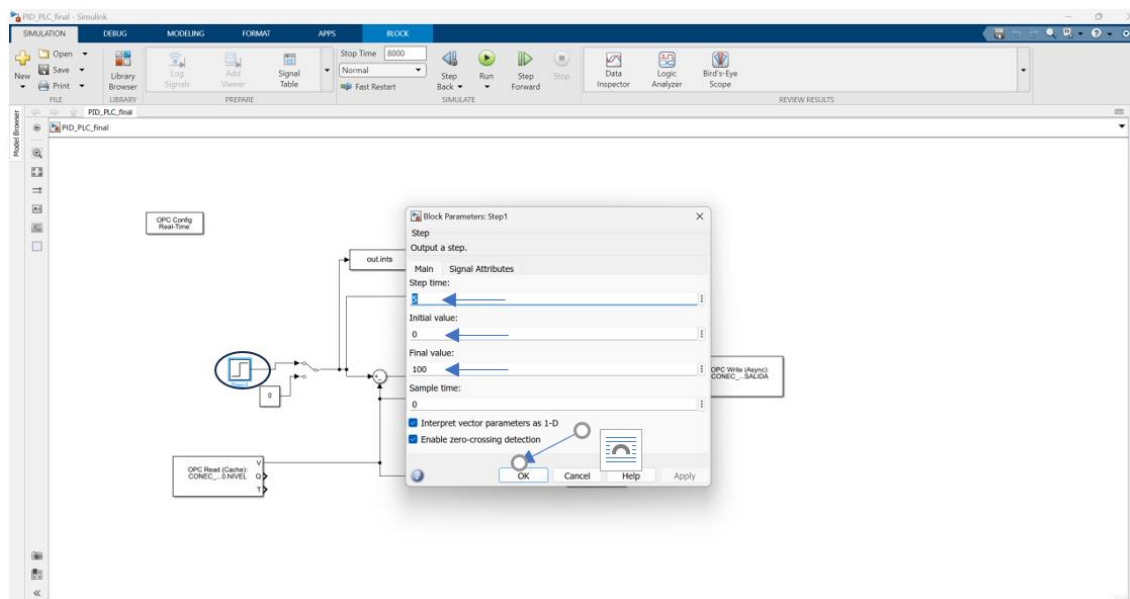


KEPServerEx Conectividad

4.3 Asignación de valores Step

En esta parte generamos valores para la configuración del diagrama.

- Damos doble clic en Step.
- Ingresar en Step time el valor de 5.
- Ingresar en initial value el valor de 0.
- Ingresar en final value el valor de 100.
- Ingresar en simple time el valor de 0.
- Clic en ok.

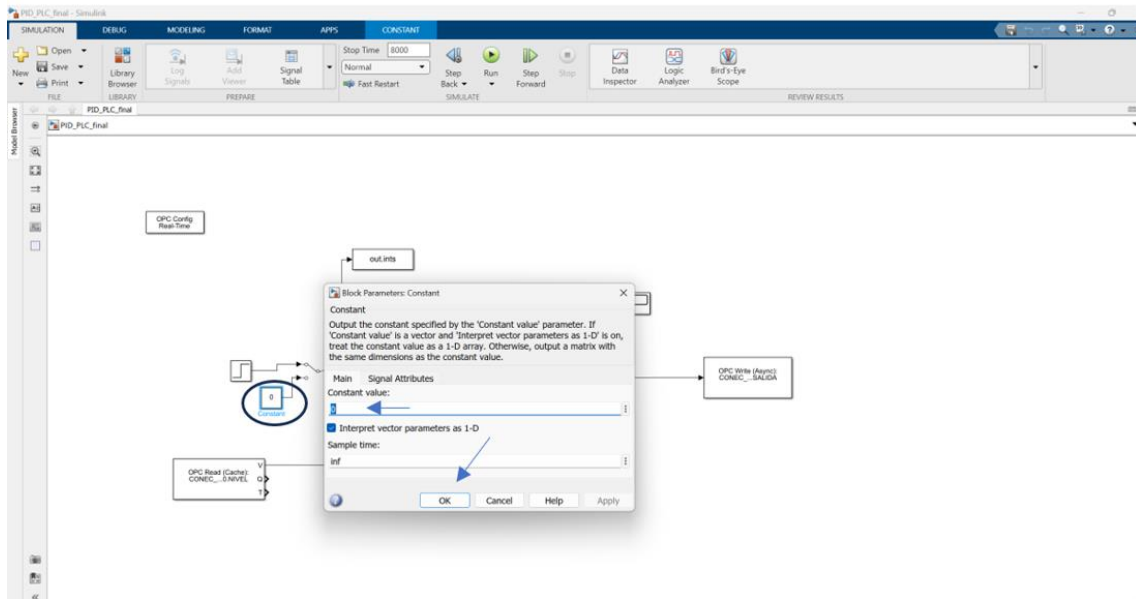


Valores Step.

4.4 Asignación de valores de constante

Agregamos el valor de la constante en los dos casos es 0 para lograr que el nivel de tanque baje y poder evidenciar las señales del proceso a través del osciloscopio.

- Clic en la constante.
- Ingresar en constant value el valor de 0.
- Clic en ok.

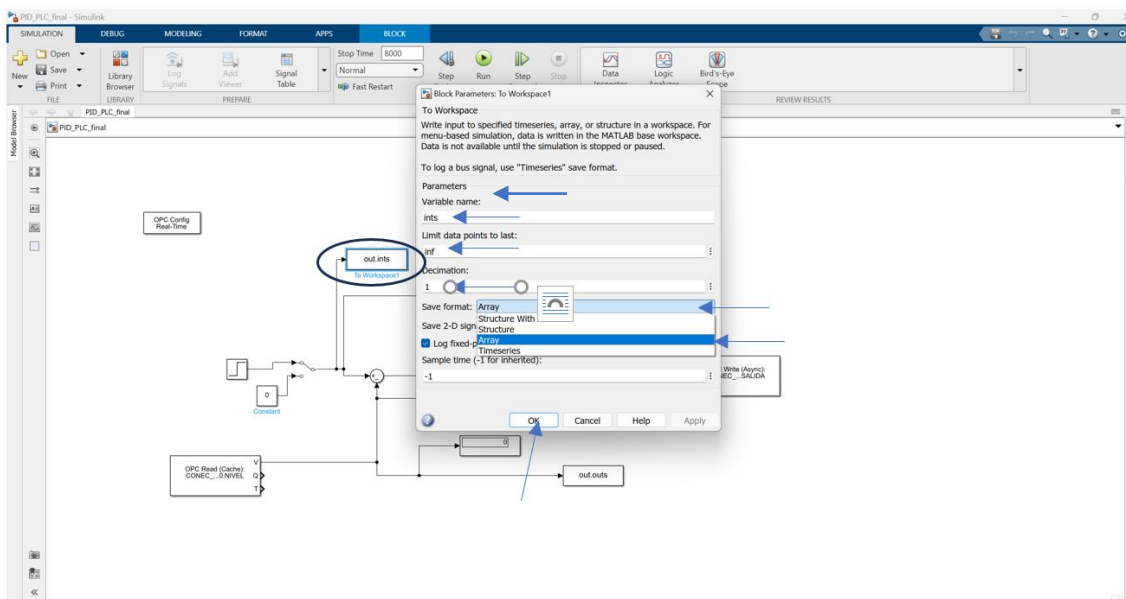


Valor Constante

4.5 Parámetros Workspace.

En este parámetro se determinará la entrada para nuestro lenguaje PID, así como el área donde se almacenarán las variables y datos.

- Clic en Workspace.
- Cambiamos el nombre por (inst).
- Clic en Save Format.
- Seleccionamos el comando Array.
- Clic en ok.

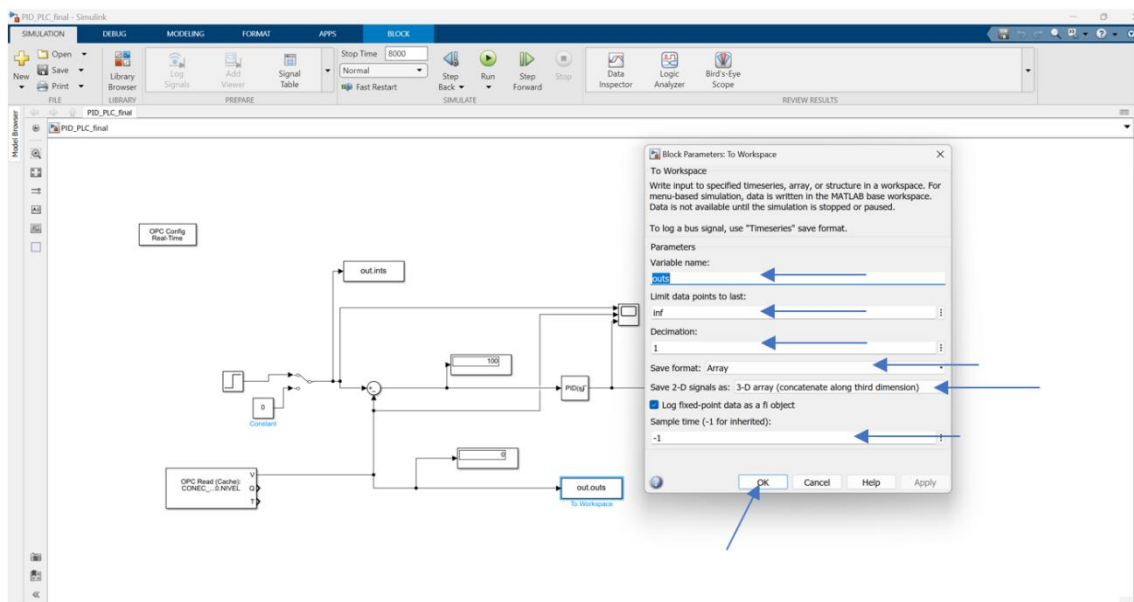


Parámetros Workspace1.

4.6 Parámetros workspace2.

En este parámetro se determinará la entrada para nuestro lenguaje PID, así como el área donde se almacenarán las variables y datos.

- Clic en workspace2.
- Cambiamos el nombre por (outs).
- Clic en Save Format.
- Seleccionamos Array.
- Clic en ok.



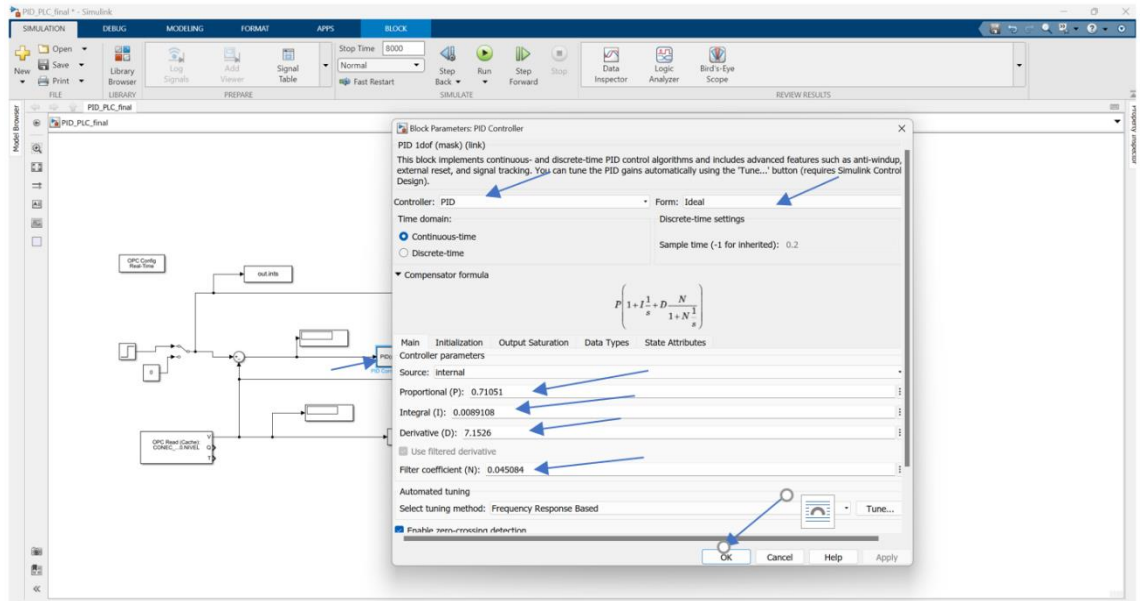
Parámetros Workspace2

4.7 Parámetros PID

Los parámetros del PID son fundamentales para el diseño, ajustes de controladores PID utilizados en sistema de control automático.

- Clic en PID
- Seleccionamos en Controller (PID).
- Seleccionamos en Form (ideal).
- En la variable proporcional agregamos un valor 2.2
- En la variable integral agregamos el valor de 0.001

Clic en o



Parámetros PID.

ANEXO 5 MODULO DAQ

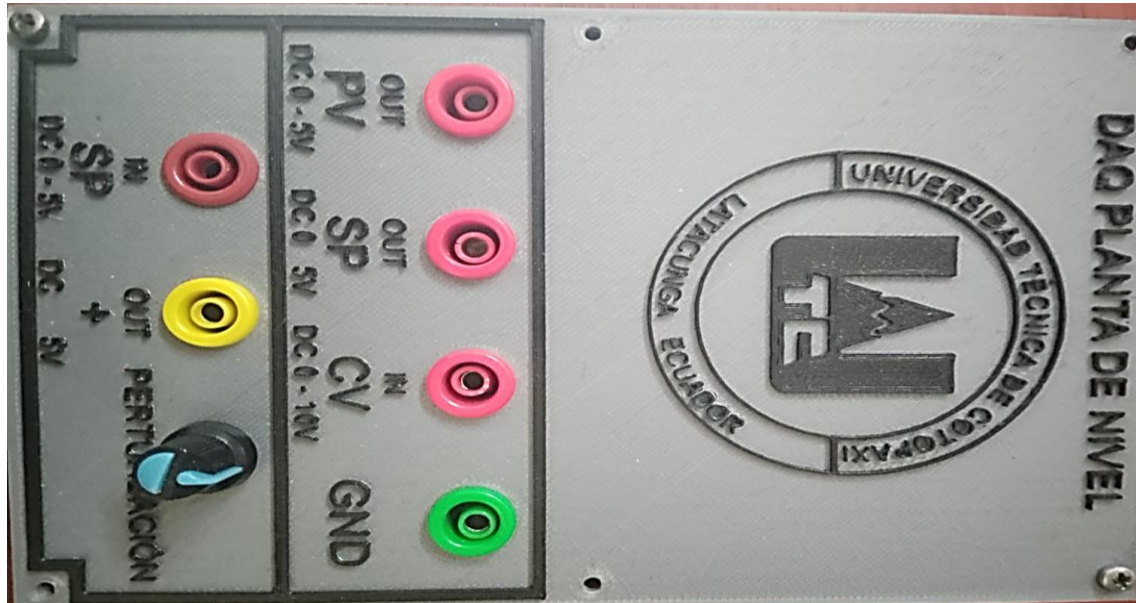
1 Modulo DAQ.....	118
1.1 Rangos	118
1.2 DAQ	119
1.2.1 Entorno virtual Unity.....	119
1.2.2 Puertos Utilizados.....	120
1.2.3 Enlace con el entorno virtual.....	120
1.2.4 Comprobación de valor CV	121
1.2.5 Valor emitido por el modulo	122
1.2.6 Entorno virtual galpón.....	123
1.2.7 Valor medio DAQ.....	123
1.2.8 Entradas y Salidas entorno virtual.....	124
1.2.9 Entorno módulo DAQ al PLC.....	124
1.2.10 Cableado entradas y salidas.....	125
1.2.11 Conexión DAQ con PV	125
1.2.12 Conexión DAQ con SP.....	126
1.2.13 SALIDA PLC con cv.....	126
16.	
Figura 1. parámetros de proceso	118
Figura 2. Rangos de Valor máximo de válvula.....	119
Figura 3. Entorno virtual UNITI	120
Figura 4. Lugar de ubicación inicio de puerto adjunto.....	120
Figura 5. Entorno virtual UNITI proceso	121
Figura 6. Módulo de control de salidas y entradas implementadas.....	122
Figura 7. Valor de variable de control con la salida	123
Figura 8. Escenario de control.....	123
Figura 9. Valores de medición GND DAQ.....	124
Figura 10. Entradas y Salidas entorno virtual	124
Figura 11. Entorno módulo DAQ al PLC	125
Figura 12. Cableado entradas y salidas	125
Figura 13. Conexión DAQ con PV.....	126
Figura 14. Conexión DAQ con SP	126
Figura 15. SALIDA PLC con cv	127

17.

18.1 Modulo DAQ

El siguiente modulo está diseñado para poder visualizar un sistema de control de nivel, así como procesar las señales emitidas por las diferentes variables de control que intervienen en el proceso de nivel.

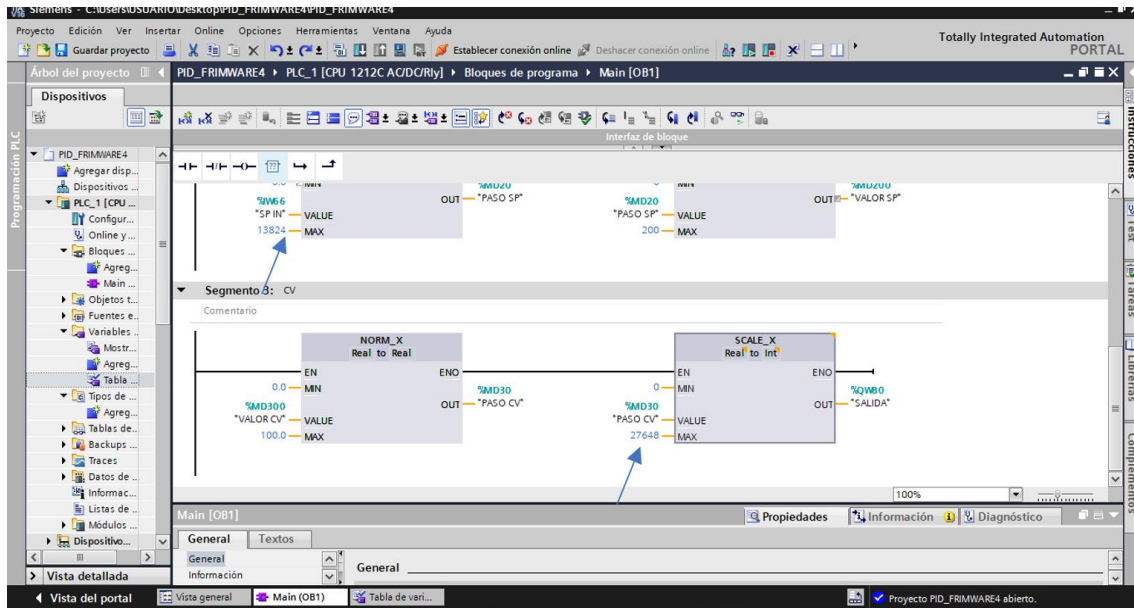
El valor para escalar va a ser el MD30, el rango de valores en los que va a trabajar son de 0 a 10V según esta en el Modulo DAQ.



parámetros de proceso

1.1 Rangos

Así el rango de valores va a ser de 0 a 27648 recordando lo que equivale 10v.



Rangos de Valor máximo de válvula

1.2 DAQ

CONEXIÓN

Para realizar la conexión correcta de la practica primero conectamos el módulo DAQ a la computadora en donde va a estar corriendo la simulación, en este caso la aplicación del galpón.

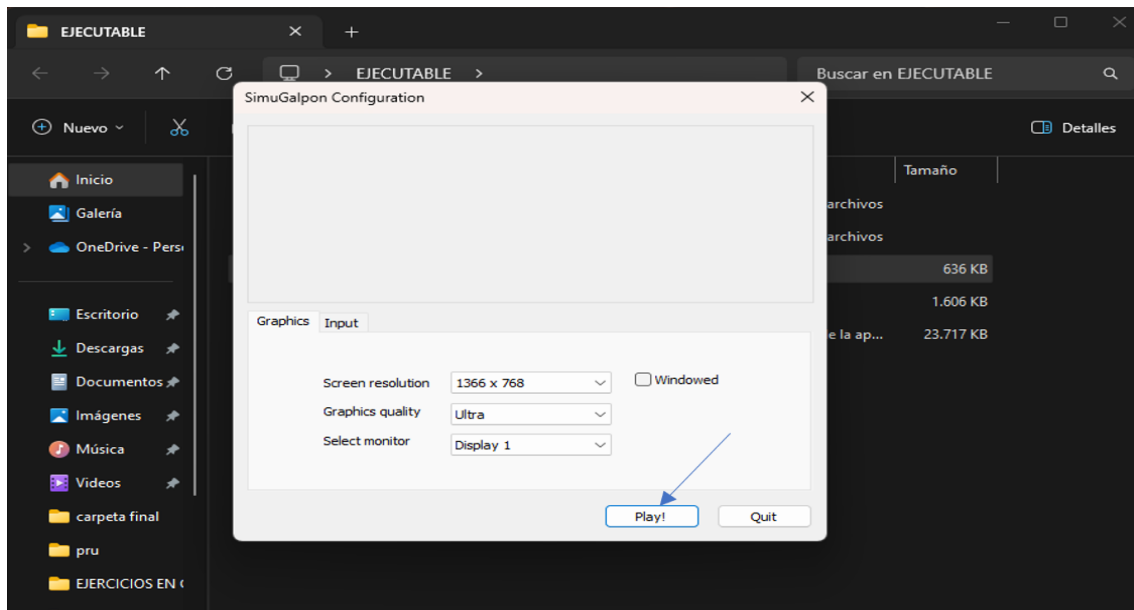
La aplicación de Galpón va a estar en un archivo de drive en forma comprimida, el cual vamos a tener que descargar.

Al descargar el archivo de la aplicación de unity vamos a tener que mandar a correr el archivo que dice SimuGalpon y empezamos a realizar las simulaciones basadas en interconexión entre Matlab y nuestro programa virtual

1.2.1 Entorno virtual Unity

El entorno ha sido creado anteriormente he implementada en nuestra tesis.

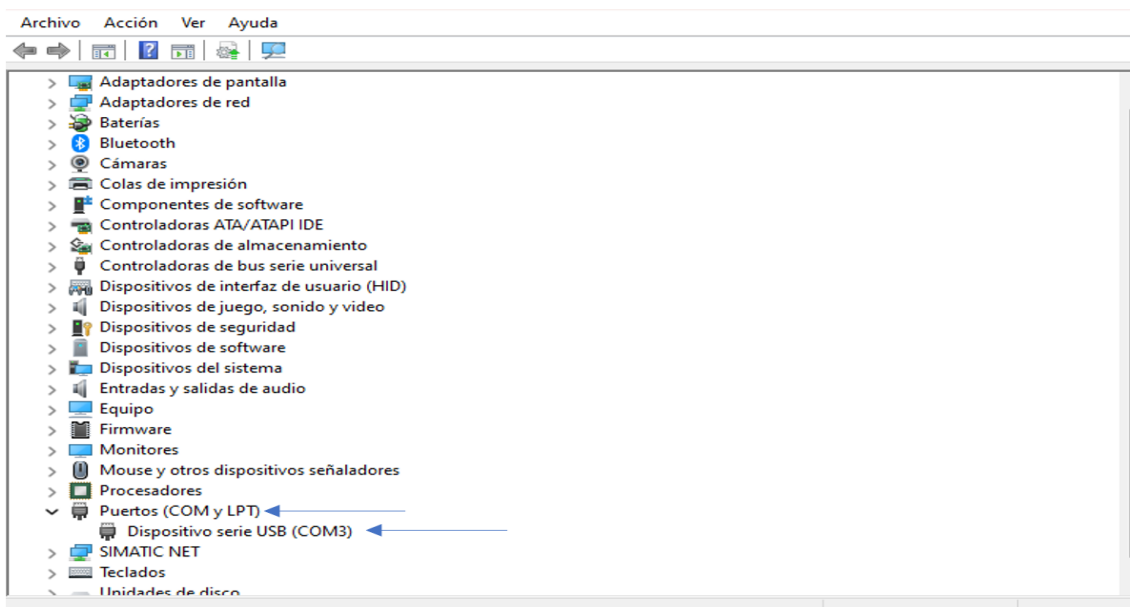
Seleccionaremos la opción play en la ventana de la aplicación.



Entorno virtual UNITI

1.2.2 Puertos Utilizados

Escogemos la resolución en la que vamos a trabajar. Luego de ello escogemos el puerto en el que está conectado el módulo DAQ eso lo revisamos en el administrador de dispositivos.



Lugar de ubicación inicio de puerto adjunto

1.2.3 Enlace con el entorno virtual

Como podemos observar el dispositivo está conectado en COM3, esto lo colocamos en la aplicación para poder ejecutar.

Y seleccionamos la opción de proceso en donde vamos a interactuar con la interfaz gráfica y el módulo DAQ.

Ingresamos nuestra variable (COM3).

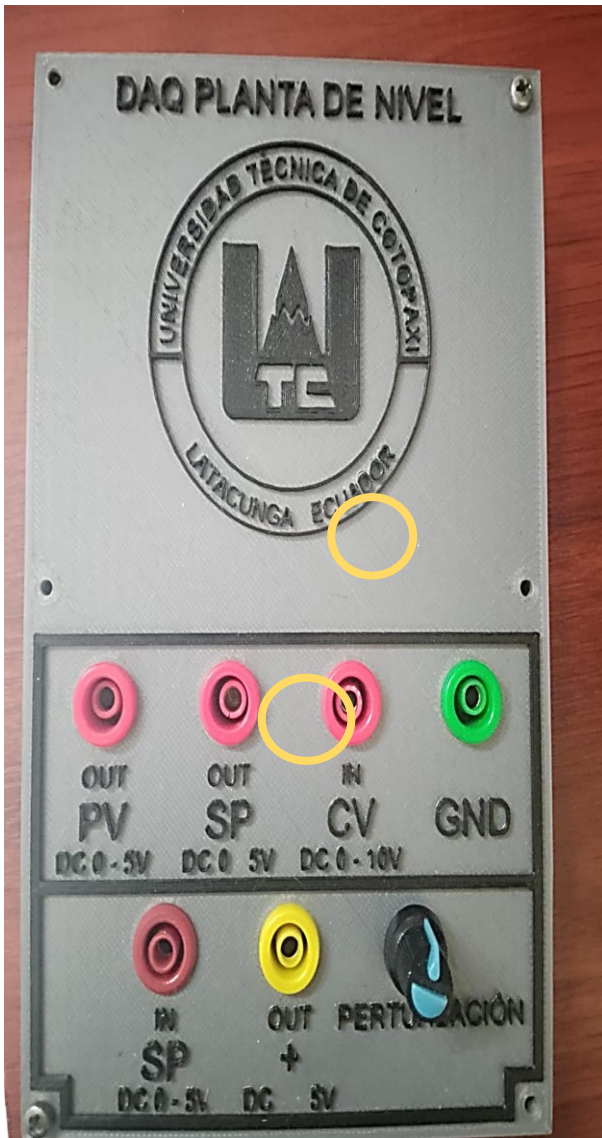


Entorno virtual UNITI proceso

1.2.4 Comprobación de valor CV

Vamos a realizar unas pruebas para comprobar que el modulo está en un correcto funcionamiento, por defecto el Arduino nos genera 5v los cuales vamos a ingresar en la variable de control.

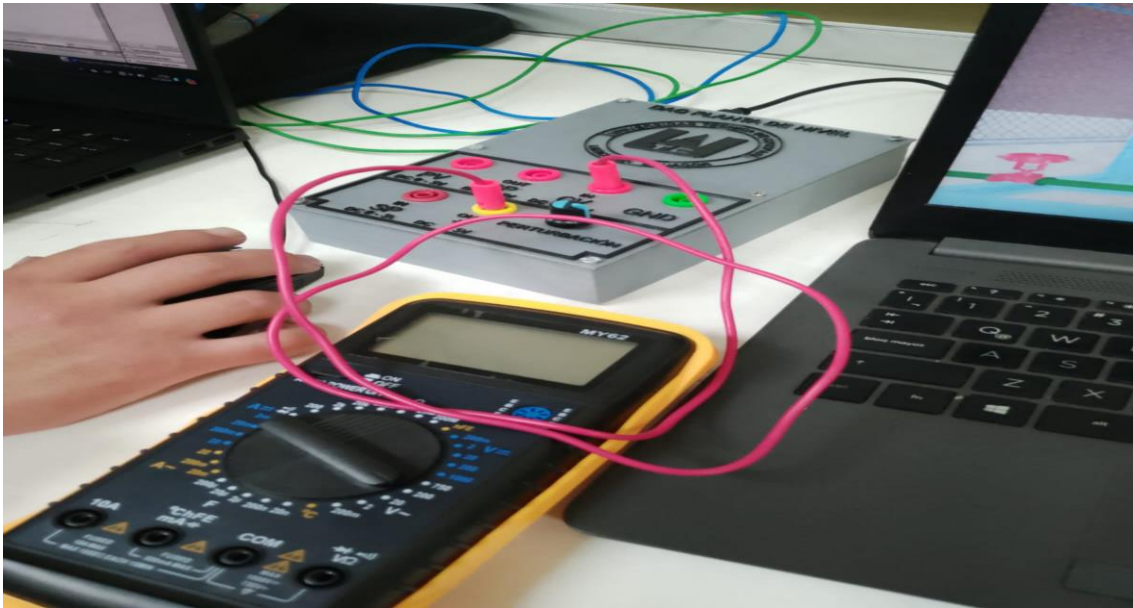
Obtenemos el valor de salida del control de variable con la salida



Módulo de control de salidas y entradas implementadas

1.2.5 Valor emitido por el modulo

Verificamos los valores de iteración en el dispositivo



Valor de variable de control con la salida

1.2.6 Entorno virtual galpón

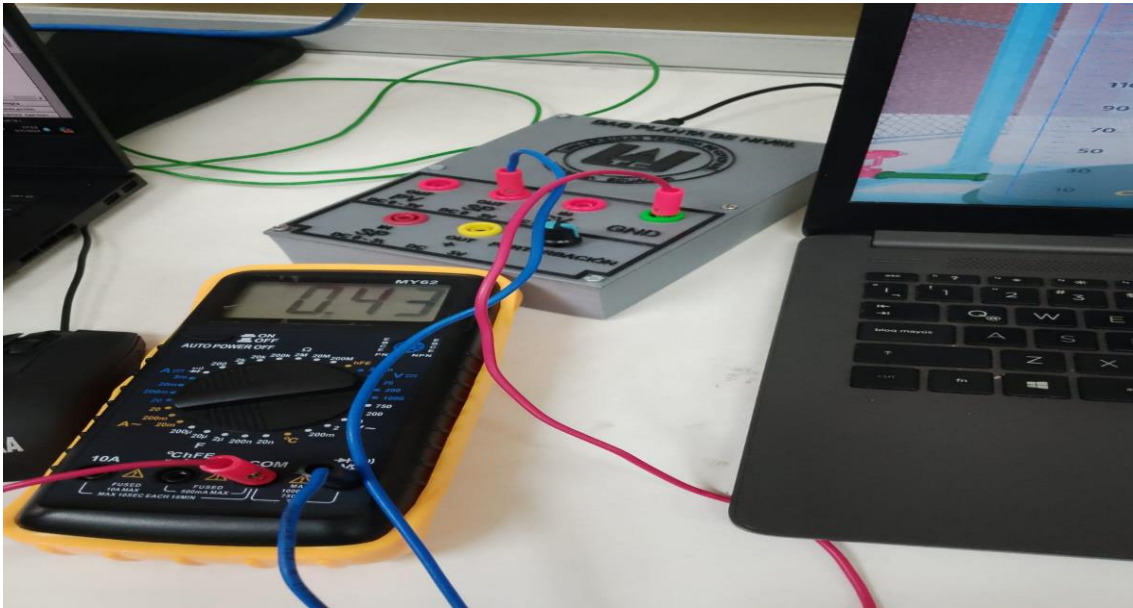
Al ingresar voltaje por la variable de control podemos observar cómo es que se apertura la válvula de llenado y así trata de regularse con la variable de set point.



Escenario de control

1.2.7 Valor medio DAQ

Para poder verificar el correcto funcionamiento también es necesario comprobar el funcionamiento del set point, así conectamos el GND del DAQ al común del multímetro y el cable de voltaje del multímetro al SP del DAQ, así al realizar la prueba del set point en la aplicación verificamos como aumenta o disminuye el voltaje.



Valores de medición GND DAQ

1.2.8 Entradas y Salidas entorno virtual

Vasado en el nivel virtual seleccionamos muestras entradas y salidas en el módulo de control

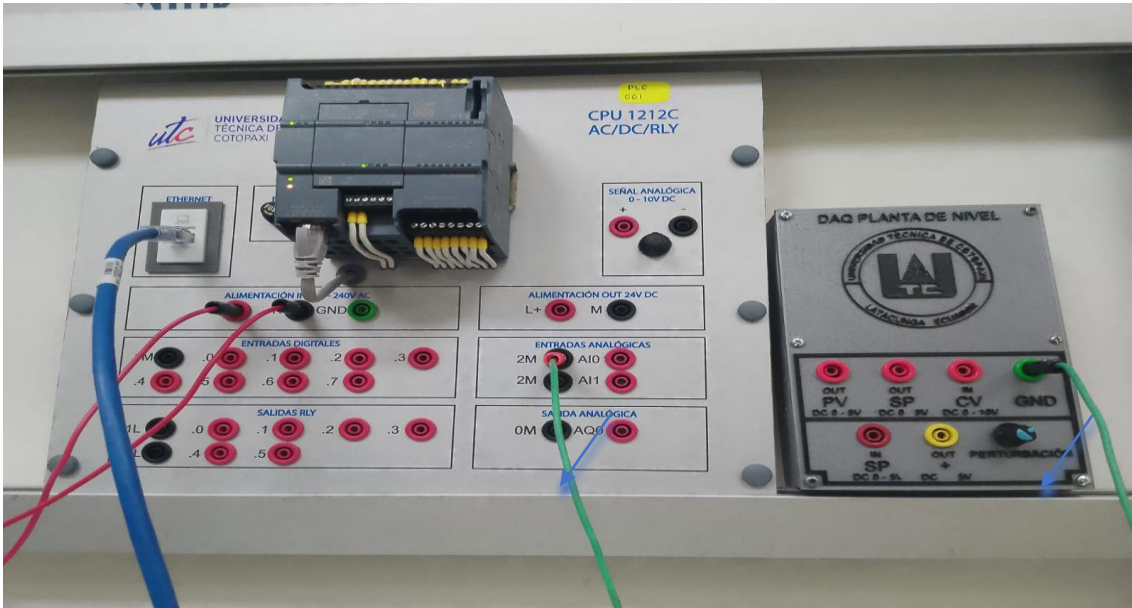


Entradas y Salidas entorno virtual

1.2.9 Entorno módulo DAQ al PLC.

Una vez energizado el módulo procedemos

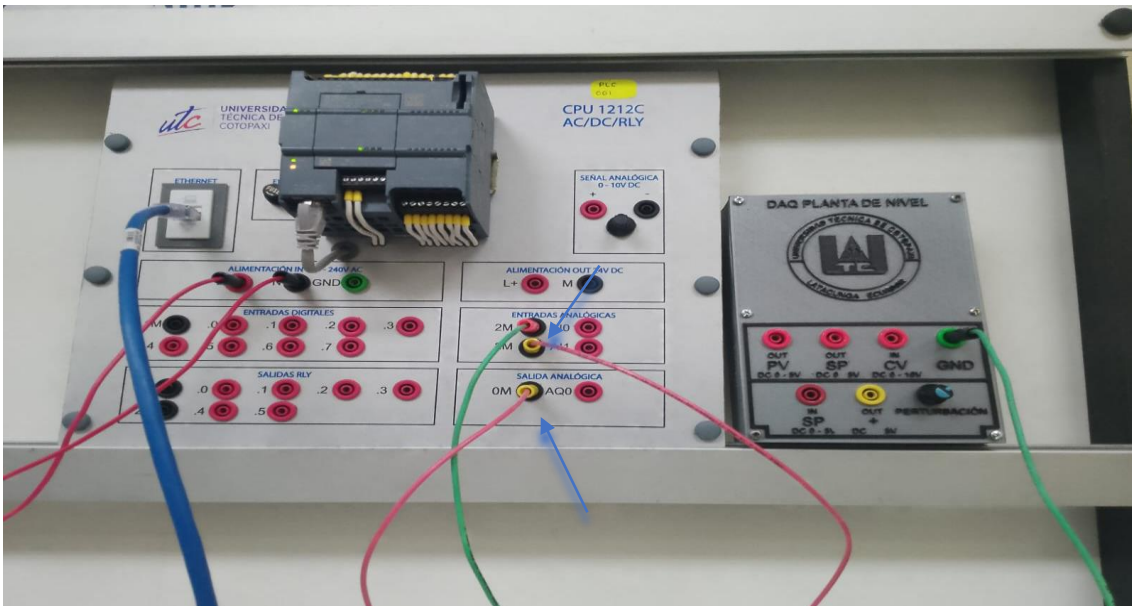
Primero conectamos el GND del módulo hacia una entrada analógica del PLC en este caso 2M.



Entorno módulo DAQ al PLC

1.2.10 Cableado entradas y salidas

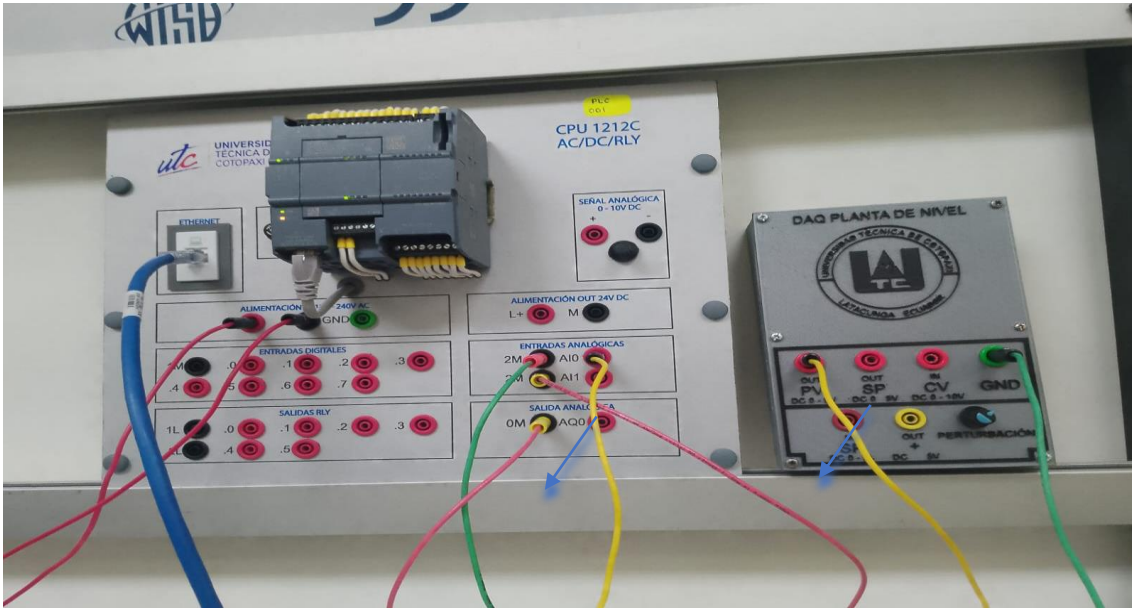
Puenteamos el común de las entradas analógicas hacia las salidas analógicas.



Cableado entradas y salidas

1.2.11 Conexión DAQ con PV

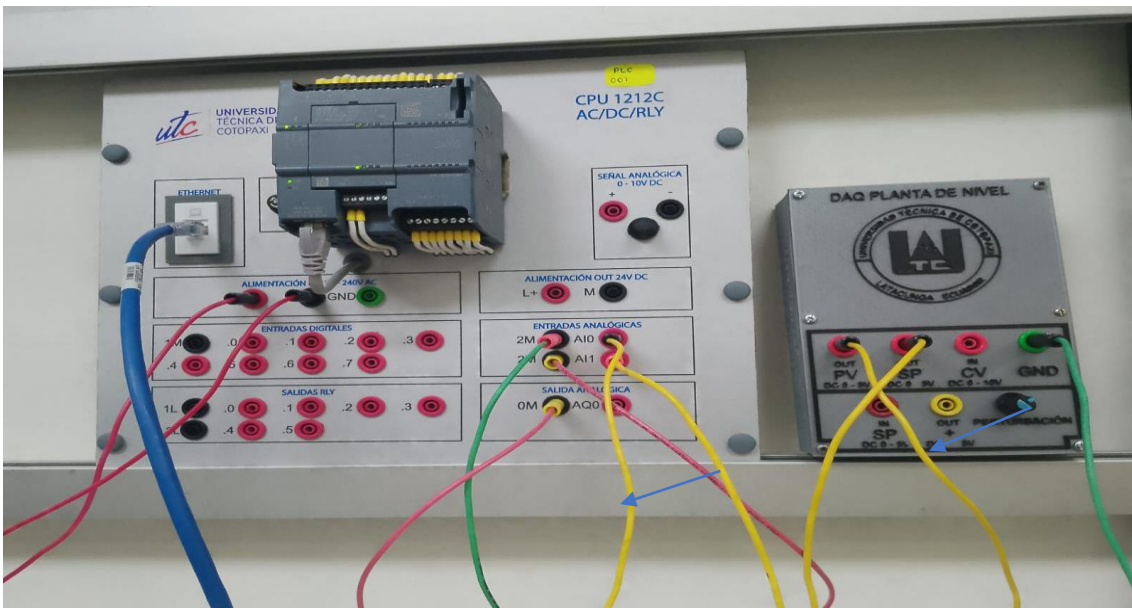
Conectamos la salida del PV del módulo DAQ hacia una entrada analógica en este caso en el AI0.



Conexión DAQ con PV

1.2.12 Conexión DAQ con SP

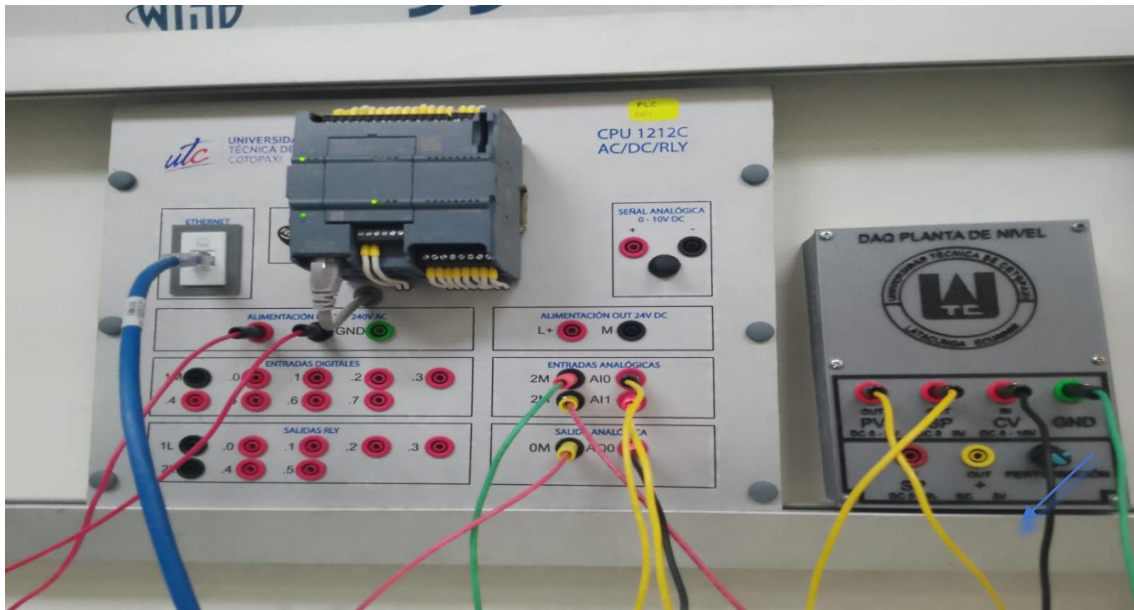
Luego conectamos la salida del módulo DAQ del SP en la otra entrada analógica AI1 del PLC.



Conexión DAQ con SP

1.2.13 SALIDA PLC con cv

Luego conectamos la salida analógica del PLC hacia la variable del CV del módulo DAQ.



SALIDA PLC con cv

Debemos de tener en cuenta que siempre va a estar conectado una entrada a una salida en este caso son salidas analógicas.

ANEXO 7

ANALISIS ECONOMICO.			
Costos Directos.			
Costos Directos de Fabricacion		Valor Final (USD)	
Costos del material.		91,29	
Costos de mano de obra.		60	
Total		\$ 151,29	

Material	Cantidad	Precio Unt	Precio Tot
Tubo rectangular LC 1X2 o (25X50)X1.8 Libra	2	12,17	24,34
Soldadura ESAB 6011X1/8 Libra	2	1,5	3
Disc. Norton Corte. Met 4 1/2X1/4	2	1,3	2,6
Disc. Norton Corte. Met 4 1/2X1/4 Pulir	2	1,75	3,5
Tablero blanco melamina	0,5	37	18,5
M. borde PUC blsnco	7	0,25	1,75
Perfil de aluminio 1m	4	6,6	26,4
Thinner Laca LT	1	6,96	6,96
Esmalte Duracolor 1/2 Litro Negro	1	3,04	3,04
Autoperforantes cabeza atornillable	24	0,05	1,2
Total			91,29

PORCENTAJE RELATIVO	
Formulas	
Porcentaje de costos de materiales	$\left(\frac{\text{Costos de materiales}}{\text{Totales de costos directos}} \right) * 100$
Porcentaje de Mano de obra	$\left(\frac{\text{Costos de mano de obra}}{\text{Totales de costos directos}} \right) * 100$

Porcentaje Relativos	
Costos de materiales	Mano de obra

60,34	39,66
-------	-------

Costos Indirectos	
Descripcion	Valor final (USD)
Transporte	3
Gastos Inesperados	10
Detalle de ingenieria e investigacion	10
TOTAL	\$ 23,00

Porcentaje.	
	Formula
Costos indirectos	$\left(\frac{\text{Costos Indirectos}}{\text{cts directos} + \text{cts Indirectos}} \right) * 100$

COSTO TOTAL DE FABRICACION	
Descripcion	Valor Final (USD)
Costos directos	\$ 151,29
Costos Indirectos	\$ 23,00
TOTAL	\$ 174,29