

SISTEMA FUZZY PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Escuela profesional de Ingeniería Electrónica

Inteligencia Artificial

Ing. Ruben Dario Florez Zela
Ingeniero Electrónico
Cusco, Perú
ruben.florez@unsaac.edu.pe

Davis Bremdow Salazar Roa
Estudiante de Ingeniería Electrónica
Cusco, Perú
200353@unsaac.edu.pe

Abstract—

Index Terms—Control Fuzzy, Lógica difusa, MATLAB, Fuzzy LogicDesigner, Mamdani

I. SISTEMA - DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA

El problema planteado es como establecer la calidad del agua mediante el uso del control difusos, contando para ello con tres variables de entrada, una de salida y entre las cuales se puede apreciar:

- ICOMO (Contaminación Orgánica)
- ICOMI (Mineralización)
- OPI (Polución orgánica)

y como variable de salida:

- CALIDAD

Estando representada cada uno de estas por un universo de discurso entre $[0, 1]$ indicando así el porcentaje de cada variable respecto al nivel de contaminación y calidad del agua.

II. DISEÑO DEL CONTROLADOR FUZZY

Para el diseño del controlador se hizo uso de la herramienta/app perteneciente al entorno de MATLAB *Logic Fuzzy Designer* la cual es una plataforma interactiva para definir las **variables lingüísticas, funciones de membresía, reglas y el tipo de inferencia difusa a usar**, además de presentar un entorno integrado para las diferentes configuraciones para cada parámetro incluyendo las salidas, una vista general al nuevo entorno se aprecia en la figura 1.

La cual muestra además las configuración para el sistema para determinar la calidad del agua.

A. Organización de ventanas del Logic Fuzzy Designer

La nueva interfaz además de agregar nuevas funcionalidades como las mostradas en la figura 2 como las de agregar nuevas reglas o modificar el tipo de inferencia entre los diferentes tipos, también organiza todos sus vistas en diferentes paneles, organizándose de forma jerárquica de izquierda a derecha mediante una interfaz para visualizar la variables de entrada,

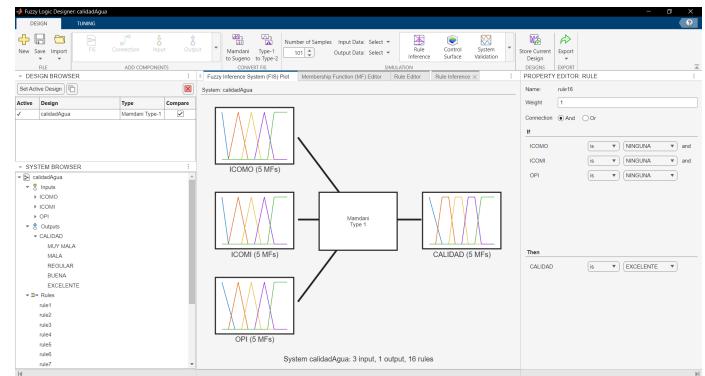


Fig. 1: App MATLAB - Fuzzy Logic Designer

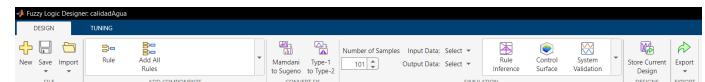


Fig. 2: Fuzzy Logic Designer - Pestañas de funcionalidades

salida y un diagrama de árbol simplificado para las reglas como se muestra en la figura ??.

Obteniendo en los subsiguientes paneles, por ejemplo el central un resumen de las variables de entrada con las funciones de pertenencia establecidas, el tipo de inferencia, entre otras interfaces que se van desplegando y almacenando en forma de pestañas conforme estas se van aperturando como se muestra en la figura 4

Finalmente el panel de la derecha es un contenedor de contenido variable que cambia en función al bloque seleccionado en el panel central de visualización y con el cual se pueden modificar directamente las funciones de pertenencia o membresía o las reglas en caso de seleccionarse el tipo de inferencia.

III. DEFINIENDO LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA FUZZY

Como se definió al inicio para el sistema se harán uso de 3 variables de entrada y una salida (CALIDAD) por lo tanto

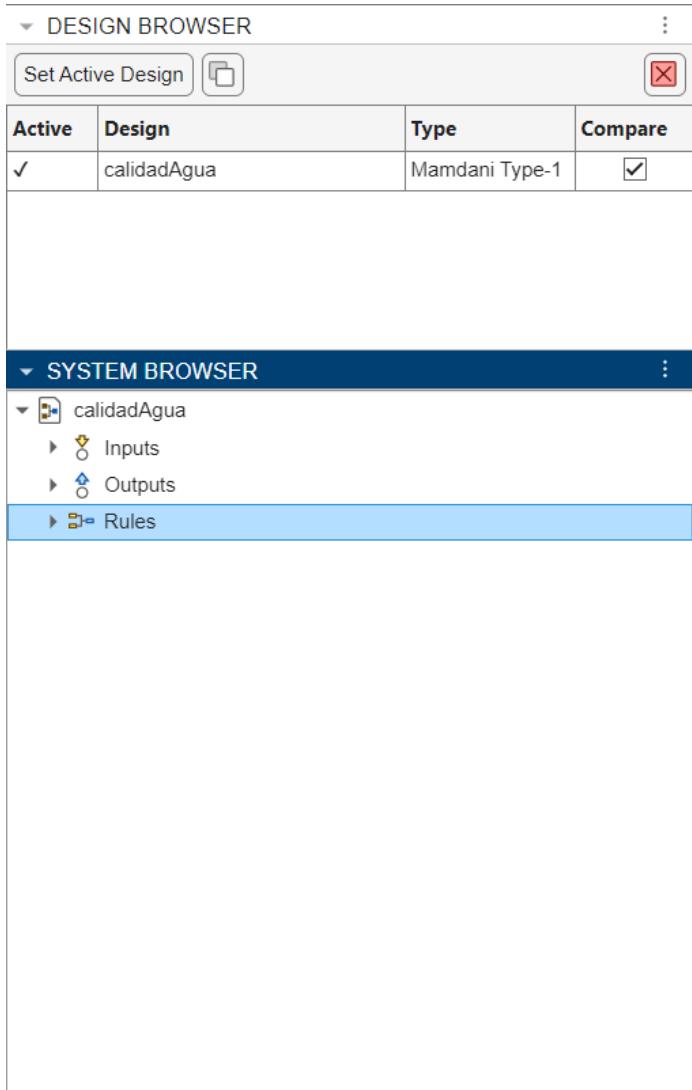


Fig. 3: Logic Fuzzy Designer - Panel de variables

es necesario definir el conjunto para cada variable lingüística e internamente los subconjuntos asociados a sus funciones de pertenencia para establecer los grados en los cuales un valor se integra en cada subconjunto.

En la figura 5 se aprecia la definición de las variables de entrada ICOMO, ICOMI y OPI y la variable de salida CALIDAD.

Una acercamiento a las mismas mediante el uso de la siguiente pestaña o tab, nos permite ver las funciones de membresía de forma más detallada para poder observar los dominios de cada subconjunto perteneciente a un término de la variable lingüística, por ejemplo en la figura 6 se muestra las funciones de pertenencia para la variable ICOMO.

Subsecuentemente se tienen las funciones de pertenencia para ICOMI y OPI en las figuras 7, 8 respectivamente.

Finalmente para la variable de salida se tiene la siguiente función de pertenencia mostrada en la figura 9

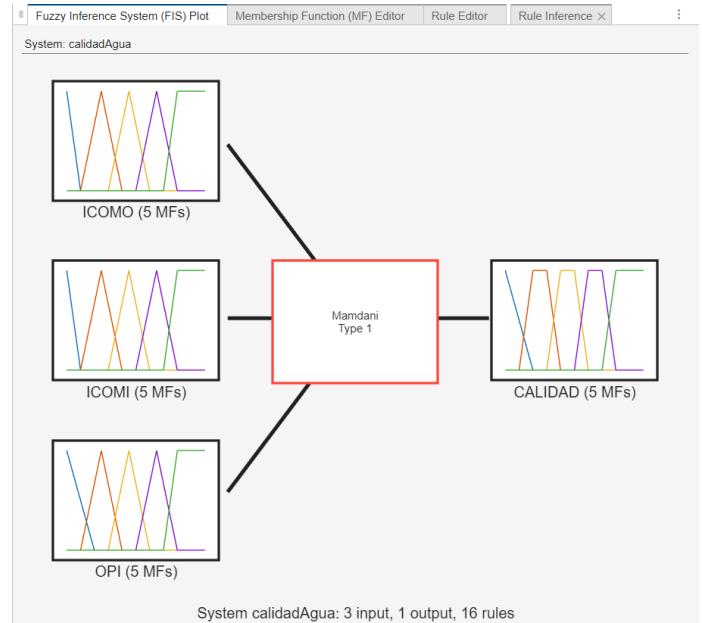


Fig. 4: Fuzzy Logic Designer - Panel de visualización de parámetros

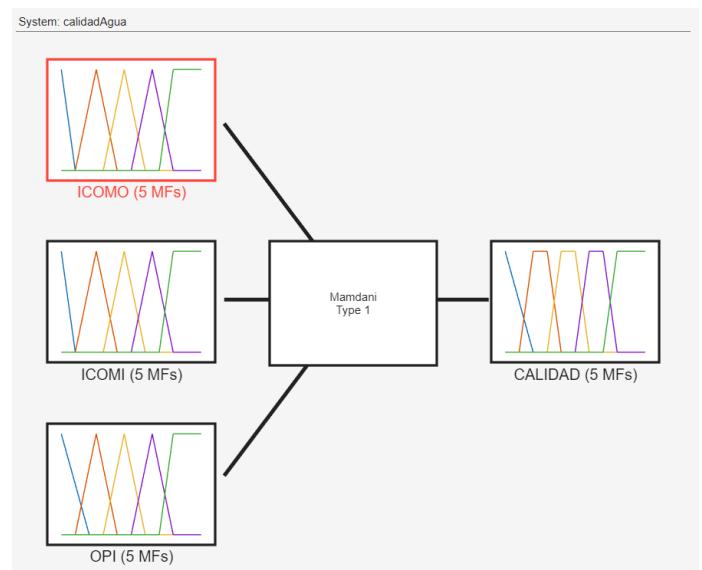


Fig. 5: Variables lingüísticas de entrada y salida

IV. REGLAS PARA EL CONTROL

Una vez establecidos las funciones de pertenencia para cada variable esta nueva interfaz define las reglas de forma interactiva de forma proporcional a la cantidad de variables y etiquetas definidas dentro de cada una, sin embargo también es posible modificar estas reglas y definir las propias en caso no se adecuen a lo requerido, en este caso determinar la calidad del agua.

Es así que en el tab o pestaña **Rules Editor** es posible establecer las reglas a las cuales se limitara el funcionamiento de nuestro sistema Fuzzy, para este caso se definieron 16 reglas

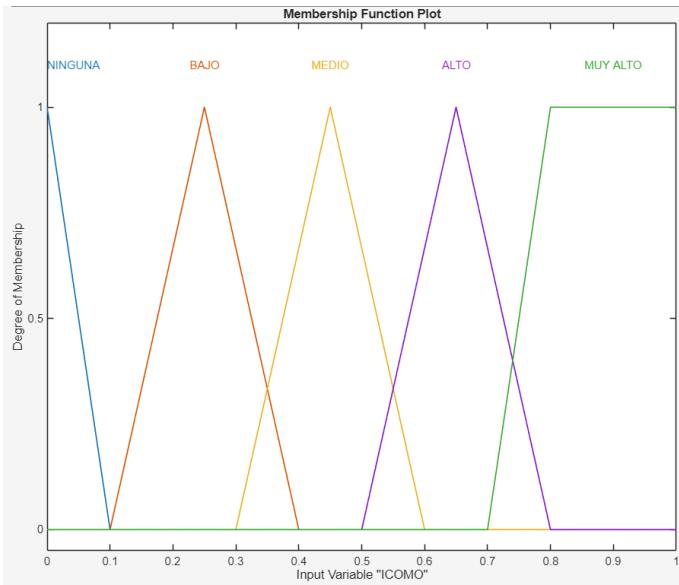


Fig. 6: Términos y funciones de pertenencia asociados a la variable ICOMO

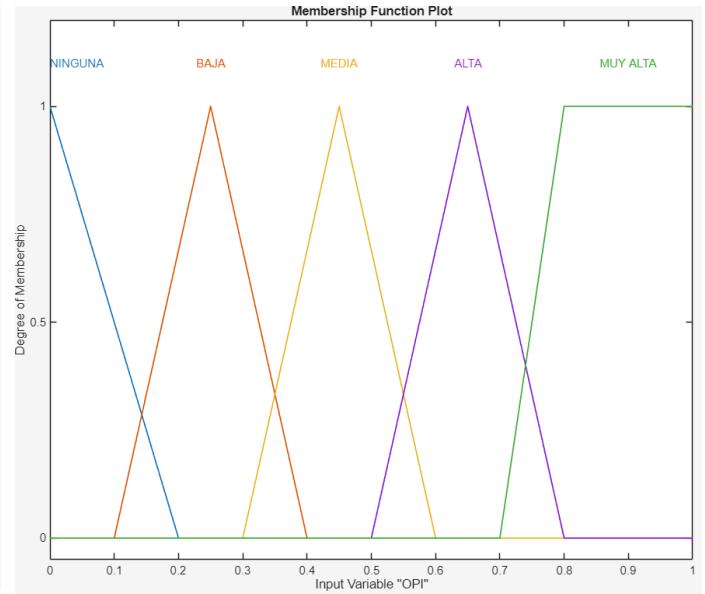


Fig. 8: Términos y funciones de pertenencia asociados a la variable OPI

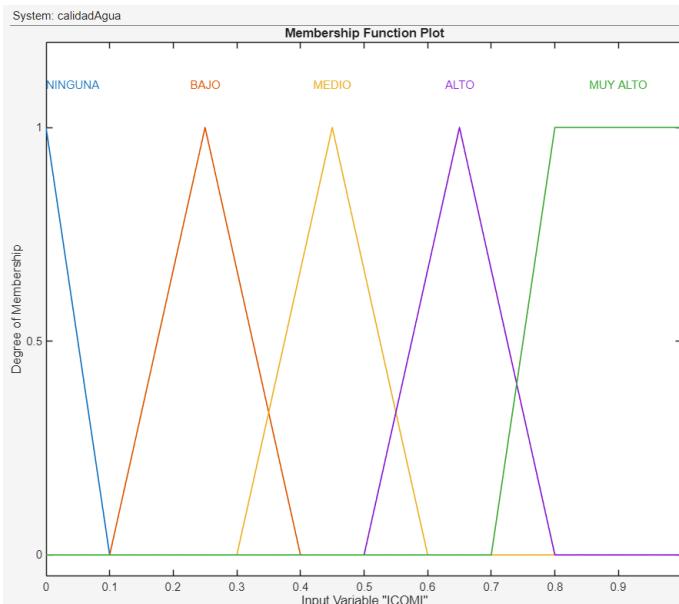


Fig. 7: Términos y funciones de pertenencia asociados a la variable ICOMI

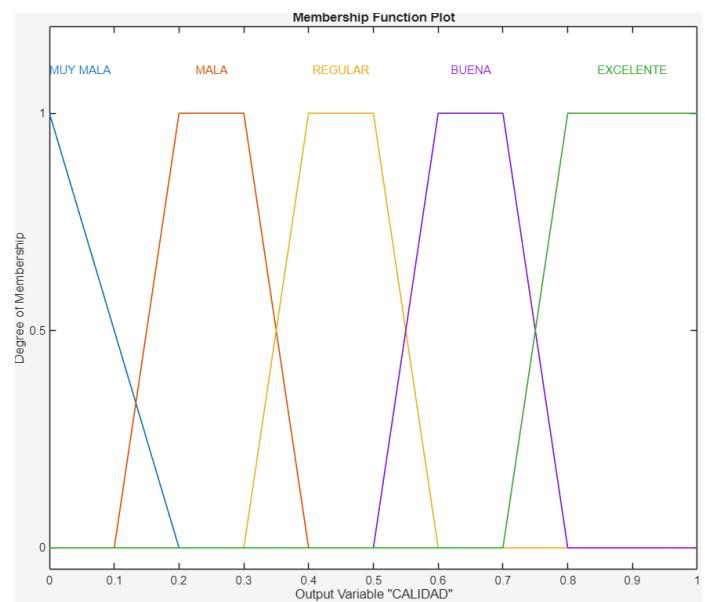


Fig. 9: Términos y funciones de pertenencia asociados a la variable CALIDAD

en función a las 3 variables cada una con un operador and o conjunción lógica (máx en los conjuntos difusos) para obtener la salida deseada, en la figura 10 se muestra la cantidad de reglas definidas.

V. RESULTADOS

Con las reglas difusas obtenidas en esta última etapa se comproban los resultados mediante las pestañas **Rule Inference** la cual de forma gráfica permite introducir valores para cada una de nuestras entradas para obtener un valor de salida en función a nuestras reglas y el motor de inferencia establecido

(centroide por defecto), para este caso se tienen 4 conjuntos de entrada:

- 1) ICOMO= 0.75, ICOMI= 0.25, OPI= 0.65
- 2) ICOMO= 0.75, ICOMI= 0.25, OPI= 0.35
- 3) ICOMO= 0.75, ICOMI= 0.25, OPI= 0.15
- 4) ICOMO= 0.20, ICOMI= 0.05, OPI= 0.05

Obteniendo como resultado para la variable calidad en cada caso los valores de: 0.25, 0.55, 0.65 0.5.

System: calidadAgua

Add All Possible Rules | Clear All Rules

Rule	Weight	Name
1 If ICOMO is MUY ALTO and ICOMI is MEDIO and OPI is MUY ALTA then CALIDAD is MUY MAL	1	rule1
2 If ICOMO is ALTO and ICOMI is BAJO and OPI is MUY ALTA then CALIDAD is MALA	1	rule2
3 If ICOMO is MEDIO and ICOMI is NINGUNA and OPI is MUY ALTA then CALIDAD is REGULAR	1	rule3
4 If ICOMO is MUY ALTO and ICOMI is MEDIO and OPI is ALTA then CALIDAD is REGULAR	1	rule4
5 If ICOMO is ALTO and ICOMI is BAJO and OPI is ALTA then CALIDAD is MALA	1	rule5
6 If ICOMO is MEDIO and ICOMI is NINGUNA and OPI is ALTA then CALIDAD is REGULAR	1	rule6
7 If ICOMO is MUY ALTO and ICOMI is MEDIO and OPI is MEDIA then CALIDAD is MALA	1	rule7
8 If ICOMO is ALTO and ICOMI is BAJO and OPI is MEDIA then CALIDAD is REGULAR	1	rule8
9 If ICOMO is MEDIO and ICOMI is NINGUNA and OPI is MEDIA then CALIDAD is MALA	1	rule9
10 If ICOMO is MUY ALTO and ICOMI is MEDIO and OPI is BAJA then CALIDAD is REGULAR	1	rule10
11 If ICOMO is ALTO and ICOMI is BAJO and OPI is BAJA then CALIDAD is BUENA	1	rule11
12 If ICOMO is MEDIO and ICOMI is NINGUNA and OPI is BAJA then CALIDAD is BUENA	1	rule12
13 If ICOMO is MUY ALTO and ICOMI is MEDIO and OPI is NINGUNA then CALIDAD is REGULAR	1	rule13
14 If ICOMO is ALTO and ICOMI is BAJO and OPI is NINGUNA then CALIDAD is BUENA	1	rule14
15 If ICOMO is MEDIO and ICOMI is NINGUNA and OPI is NINGUNA then CALIDAD is EXCELENTE	1	rule15
16 If ICOMO is NINGUNA and ICOMI is NINGUNA and OPI is NINGUNA then CALIDAD is EXCELENTE	1	rule16

Fig. 10: Definición de las reglas - Sistema Fuzzy

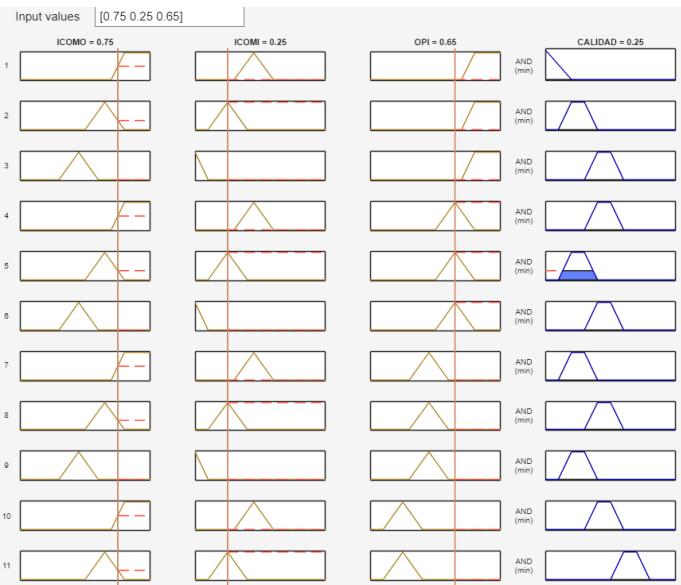


Fig. 11: Respuesta para el conjunto de entrada: 1

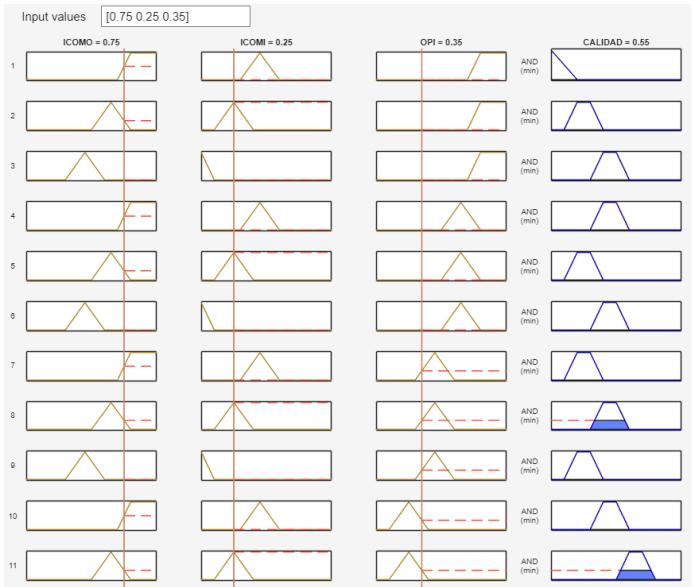


Fig. 12: Respuesta para el conjunto de entrada: 2

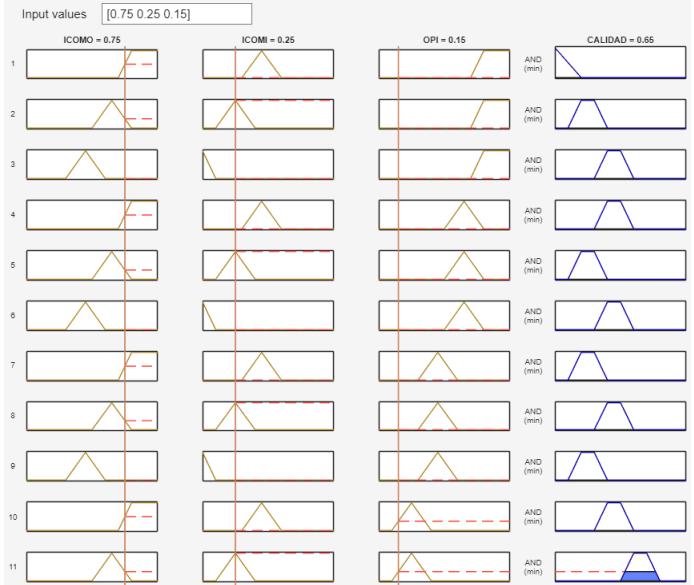


Fig. 13: Respuesta para el conjunto de entrada: 3

VI. LA RESPUESTA PARA EL CONJUNTO DE VALORES

Se puede analizar el comportamiento del sistema Fuzzy diseñado mediante el análisis de todas las variables definidas en su propio universo de discurso mediante la gráfica interactiva Surface la cual se muestra en la figura 15

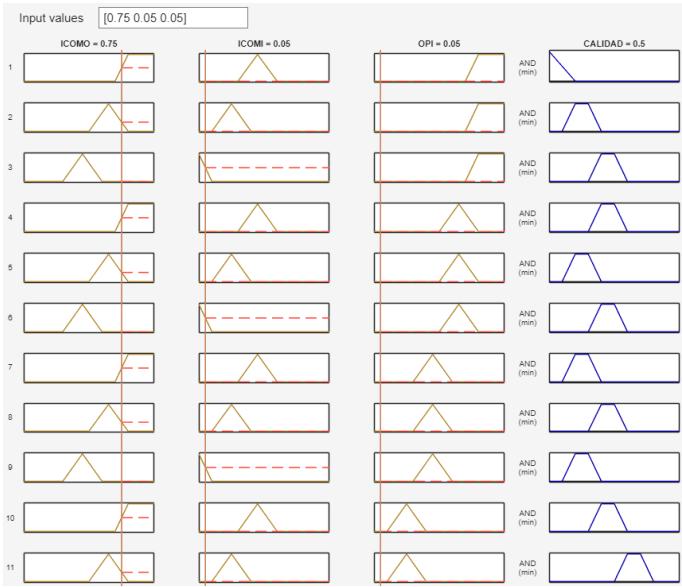


Fig. 14: Respuesta para el conjunto de entrada: 4

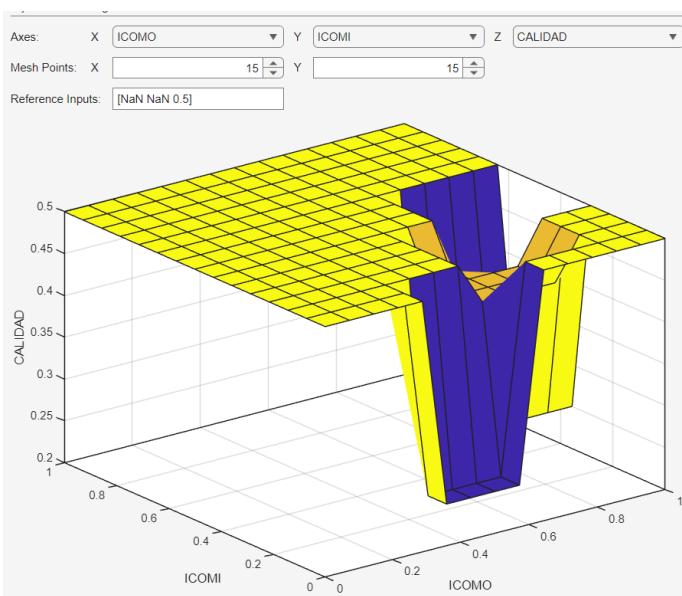


Fig. 15: Sistema Fuzzy - Calidad del agua - Surface