



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN INTEGRAL EN LA EDIFICACIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE UN MODELO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL
DIAGNÓSTICO DEL RIESGO DE CONTAGIO DE LA COVID-19 EN
VIVIENDAS FAMILIARES**

AUTOR:

ÁLVARO ANDRÉS ALONSO CABELLO AZABACHE

TUTORES:

DR. PASTORA REVUELTA MARCHENA

DR. DAVID MARÍN GARCÍA

CURSO: 2021– 2022



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Edificación



TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE UN MODELO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL RIESGO DE CONTAGIO DE LA COVID-19 EN VIVIENDAS FAMILIARES

Trabajo de Fin de Máster presentado para optar al Título de Máster Universitario en Gestión Integral de la Edificación por Álvaro Andrés Alonso Cabello Azabache, siendo los tutores del mismo la Doctora D. Pastora Revuelta Marchena y Doctor D. David Marín García.

Vº. Bº. de los tutores:

Alumno:

**Dra. Pastora Revuelta
Marchena**

**Dr. David Marín
García**

**Álvaro Andrés Alonso
Cabello Azabache**

En Sevilla, 04 de enero de 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme culminar mis estudios iluminándome y guiándome en cada momento para seguir por el camino correcto y así lograr alcanzar mis metas.

A mis padres, Andrés y Julissa, quienes se esfuerzan a diario y me brindan incondicionalmente su apoyo.

A mis tíos, Ernesto y Gladis, personas maravillosas y únicas que son unos ejemplos para seguir, por apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos y metas.

A mi hermano, Ronald, que es parte importante en mi vida y por ayudarme de alguna manera a seguir adelante durante mi vida universitaria.

A mi novia Estephany, que en todo momento me aconsejó y está a mi lado en los días buenos y malos dándome fuerzas y alegrías necesarias para seguir adelante.

A la Universidad de Sevilla, y su Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, por permitirme estudiar en sus aulas y avanzar en mi crecimiento profesional, y en general a mis profesores y compañeros por los nuevos conocimientos adquiridos.

A mis tutores y guías del Trabajo Fin de Máster, Dra. María Pastora Revuelta Marchena y Dr. David Marín García, por su entrega, dedicación y apoyo durante todo el proceso de elaboración, gracias infinitas por todo el conocimiento que permitió el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

RESUMEN:

El presente trabajo se enfoca en la necesidad de diagnosticar los riesgos de contagios de la COVID-19 que se producen en las viviendas familiares. Así pues, nos planteamos como objetivo general el diseño de un modelo matemático desarrollado con lógica difusa para el diagnóstico del riesgo de contagio de la COVID-19 en las viviendas familiares. Para ello, en primer lugar, revisaremos el estado del arte y analizaremos las normas técnicas y recomendaciones nacionales e internacionales que se han publicado al respecto. Posteriormente se determinarán las características principales a tener en cuenta para el análisis de riesgos de contagios de la COVID-19 en viviendas. Estas características serán las variables del sistema en el desarrollo con lógica difusa del modelo que nos permitirá hacer el diagnóstico de riesgo de contagio. Una vez establecido el modelo y analizados los resultados de su aplicación, se propondrán recomendaciones para mejorar la habitabilidad y disminuir el riesgo de contagio dentro de cada vivienda.

PALABRAS CLAVES:

COVID-19, lógica difusa, riesgo de contagio, viviendas familiares, habitabilidad, normas técnicas.

ABSTRACT:

This work focuses on the need to diagnose the risks of COVID-19 infections that occur in family homes. Thus, we set as a general objective the design of a mathematical model developed with fuzzy logic for the diagnosis of the risk of contagion of COVID-19 in family homes. To do this, first of all, we will review the state of the art and analyze the technical standards and national and international recommendations that have been published in this regard. Subsequently, the main characteristics to take into account for the analysis of risks of contagion of COVID-19 in homes will be determined. These characteristics will be the variables of the system in the development with fuzzy logic of the model that will allow us to diagnose the risk of contagion. Once the model has been established and the results of its application have been analyzed, recommendations will be proposed to improve habitability and reduce the risk of contagion within each home.

KEYWORDS:

COVID-19, fuzzy logic, contagion risk, family homes, habitability, technical standards.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo General	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	11
2.1. REVISIÓN DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA ACERCA DE LA TRANSMISIÓN DE SARS-COV-2 ..	11
2.2. REVISIÓN DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA ACERCA DE FACTORES QUE MAXIMIZAN EL RIESGO DE CONTAGIO.....	11
2.2.1. Del COVID-19 (SARS-CoV-2) y su relación con la ventilación y la climatización en edificación	12
2.2.2. Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas	12
2.2.3. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas	13
2.2.4. Efectos de la temperatura y la humedad en la propagación de COVID-19: una revisión sistemática.....	14
2.3. REVISIÓN DE APLICACIONES DE LA LÓGICA DIFUSA	15
2.3.1. Lógica difusa aplicada a la toma de decisiones.....	15
2.3.2. Modelo de predicción de la vida útil de la edificación patrimonial a partir de la lógica difusa.....	16
3. METODOLOGÍA Y FASES	18
3.1. METODOLOGÍA.....	18
3.2. POBLACIÓN	18
3.3. MUESTRA	18
3.4. PROCEDIMIENTO.....	18
4. MARCO TEÓRICO	20
4.1. FUNDAMENTOS DE LÓGICA DIFUSA.....	20
4.1.1. Conjuntos Difusos, Variables Linguísticas y Universo de Discurso.....	20
4.1.2. Función de Pertenencia	21
4.2. XFUZZY	25
4.2. COVID-19 Y SUS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	31
4.2.1 Transmisión por gotas y por contacto:	31
4.2.2. Transmisión aérea:	31
5. NORMAS TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES.....	32



5.1. HOJA DE RUTA PARA MEJORAR Y ASEGURAR BUENA VENTILACIÓN INTERIOR EN EL CONTEXTO DE COVID-19 [OMS, 2020]	32
5.2. RECOMENDACIONES SOBRE EL USO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN EN EDIFICIOS, A FIN DE PREVENIR LA PROPAGACIÓN DEL SARS-COV-2. [INSST, 2020]	33
5.3. RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE EDIFICIOS Y LOCALES PARA LA PREVENCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL SARS-COV-2. [MSCBS, 2020].....	34
6. VARIABLES DEL SISTEMA Y REGLAS DE INFERENCIA	42
6.1. VARIABLES DEL SISTEMA	42
6.1.1. Variables de entrada	42
6.1.2. Variables intermedias.....	49
6.1.3. Variable de salida	50
6.3. REGLAS DE INFERENCIA.....	50
7. DISEÑO DE MODELO EN XFUZZY	56
7.1 VARIABLES DEL SISTEMA EN XFUZZY	56
7.2 REGLAS DE INFERENCIA EN XFUZZY.....	59
7.3. MODELO FINAL EN XFUZZY.....	63
8. ANÁLISIS DE VIVIENDAS	64
8.1. RESULTADOS DE VIVIENDA 1	64
8.2. RESULTADOS DE VIVIENDA 2.....	68
8.3. RESULTADOS DE VIVIENDA 3.....	72
9. RECOMENDACIONES EN VIVIENDAS	76
9.1. VIVIENDA 1.....	76
9.2. VIVIENDA 2.....	76
9.3. VIVIENDA 3.....	77
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
10.1. CONCLUSIONES	79
10.2. RECOMENDACIONES	79
11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	80
12. FUENTES DE INFORMACIÓN	81

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Flujograma de metodología. Elaboración propia.	18
Ilustración 2	Lógica tradicional vs Lógica difusa. Extraído de J.F. Díaz Córdova et al. / Contaduría y Administración 62 (2017) 1670–1686.	20
Ilustración 3	Inferencia Difusa. Fuente: Del Cerro, 2014	23
Ilustración 4	Proceso de Inferencia. Fuente: Del Cerro, 2014.	23
Ilustración 7	Conjuntos difusos “Poco” y “Mucho” sobre la variable Modificación.	28
Ilustración 8	Conjuntos difusos “Despreciable” y “Significativo” sobre la variable Modificación.	29
Ilustración 9	Reglas de inferencia difusas	29
Ilustración 10	Elección de operadores (de t-norma y t-conorma)	30
Ilustración 11	Motor de inferencia	30
Ilustración 12	Estructura de modelo difuso. Elaboración propia	42
Ilustración 13	Rango óptimo de la humedad relativa para un ambiente sano. Fuente: E.M. Sterling study	43
Ilustración 14	Variable Recirculación de aire en Xfuzzy	56
Ilustración 15	Variable extracción en aseos Variable en Xfuzzy	56
Ilustración 16	Variable Caudal de aire recomendado en Xfuzzy	57
Ilustración 17	Variable Caudal de aire según norma en Xfuzzy	57
Ilustración 18	Variable Nivel de CO2 en Xfuzzy	57
Ilustración 19	Variable Tipo de filtro en Xfuzzy	58
Ilustración 20	Variable Estado de filtro en Xfuzzy	58
Ilustración 21	Variable Temperatura en Xfuzzy	58
Ilustración 22	Variable Humedad relativa en Xfuzzy	59
Ilustración 23	Regla de inferencia ventilación centralizada en Xfuzzy	59
Ilustración 24	Regla de inferencia tasa de ventilación en Xfuzzy	60
Ilustración 25	Regla de inferencia Calidad de filtro en Xfuzzy	60
Ilustración 26	Regla de inferencia Condiciones termohigométricas en Xfuzzy	61
Ilustración 27	Regla de inferencia Calidad de aire anterior en Xfuzzy	61
Ilustración 28	Regla de inferencia Parámetros principales en Xfuzzy	62
Ilustración 29	Regla de inferencia Parámetros secundarios en Xfuzzy	62
Ilustración 30	Regla de inferencia Riesgo de contagio en Xfuzzy	63
Ilustración 31	Modelo final en Xfuzzy	63
Ilustración 32	Ubicación de vivienda 1	64
Ilustración 33	Vivienda 1	65
Ilustración 34	Comedor de vivienda 1	65
Ilustración 35	Sala de vivienda 1	66
Ilustración 36	Temperatura y humedad en vivienda 1 – Datos 1	66
Ilustración 37	Temperatura y humedad en vivienda 1 – Datos 2	66
Ilustración 38	Nivel de CO2 en vivienda 1 – Datos 1	67
Ilustración 39	Nivel de CO2 en vivienda 1 – Datos 2	67
Ilustración 40	Monitorización con vivienda 1 Datos 1	68
Ilustración 41	Ubicación de vivienda 2	68
Ilustración 42	Vivienda 2	69
Ilustración 43	Entrada, cocina y baño de vivienda 2	69
Ilustración 44	Temperatura y humedad en vivienda 2 – Datos 1	70

Ilustración 45 Temperatura y humedad en vivienda 2 – Datos 2	70
Ilustración 46 Nivel de CO2 en vivienda 2 – Datos 1	70
Ilustración 47 Nivel de CO2 en vivienda 2 – Datos 2	71
Ilustración 48 Monitorización con vivienda 2 Datos 1	71
Ilustración 49 Ubicación de vivienda 3	72
Ilustración 50 Vivienda 3	72
Ilustración 51 Sala de vivienda 3	73
Ilustración 52 Temperatura y humedad en vivienda 3 – Datos 1	73
Ilustración 53 Temperatura y humedad en vivienda 3 – Datos 2	74
Ilustración 54 Nivel de CO2 en vivienda 3 – Datos 1	74
Ilustración 55 Nivel de CO2 en vivienda 3 – Datos 2	75
Ilustración 56 Monitorización con vivienda 3 Datos 1	75
Ilustración 57 Monitorización con vivienda 1 Datos 2	76
Ilustración 58 Monitorización con vivienda 2 Datos 2	77
Ilustración 59 Monitorización con vivienda 3 Datos 2	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Caudales mínimos para ventilación constante en locales habitables. HSE	45
Tabla 2 Clasificación de filtros según norma UNE EN 1822:2020	48
Tabla 3 Regla de inferencia que relaciona la recirculación de aire y la extracción en aseos. Fuente propia.	51
Tabla 4 Regla de inferencia que relaciona el caudal de aire recomendado y el caudal de aire según norma HS3	52
Tabla 5 Regla de inferencia que relaciona tipo de filtro y el estado en que se encuentra	52
Tabla 6 Regla de inferencia que relaciona la temperatura y la humedad relativa en la vivienda	53
Tabla 7 Regla de inferencia que relaciona la tasa de ventilación y el nivel de CO2 en la vivienda	53
Tabla 8 Regla de inferencia que relaciona la ventilación centralizada y la calidad de aire interior en la vivienda	54
Tabla 9 Regla de inferencia que relaciona calidad del filtro y las condiciones termohigométricas en la vivienda	54
Tabla 10 Regla de inferencia que relaciona los parámetros principales y secundarios en la vivienda	55

1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en un documento técnico emitido denominado *Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations Scientific Brief* en noviembre de 2020 [OMS,2020], ha actualizado la información acerca de las vías de contagio del SARS-CoV-2. Al hallarse nuevas evidencias, se admite la posibilidad de que en algunos ambientes interiores con alto flujo de personas que no mantienen la distancia de seguridad, sin protección facial, en espacios cerrados y poco o mal ventilados en general, se puede dar la transmisión por vía aérea combinada con la vía por gotas (grandes) y contagio por contacto.

Por lo anteriormente mencionado, es que nos proponemos diseñar un modelo con lógica difusa para diagnosticar y determinar el riesgo de contagio por coronavirus que poseen las viviendas familiares, teniendo en cuenta el uso cotidiano y el mantenimiento de los sistemas de ventilación.

En el Capítulo 5 se revisan y citan las recomendaciones de las autoridades sanitarias internacionales y nacionales competentes en la operación, mantenimiento, evaluación y gestión del riesgo de las instalaciones relacionadas con la ventilación y climatización.

En el Capítulo 6, a partir de estas recomendaciones, determinaremos las variables y reglas de inferencia del diseño que nos permitirán diagnosticar las viviendas a través de la modelización con lógica difusa.

En el Capítulo 7 realizaremos las distintas tareas de modelado en el software. Para ello se utilizará una herramienta computacional llamada Xuzzy, que ha sido desarrollada por el Instituto de Microelectrónica de Sevilla.

En Capítulo 8 aplicaremos lo anteriormente desarrollo a 03 casos reales (viviendas). Tras una simulación a través de la herramienta computacional Xuzzy, pasamos a realizar un trabajo de campo obteniendo mediciones (parámetros y/o variables) y analizando los datos reales de tres viviendas familiares en Sevilla.

En el Capítulo 9 propondremos recomendaciones a partir del diagnóstico, con la finalidad de minimizar la transmisión y el riesgo de los contagios en las viviendas, fomentando las actuaciones adecuadas y correctas. Estas recomendaciones propuestas serán conforme a la normativa en vigor que regula esta materia actualmente.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La enfermedad de la COVID-19 se considera como un gran problema de salud pública por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Un gran porcentaje de casos de contagio son relacionados con las reuniones familiares y el contagio que se produce dentro de las viviendas. Según Luis Almodóvar en el diario El País (2020):

“En una casa se reúnen seis personas, una de ellas contagiada. El 31% de los brotes conocidos en España se dan en este tipo de reuniones sociales, sobre todo en encuentros con familiares y amigos.” (párr. 1 de 12). [Almodóvar, 2020]

Es importante, por tanto, diagnosticar los riesgos de contagios que se producen dentro de éstas. Las gotas con contenido viral pueden estar retenidas en el aire del lugar donde se han generado durante muchas horas. Este hecho hace que incremente y se magnifique en espacios cerrados con mayor número de personas y sin o poca ventilación, lo que implica un altísimo riesgo de contagio. Además, las gotas de aerosoles con coronavirus pueden desplazarse a otros ambientes a través del sistema de ventilación. Esto generaría un problema si no se controla de manera correcta, ya que se puede proceder a la dispersión temporal de forma rápida del virus provocando también un alto riesgo de contagio.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Diseñar un modelo matemático desarrollado con lógica difusa para el diagnóstico del riesgo de contagio de la COVID-19 en las viviendas familiares.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte acerca de las vías de transmisión del COVID-19.
- Describir normas técnicas internacionales y nacionales que se han publicado al respecto.
- Determinar las variables principales a tener en cuenta para el análisis de riesgos de contagios de la COVID-19 en viviendas y sus reglas de inferencia.
- Desarrollar el modelo con lógica difusa y XFuzzy que nos permitirá hacer el diagnóstico de riesgo de contagio.
- Proponer recomendaciones para mejorar la habitabilidad y disminuir el riesgo de contagio dentro de la vivienda.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En este capítulo revisaremos los recientes avances científicos acerca de la transmisión del coronavirus y los describiremos. Para ello, analizaremos las correspondientes publicaciones académicas sobre el riesgo de contagio por ventilación más relevantes, que constituirán un punto clave y base de conocimiento para la elección de las variables del sistema en nuestra modelización.

2.1. REVISIÓN DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA ACERCA DE LA TRANSMISIÓN DE SARS-COV-2

Según el informe de la OMS en 2020, titulado “Vías de transmisión de SARS-CoV-2: Implicaciones en toma de precauciones para prevenir la infección” [OMS, 2020], se reconocen las siguientes vías como posibles:

- Gotículas, que se emanan al hablar, cantar, toser, estornudar y respirar, y que pueden llegar a los ojos, fosas nasales, o boca de otra persona a menos de 1 m.
- Aerosoles que son partículas más pequeñas que se emanan conjuntamente con las gotículas y que por su pequeño tamaño pueden permanecer en suspensión en el aire durante horas.
- Contacto directo, contacto físico de una persona que esta contagiada con otra.
- Fómite o contacto indirecto, generalmente un objeto o superficie que fue tocado por una persona contagiada y que luego lo toca otra persona.

2.2. REVISIÓN DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA ACERCA DE FACTORES QUE MAXIMIZAN EL RIESGO DE CONTAGIO

En este apartado se revisarán 4 artículos científicos los cuales son: Del COVID 19 (SARS-CoV-2) y su relación con la ventilación y la climatización en edificación [Marín García, 2020], Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas [Higuera González, 2021], Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas [Crespí-Rotger, Ordóñez-Iriarte, 2020] y Efectos de la temperatura y la humedad en la propagación de COVID-19: una revisión sistemática [Mecenas, 2020]

2.2.1. Del COVID-19 (SARS-CoV-2) y su relación con la ventilación y la climatización en edificación

A continuación, describimos un resumen y las conclusiones de la publicación académica del autor David Marín García publicada en 2020. [Marín García, 2020],

Desde que se declaró la pandemia de coronavirus, muchos espacios arquitectónicos se han visto afectados por las medidas adoptadas por las autoridades sanitarias. En este contexto, uno de los aspectos más controvertidos, sin embargo, ha ganado mucho peso en los últimos tiempos es la transmisión aérea del SARS-CoV-2.

Esto ha hecho que la ventilación de estos espacios sea cada vez más importante para diluir o dispersar dichos aerosoles, de ahí el riesgo. En este sentido, es obvio que es práctico para los técnicos conocer ciertas cuestiones relacionadas con la y ventilación de espacios arquitectónicos, lo cual es interesante para intervenir o evaluar estos riesgos y adecuarlos para dar seguridad para los diferentes edificios y sus espacios; y poder decidir con qué acciones se deben realizar para minimizar el riesgo de propagación.

En conclusión, podemos decir que la necesidad de personas con formación y conocimientos bien capacitadas en el campo es evidente, la acción en esta área debe ser apoyada como se ve en una especialización real, teniendo en cuenta la acumulación de conocimientos necesarios.

Por otro lado, es necesario señalar que además de respetar normativa y conciliar ventilación, confort térmico y eficiencia, es necesario garantizar de forma real que se reduce el riesgo de transmisión. al mínimo.

2.2.2. Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas

A continuación, describimos un resumen del Trabajo de Fin de Grado del autor Arantxa Higuera González publicado en 2021. [Higuera González, 2021]

Hay muchas maneras para que sea más eficiente la ventilación. Para ello se debe contar con tecnología y también tener los conocimientos para lidiar con la pandemia del COVID-19 y así en una futura epidemia nos encuentre mejor preparados.

Se conoce que los ambiente con mayor magnitud y con una adecuada ventilación son más seguros que los ambientes con menor superficie, estas presentan un mayor riesgo de contagio, aun incluso cuando esta tenga una mejor ventilación. Una de las maneras de mejorar esto, es reduciendo el aforo de los ambientes, enviando a los colaboradores a trabajar de manera remota desde casa, así se disminuye la estancia en el lugar de trabajo.

Con respecto a la tasa de flujo de aire, siempre será mejor aumentar la ventilación para poder desplazar la carga vírica dentro del aire. En futuras construcciones se recomienda elegir tasas de ventilación más altas, es decir aumentar en una categoría a las ya actuales, con ello se disminuiría considerablemente el riesgo de contagio. El valor mínimo de ventilación de una IDA 2 es 12.5 l / s por persona y al mejorar la calidad del aire a una ida 1 habría una tasa de ventilación de 20 l / s por persona.

Se debe mantener las ventanas cerradas para que el sistema de ventilación funcione y sino de lo contrario debe optarse por la ventilación natural, debiéndose controlar con medidores de CO₂.

Se debe poner en funcionamiento la ventilación al menos dos horas antes y después del uso del edificio y con lo que es la extracción de los aseos debe de estar en funcionamiento las 24 horas del día.

El uso de purificadores será una alternativa, pero debe de ser usado como un manera de ayudar cuando no se pueda alcanzar los niveles de ventilación recomendados.

Hay distintos tipos de filtro y entre los mejores están los filtros HEPA, aunque será siempre mejor un ePM 85%. En el caso de pequeños equipos portátiles deben tener filtros HEPA y es conveniente instalar más de un equipo local y cerca de los usuarios con un caudal de 5 renovaciones por hora.

Se recomienda hacer un examen de las instalaciones de climatización y ventilación antes de la reapertura de los locales que han sido cerrados realizando operaciones de limpieza y desinfección de rejillas, difusores, filtros y bacterias.

Es más adecuado establecer distancias de separación, tomar medidas de acuerdo con la ventilación y verificación de la medición de CO₂ que por criterios de tanto por ciento de aforo máximo que no se basan en ningún criterio técnico del espacio concreto.

2.2.3. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas

A continuación, describimos un resumen y las conclusiones de la publicación académica en la Revista de Salud Ambiental de los autores Sebastián Crespí-Rotger y José María Ordóñez-Iriarte publicada en 2020. [Crespí-Rotger, Ordóñez-Iriarte, 2020]

La actual pandemia de COVID-19 ha enfatizado la necesidad de que todas las áreas de la salud pública trabajen al unísono para aumentar la eficacia en la prevención y el control de infecciones. Tras la intervención, España empezó a acercarse al balón incierto. En esta nueva situación, los servicios de salud ambiental de las comunidades autónomas se enfrentan a retos, distintos y complementarios a los servicios del periodo anterior, que deben tenerse en cuenta. Como resultado, la reapertura de instalaciones e industrias que ya tienen sistemas de agua estancada puede aumentar el riesgo de origen microbiano e incluso químico. Asimismo, la continuación de las actividades lúdicas en torno al agua, ya sea en piscinas públicas o en playas, durante esta nueva fase, exige recomendaciones sanitarias para un uso seguro. Lo mismo ocurre con el despliegue generalizado de sistemas masivos de aire acondicionado y ventilación, o instalaciones sanitarias que, en teoría, podrían facilitar la transmisión del SARS-CoV-2 a través de vías potencialmente nuevas.

En resumen, con el conocimiento actual, podemos concluir que el agua potable y el agua recreativa, en condiciones normales de consumo y tratamiento, no suponen riesgo de infección por SARS-CoV-2; Sin embargo, se deben considerar otros riesgos para la salud por el agua estancada en los edificios que permanecen cerrados. Por el contrario, el SARS-CoV-2 puede sobrevivir en un aerosol durante varias horas y, en teoría, puede propagarse a una distancia de dos metros. Hasta el momento, la ruta de transmisión por aire no se ha determinado de manera consistente, pero la evidencia está a favor de ella. Se recomienda ventilar regularmente las instalaciones, aumentar la tasa de cambio de aire en el sistema de ventilación mecánica y aumentar la frecuencia de limpieza del filtro. Finalmente, aunque teóricamente el SARSCoV-2 podría transmitirse por vía fecal-oral debido a la presencia del virus en las heces de los pacientes infectados, esto no se ha demostrado en la práctica. En los sistemas de alcantarillado, también se debe considerar la descarga potencial de virus de las heces contaminadas. Se recomienda mejorar la limpieza y desinfección de los baños, tomando precauciones estrictas al manipular los excrementos fecales y para evitar la posible propagación de aerosoles contaminados a los baños, sistemas y aguas residuales relacionadas.

2.2.4. Efectos de la temperatura y la humedad en la propagación de COVID-19: una revisión sistemática

A continuación, describimos un resumen y las conclusiones de la publicación académica del autor Paulo Mecenás publicada en 2020. [Mecenás, 2020]

Ante la pandemia global de COVID-19, declarada por la Organización Mundial de la Salud el 11 de marzo de 2020, y la necesidad de comprender mejor el comportamiento estacional del virus, se han emprendido sistemas de revisión sistemática para describir el conocimiento informativo actual. Sobre la aparición y reproducción del virus y su relación con diversos factores climáticos como la temperatura y la humedad relativa.

El examen está registrado en la base de datos de PROSPERO. Las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, LILACS, OpenGrey y Google Scholar se revisaron con búsquedas limitadas para 2019 y 2020. Se realizó una evaluación del riesgo de sesgo utilizando la Lista de verificación de evaluación de cómo usar. Instrumento Instrumento (JBI). Se utilizó la herramienta GRADE para evaluar la solidez de la evidencia. A través de la selección inicial, se identificaron 517 artículos.

Como resultados se obtuvo que, diecisiete estudios cumplieron con los criterios de elegibilidad para la revisión. Se observó una consistencia significativa en los resultados de los efectos de la temperatura y la humedad sobre la viabilidad y transmisión estacional de COVID-19. Los ambientes secos y fríos son factores favorables para la propagación del virus. Según la evidencia científica disponible al momento, indica que los ambientes cálidos y húmedos reducen la propagación de COVID-19. Aunque la certeza de la evidencia presentada se calificó como baja, hubo consistencia entre los resultados informados por los estudios incluidos.

2.3. REVISIÓN DE APLICACIONES DE LA LÓGICA DIFUSA

En este apartado se presentan los resúmenes y conclusiones de los siguientes artículos científicos: Lógica difusa aplicada a la toma de decisiones [Cortina, Robaina, 2010] y Modelo de predicción de la vida útil de la edificación patrimonial a partir de la lógica difusa [Macías-Bernal, Calama-Rodríguez, y Chávez-de Diego, 2014]

2.3.1. Lógica difusa aplicada a la toma de decisiones

A continuación, describimos un resumen y las conclusiones de la publicación académica de los autores Idalia Brunet Cortina y Daniel Alfonso Robaina realizada en 2010. [Cortina, Robaina, 2010]

En su investigación se usaron métodos de análisis cuantitativos, aplicados a criterios con mucha incertidumbre en la toma de decisiones, lo que hace que se involucren trabajadores, expertos y equipos de trabajo, en la estrategia general de la organización.

Con este trabajo se pudo diagnosticar estratégicamente la entidad, para la toma de decisión sobre las futuras alternativas que permitirían garantizar aumentar la competitividad de la organización, teniendo en consideración la postura de expertos de la entidad y la autorización del consejo de administración; lo que resulta una interesante manera más de relacionar a los trabajadores en la toma de decisiones organizacionales.

2.3.2. Modelo de predicción de la vida útil de la edificación patrimonial a partir de la lógica difusa

A continuación, describimos un resumen y las conclusiones de la publicación académica de los autores Juan Manuel Macías-Bernal, José María Calama-Rodríguez, y María José Chávez-de Diego realizada en 2014. [Macías-Bernal, Calama-Rodríguez, y Chávez-de Diego, 2014]

En esta investigación se busca la manera que se pueda determinar y valorar los factores que inciden sobre la vulnerabilidad y riesgos que afectan al edificio y a la vez diseñar un modelo para poder calcular su vida útil.

De esta manera se hallaría un método de predicción que sería de gran ayuda en procesos de mantenimiento y conservación del patrimonio ya edificado.

Al revisar las diversas metodologías que actualmente se utilizan para la predicción de hechos en el campo de la conservación del patrimonio, nos encontramos con que tales métodos se hallan en el umbral de la incertidumbre.

Se optó por considerar con la teoría de conjuntos difusos (Fuzzy set), como herramienta más adecuada. Al modelo de predicción generado lo denominaron FBSL (Fuzzy building service life) y dió unos resultados muy certeros, a la hora predecir la vida útil del edificio.

Como conclusiones al diseño del Modelo FBSL, se obtuvo lo siguiente: Se determinan la importancia y relación entre los factores, se realizaron los ajustes oportunos en función de los datos de monitorización del edificio, se midió individualmente cada factor, lo que permitió monitorear y actuar para mejorar su resultado final, además con el modelo se aporta objetividad a los resultados. La predicción de vida útil se da en escalas

en función de durabilidad, sus resultados han sido validados ya que fueron comparados con data amplia de edificios.

3. METODOLOGÍA Y FASES

3.1. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se desarrolla la metodología de esta investigación. En ella, se tiene en cuenta la población, la muestra y el procedimiento a seguir para llegar al objetivo.

3.2. POBLACIÓN

En la presente investigación, se tiene como población base viviendas unifamiliares ubicadas en la ciudad de Sevilla.

3.3. MUESTRA

Para la realizar la investigación se analizarán los datos de 3 viviendas unifamiliares ubicadas en Sevilla. Para ello, se necesitará algunas características e información sobre dichos proyectos.

3.4. PROCEDIMIENTO

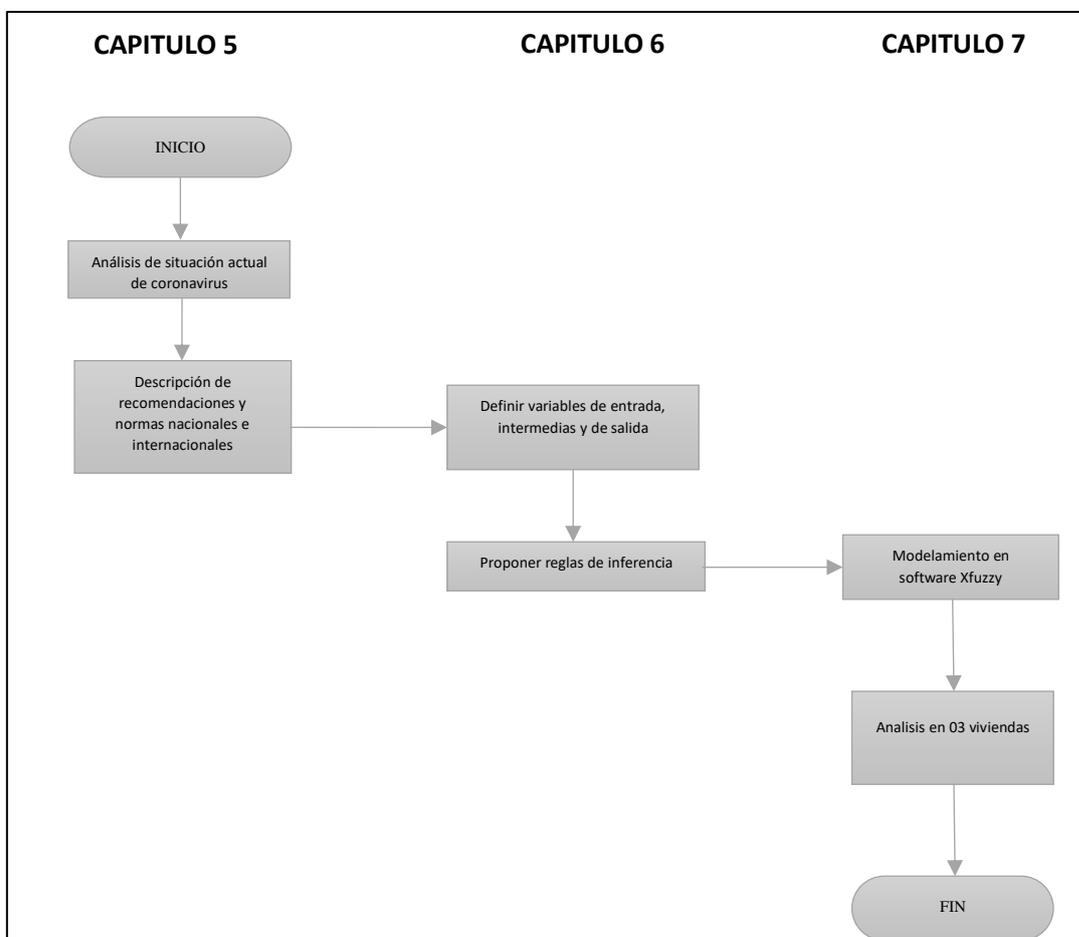


Ilustración 1 Flujograma de metodología. Elaboración propia.

La primera parte del desarrollo de la investigación consistirá en analizar la situación actual del coronavirus; y describir y analizar normas técnicas con respecto al riesgo de contagio de COVID-19 en viviendas por sus sistemas de climatización.

A partir de ello, se procederá a determinar y definir las variables de entradas, intermedias y de salida del modelo a desarrollar.

Luego a partir de las variables de entradas, se propondrán las reglas de inferencia que relacionarán dichas variables.

Como penúltima fase, en el software Xfuzzy modelizaremos para automatizar lo anteriormente determinado.

Finalmente evaluaremos nuestro modelo en tres viviendas unifamiliares.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. FUNDAMENTOS DE LÓGICA DIFUSA

La metodología y el término lógica difusa, fue denominado por el ingeniero Lotfy A. Zadeh en la Universidad de Berkeley (California) por los años 70, denominada como principio de incompatibilidad, para luego llamarla como lógica difusa.

Zadeh en 1994 en su publicación *Lógica difusa: problemas, contenciones y perspectivas* [Zadeh, 1994] nos indica que, “Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual la precisión y el significado son características excluyentes” (p. 80).

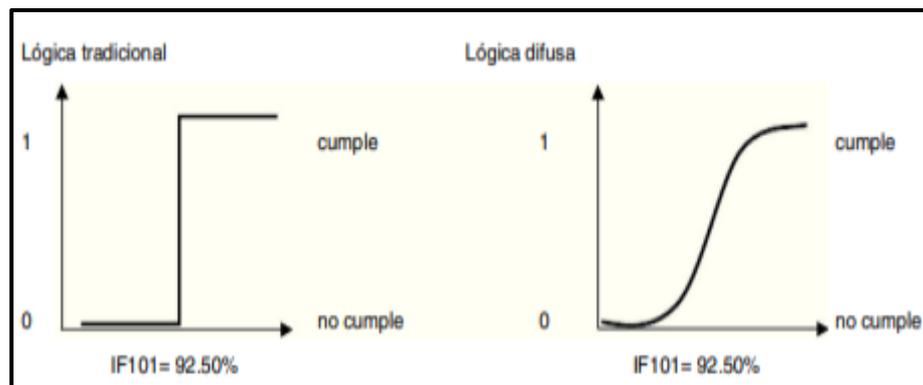


Ilustración 2 Lógica tradicional vs Lógica difusa. Extraído de J.F. Díaz Córdova et al. / Contaduría y Administración 62 (2017) 1670–1686

La ilustración 2 presenta de manera gráfica la interpretación de la información para la lógica tradicional versus la lógica difusa.

Es decir que en la lógica tradicional no es compatible con la realidad, o no se asemeja a la realidad, citamos otro ejemplo similar explicado por el propio Lotfy A. Zadeh donde nos menciona: tenemos grupo altos y no altos, altos mayores a 1.70, según esa indicación los que miden 1.70, 1.71 y demás son altos, y el que mide 1.69 quedaría excluido del grupo, sin embargo esto no es muy coherente, la lógica difusa propone función de pertenencia, donde el de 1.69 tiene una mayor pertenencia al grupo altos y una menor pertenencia no altos.

4.1.1. Conjuntos Difusos, Variables Lingüísticas y Universo de Discurso.

Zadeh en 1965 en *Fuzzy Sets. Information and Control* [Zadeh, 1965] nos define a conjuntos difusos y a variables lingüísticas respectivamente como:

“un conjunto de objetos o elementos con grados de pertenencia, y se caracteriza a través una función de pertenencia $\mu_A(x)$, la cual asigna a cada elemento x un grado de pertenencia en el intervalo $[0,1]$, donde 0 representa la no pertenencia absoluta y 1 representa pertenencia absoluta” (p. 342).

“Una variable lingüística toma palabras o expresiones como valores, así como las variables algebraicas toman números como valores. Ese conjunto de valores de una variable lingüística se denomina conjunto de términos, donde cada valor se define como una variable difusa sobre unas variables base para apoyar las evaluaciones y decisiones” (p. 342).

Asimismo, llamaremos universo de discurso a todo el rango de valores que toman los elementos que tienen la propiedad denotada por la variable lingüística. En el caso de la variable lingüística 'altura de una persona normal', sería el conjunto de valores comprendido entre 1.4 y 2.3 m.

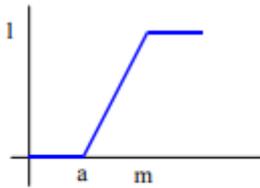
4.1.2. Función de Pertenencia

La función de pertenencia nos indica el grado de aptitud o de funcionalidad de un factor principal. Un ejemplo que nos ayudará a comprender será el de: si analizamos el riesgo «Contagio dentro de viviendas», diríamos que el edificio presenta un grado de riesgo: muy alto - alto - medio - bajo – muy bajo. Las funciones de pertenencia nos indica en qué grado participa de la condición de muy alto - alto - medio - bajo – muy bajo.

Aunque cualquier función sería válida para poder definir conjuntos difusos, hay ciertas funciones que se usan más, Las funciones más comunes son:

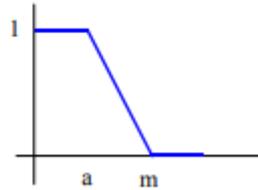
- Función GAMMA (Γ):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ (x-a)/(m-a) & \text{si } x \in (a,m) \\ 1 & \text{si } x \geq m \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x < m \\ 1 & \text{para } x \geq m \end{cases}$$


- Función L:

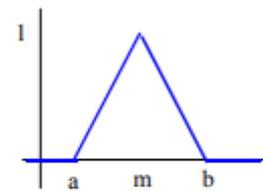
Puede definirse simplemente como 1 menos la función GAMMA



- Función LAMBDA o triangular:

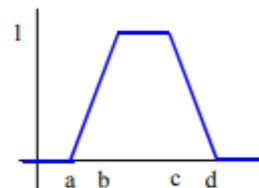
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ (x-a)/(m-a) & \text{si } x \in (a, m] \\ (b-x)/(b-m) & \text{si } x \in (m, b) \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{para } m < x \leq b \\ 0 & \text{para } x > b \end{cases}$$



- Función PI o trapezoidal:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{para } a < x \leq b \\ 1 & \text{para } b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{para } c < x \leq d \\ 0 & \text{para } x > d \end{cases}$$



Del Cerro Sánchez en 2014, en su artículo científico denominado Lógica Difusa [Del Cerro, 2014] nos indica que:

“La lógica difusa, se basa en reglas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente). Los métodos de inferencia para las reglas deben ser sencillos y eficientes. Para escoger una salida concreta a partir de las hipótesis, el método más usado es el ‘centroide’(defusificación), en el que la salida final será el centro de gravedad del área resultante. Si las reglas no son formuladas por expertos, son aprendidas por el sistema, éste hace uso de redes neuronales. A pesar de la variedad de reglas difusas, se suelen emplear las de Mamdani y las de Takagi-Sugeno (TS).

- Regla difusas de Mamdani : La regla dice que IF(x1 is A AND x2 is B AND x3 is C) THEN (u1 is D, u2 is E)
- Reglas difusas de Takagi-Sugeno : La regla dice que IF (x1 is A AND x2 is B AND x3 is C) THEN (u1=f(x1, x2, x3), u2=g(x1, x2, x3))” (p. 3).

Además, también indica que:

“La inferencia se necesita para calcular el resultado de las variables de salida. Los mejores resultados en el campo de control los generan el método de inferencia de Mamdani, RM, la inferencia del producto de Larsen, RL, la inferencia del producto drástico, RDP, y la inferencia del producto limitado, RBP. (p. 3-4).

Método de Inferencia	Definición
R_M	$\min(\mu, \mu_w(z)), \forall z$
R_L	$\mu \times \mu_w(z), \forall z$
R_{DP}	$\mu, \quad \forall \mu_w(z) = 1$ $\mu_w(z), \quad \forall \mu = 1$ $0 \quad \forall \mu < 1 \text{ y } \mu_w(z) < 1$
R_{BP}	$\max(\mu + \mu_w(z) - 1, 0)$

Ilustración 3 Inferencia Difusa. Fuente: Del Cerro, 2014

Después de todo lo que se ha hablado hasta ahora, se puede resumir el proceso de inferencia difusa como:

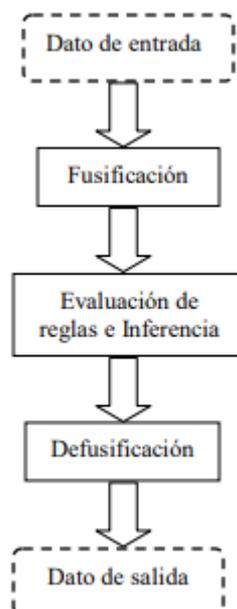


Ilustración 4 Proceso de Inferencia. Fuente: Del Cerro, 2014

El procedimiento se explicará a continuación con un ejemplo adaptado de la publicación Introducción a la Lógica Difusa por Sancho Caparrini, en 2009. el cual trata sobre la adecuación de alquilar una vivienda dependiendo del precio y la distancia al trabajo. [Sancho, 2009]

Se presume que respecto a la tasa de ventilación tenemos tres términos lingüísticos difusos: óptimo, suficiente y deficiente; respecto al nivel de CO₂, tenemos otras tres términos lingüísticos difusos: óptimo, alto y muy alto. Como resultado, podemos valorar la calidad de aire interior como: optima, media, baja y muy baja. Además, las publicaciones de las entidades pertinentes e investigaciones científicas nos ayudan a identificar reglas difusas que pueden ayudarnos a tomar la decisión en función de las características que encontramos:

- Si la tasa de ventilación es óptima y tiene nivel de CO₂ óptimo, entonces la calidad de aire interior es óptima.
- Si la tasa de ventilación es suficiente y tiene nivel de CO₂ óptimo, entonces la calidad de aire interior es media.
- Si la tasa de ventilación es deficiente y tiene nivel de CO₂ óptimo, entonces la calidad de aire interior es baja.
- Si la tasa de ventilación es óptima y tiene nivel de CO₂ alto, entonces la calidad de aire interior es media.
- Si la tasa de ventilación es suficiente y tiene nivel de CO₂ alto, entonces la calidad de aire interior es media.
- Si la tasa de ventilación es deficiente y tiene nivel de CO₂ alto, entonces la calidad de aire interior es muy baja.
- Si la tasa de ventilación es óptima y tiene nivel de CO₂ muy alto, entonces la calidad de aire interior es baja.
- Si la tasa de ventilación es suficiente y tiene nivel de CO₂ muy alto, entonces la calidad de aire interior es baja.
- Si la tasa de ventilación es deficiente y tiene nivel de CO₂ muy alto, entonces la calidad de aire interior es muy baja.

Nuestro objetivo en este ejemplo es aplicar la Lógica Difusa para extraer un valor de la calidad de aire interior de cada casa que nos encontramos. De cada vivienda a

evaluar obtenemos dos valores numéricos que corresponden al nivel de CO₂ y la tasa de ventilación a la que se encuentra. El proceso que se sigue es el siguiente:

1. Convertir en difuso (codificación) los datos de entrada.
2. Para cada regla, evaluar el antecedente de la regla sobre los datos de entrada, para ello, basta aplicar el método del operador lógico que interviene en el antecedente sobre los valores difusos de los datos de entrada obtenidos en el apartado anterior.
3. Obtener la conclusión de la regla difusa aplicada. Para ello, basta aplicar el operador asociado a la implicación lógica sobre el resultado del antecedente, y considerar el conjunto difuso asociado a la conclusión de la regla.
4. Agregar las conclusiones de todas las reglas consideradas, lo que produce un nuevo conjunto difuso, aplicando la función de agregación seleccionada para agregar todas las reglas de nuestro sistema.
5. Decodificación del nuevo conjunto (agregado) difuso obtenido, aplicando el tipo de desfuzzyficación deseado se obtiene un valor numérico que indica la adecuación de la vivienda concreta que estamos evaluando.

4.2. XFUZZY

Según el Instituto de Microelectrónica de Sevilla nos menciona que:

Xfuzzy es un entorno de desarrollo para sistemas de inferencia basados en lógica difusa. Está formado por varias herramientas que cubren las diferentes etapas del proceso de diseño de sistemas difusos, desde su descripción inicial hasta la implementación final. Sus principales características son la capacidad para desarrollar sistemas complejos y la flexibilidad para permitir al usuario extender el conjunto de funciones disponibles. El entorno ha sido completamente programado en Java, de forma que puede ser ejecutado sobre cualquier plataforma que tenga instalado el JRE (Java Runtime Environment). (p.8). [IMS, 2014]

Entorno de Desarrollo Xfuzzy

El entorno de desarrollo tiene 4 etapas: de descripción, verificación, ajuste y síntesis. Las cuales serán descritas a continuación.

Descripción: El primer paso en el desarrollo de un sistema difuso consiste en seleccionar una descripción preliminar del sistema. Esta descripción será

posteriormente refinada como resultado de las etapas de ajuste y verificación. Xfuzzy 3 contiene dos herramientas que facilitan la descripción de sistemas difusos: xfedit y xfpkg. La primera está dedicada a la definición lógica del sistema, es decir, la definición de sus variables lingüísticas y las relaciones lógicas entre ellas. Por otra parte, la herramienta xfpkg facilita la descripción de las funciones matemáticas asignadas a los operadores difusos, los modificadores lingüísticos, las funciones de pertenencia y los métodos de defuzzificación. (p.38).

Verificación: La etapa de verificación en el proceso de diseño de sistemas difusos facilita el estudio del comportamiento del sistema difuso bajo desarrollo. El objetivo de dicho estudio es detectar las posibles desviaciones frente al comportamiento esperado e identificar las causas de estas desviaciones.

El entorno Xfuzzy cubre la etapa de verificación con tres herramientas. La primera de ellas es xfplot, que muestra el comportamiento entrada/salida del sistema mediante una gráfica bidimensional o tridimensional. La herramienta de monitorización, xfmt, muestra los grados de activación de las distintas reglas y variables lingüísticas, así como los valores de las diferentes variables internas, para un conjunto dado de entradas. Por último, la herramienta xfsim está dirigida hacia la simulación del sistema dentro de su entorno de operación (real o modelado), permitiendo ilustrar la evolución del sistema mediante representaciones gráficas de las variables seleccionadas por el usuario. (p.52).

Ajuste: Los procesos de identificación y ajuste constituyen habitualmente las tareas más complejas en el diseño de sistemas difusos. El comportamiento de un sistema depende de la estructura lógica de sus bases de reglas y de las funciones de pertenencia de sus variables lingüísticas. El proceso de identificación tiene por objetivo determinar la estructura del sistema, mientras que el proceso de ajuste suele dirigirse normalmente a modificar los diferentes parámetros de las funciones de pertenencia que aparecen en la definición del sistema. Ya que el número de casos que deben ser considerados para extraer las reglas y el número de parámetros que deben ser modificados simultáneamente suele ser elevado, un proceso de identificación o ajuste manual resultaría claramente incómodo por lo que se requiere el uso de técnicas automáticas.

El entorno Xfuzzy 3 incluye cuatro herramientas para esta etapa de diseño. xfdm y xftsp son herramientas de adquisición de conocimiento. La primera permite obtener la estructura de sistemas de inferencia utilizados como aproximadores o clasificadores difusos, mientras que la segunda está especialmente enfocada a la predicción de series temporales. xfsl, es una herramienta de ajuste de parámetros basada en el uso de algoritmos de aprendizaje supervisado. En las técnicas de aprendizaje supervisado el comportamiento deseado del sistema es descrito mediante un conjunto de patrones de entrenamiento (y de test). El aprendizaje supervisado intenta minimizar una función de error que evalúa la diferencia entre el comportamiento actual del sistema y el comportamiento deseado definido mediante el conjunto de patrones de entrada/salida. Por último, xfsp es una herramienta de simplificación que permite reducir el número de funciones de pertenencia y compactar las bases de reglas de un sistema difuso para facilitar su implementación software o hardware e incrementar su interpretabilidad lingüística. (p.62).

Síntesis: La etapa de síntesis es el último paso en el flujo de diseño de un sistema. Su objetivo es generar una implementación del sistema que pueda ser usada externamente. Existen dos tipos diferentes de implementaciones finales para sistemas difusos: implementaciones software e implementaciones hardware. La síntesis software genera la representación del sistema en un lenguaje de programación de alto nivel. La síntesis hardware genera un circuito microelectrónico que implementa el proceso de inferencia descrito por el sistema difuso. Las implementaciones software resultan útiles cuando no existen fuertes restricciones sobre la velocidad de inferencia, el tamaño del sistema o el consumo de potencia. Este tipo de implementación puede ser generada a partir de cualquier sistema difuso desarrollado en Xfuzzy. Por otra parte, las implementaciones hardware son más adecuadas cuando se requiere alta velocidad o bajo consumo de área y potencia, pero, para que esta solución sea eficiente, es necesario imponer ciertas restricciones sobre el sistema difuso, de forma que la síntesis hardware no es tan genérica como la alternativa software.

Xfuzzy 3 proporciona al usuario tres herramientas para síntesis software: xfc, que genera una descripción del sistema en ANSI-C; xfcpp, para generar una descripción C++; y xfj, que describe el sistema difuso mediante una clase Java.

En cuanto a las facilidades de síntesis hardware, el entorno incluye la herramienta xfvhdl que genera una descripción VHDL sintetizable basada en una arquitectura específica para sistemas difusos, y la herramienta xfsg que genera un modelo Simulink que puede ser implementado sobre FPGAs utilizando las herramientas de desarrollo de DSP de Xilinx (SysGen). (p.80).

A continuación, citamos textualmente un ejemplo de modelamiento en Xfuzzy extraído de la publicación realizada en 2009, Método de decisión borrosa de si un efecto es impacto ambiental y su carácter [Gallego, Gonzales, Garmendia, Garmendia, 2009]:

Sobre cada variable se definen conjuntos difusos, los cuales contienen funciones de pertenencia distribuidas a lo largo del universo de discurso que modelan un concepto. En caso de las variables de entrada se ha definido el tipo tModificación, y para la variable de salida tEfecto.

Para el caso del tipo tModificación se ha considerado un universo de discurso en un intervalo booleano $[0,1]$, definiendo así los diferentes conjuntos difusos “poco” o “mucho”. A continuación, se muestra en detalle la definición del tipo, incluyendo la función de distribución:

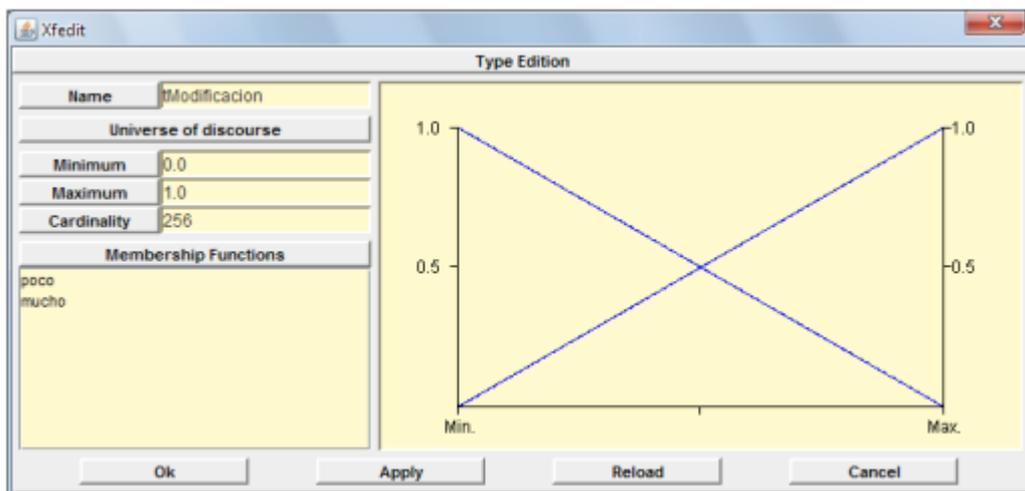


Ilustración 5 Conjuntos difusos “Poco” y “Mucho” sobre la variable Modificación

En el caso del tipo tEfecto se ha considerado de nuevo un universo de discurso en un intervalo $[0,1]$, dejando la cardinalidad por defecto como en el caso anterior, definiendo así los conjuntos difusos “despreciable” o “significativo”:

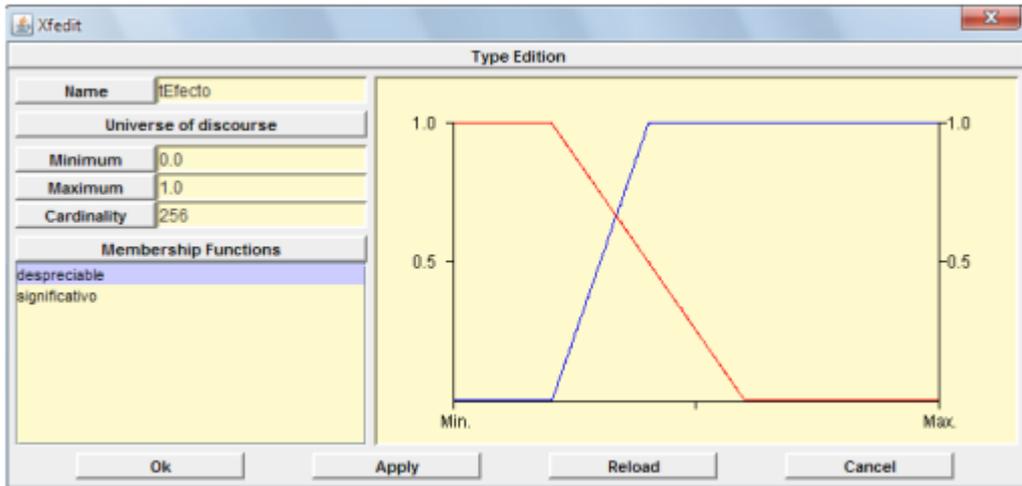


Ilustración 6 Conjuntos difusos “Despreciable” y “Significativo” sobre la variable Modificación

Luego se modela el sistema de inferencia, que estará basado en reglas del tipo condicional (if ‘variable entrada es conjunto difuso’ entonces ‘variable salida es conjunto difuso’).

En nuestro ejemplo se definen las reglas que modelan el concepto de efecto despreciable y significativo obtenidas a partir de las definiciones teóricas indicadas anteriormente:

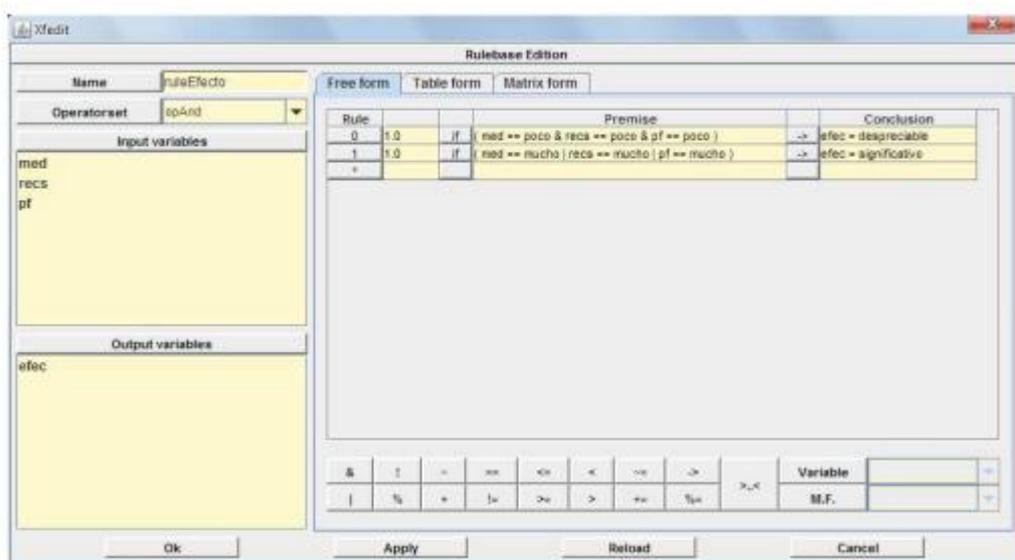


Ilustración 7 Reglas de inferencia difusas

Como podemos ver en la ilustración, se han creado una serie de variables de entrada y salida según los tipos definidos anteriormente, a partir de las cuales se han definido las reglas:

Luego se procede a definir el conjunto de operadores a usar, basado en la lógica del producto y de la suma, dejando el indicado en cada caso por defecto.

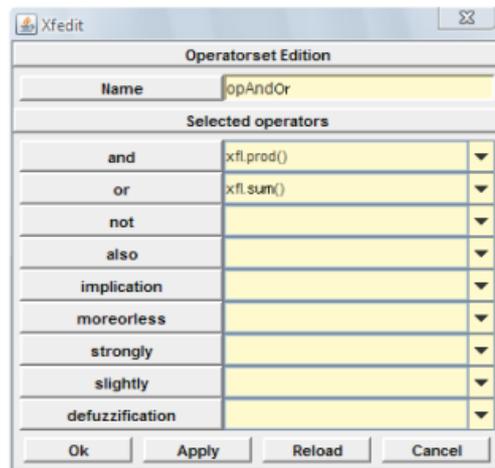


Ilustración 8 Elección de operadores (de t-norma y t-conorma)

Posteriormente se formaliza el motor de inferencia basado en las variables, operadores y reglas definidas anteriormente, conformando finalmente el sistema.

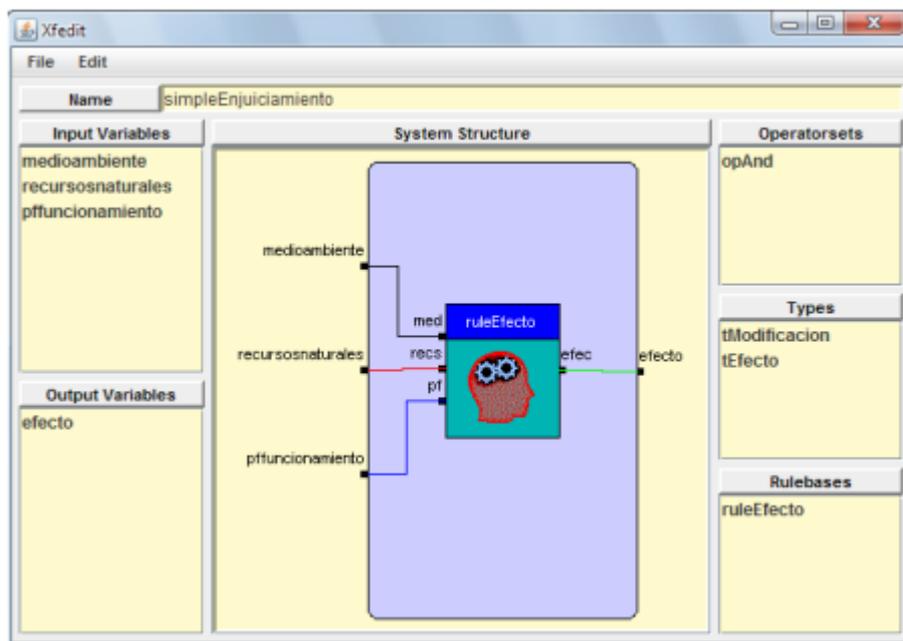


Ilustración 9 Motor de inferencia

Finalmente se realizan una serie de pruebas de inferencia, a partir de las cuales podemos determinar el grado de pertenencia de cada regla al conjunto de salida, confirmando la correcta distribución de los mismos.

4.2. COVID-19 Y SUS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Según la OMS en su publicación del 2020 Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations Scientific Brief [OMS, 2020], las infecciones respiratorias por SARS-CoV-2 pueden transmitirse por las siguientes vías:

4.2.1 Transmisión por gotas y por contacto:

La transmisión se puede dar a través de un contacto directo de persona a persona, indirecto o contacto cercano a infectados a través de secreciones como lo son la saliva y gotas que emana la persona infectada cuando tose, estornuda, habla o canta.

Las gotas pueden ser de dos tipos. Gotas de tamaño entre 5 y 10 μm y Gotas pequeñas, microgotas, de tamaño inferior o igual a 5 μm , también conocidas como núcleo de gota o aerosoles.

El contagio a través de la transmisión directa por gotas respiratorias ocurre cuando una persona está en contacto a menos de 1 metro con un infectado con síntomas respiratorios (toser o estornudar) o que esté cantando o hablando. En este caso las gotas respiratorias con carga viral pueden llegar a la boca, nariz o los ojos de otra persona y contagiarlas.

Es posible la transmisión indirecta a través de objetos o superficies (fómites) que han sido anteriormente contaminados con estas secreciones, aunque no existe evidencia suficiente que haya demostrado directamente esta transmisión la OMS la acepta y por tanto se debe tomar en cuenta.

4.2.2. Transmisión aérea:

La transmisión aérea por medio de aerosoles (gotas pequeñas) se da porque las partículas que se encuentran retenidas en un espacio durante un tiempo variable, a una distancia mayor de 2 metros y especialmente en lugares cerrados con poca o mala ventilación. Estos aerosoles se producen a partir de la evaporación de gotas mayores y también cuando se habla o se respira.

Para el caso del coronavirus todavía se desconoce qué porcentaje de estas gotas se generan por evaporación de gotas mayores y qué dosis de virus viable se considera infecciosa en estos aerosoles. Asimismo, la detección de ARN del coronavirus en las partículas de aerosol no significa necesariamente que haya un número considerable de virus viables con capacidad infecciosa.

5. NORMAS TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo, se cita textualmente lo que se considerará de cada publicación de normas técnicas y recomendaciones dadas por entidades internacionales y oficiales del sistema español para la evaluación y posterior elección de las variables de nuestro modelo.

Las citas textuales se dan porque al ser normas, debemos tratarlas y analizarlas tal y como nos lo recomiendan las entidades pertinentes.

5.1. HOJA DE RUTA PARA MEJORAR Y ASEGURAR BUENA VENTILACIÓN INTERIOR EN EL CONTEXTO DE COVID-19 [OMS, 2020]

Evaluación de la ventilación

La velocidad de ventilación y la dirección del flujo de aire son elementos clave que deben evaluarse antes de emprender cualquier acción en el sistema de ventilación. Esta primera evaluación proporcionará la línea de base y permitirá al usuario comprender mejor la brecha entre la funcionalidad del sistema de ventilación y los requisitos propuestos. Se debe realizar una segunda evaluación una vez que se hayan implementado las estrategias de mejora. La comparación de la segunda evaluación con la línea de base inicial proporcionará una descripción general de la efectividad de las estrategias de mejora implementadas y una comprensión clara de la nueva tasa y flujo de ventilación.

Los sistemas de ventilación natural y mecánica requieren diferentes métodos para evaluar la tasa de flujo de aire de ventilación.

Punto 1) Tasa de ventilación mínima – sistema de ventilación mecánica. ¿Cómo evaluarlo?

Cada sistema de ventilación mecánica está diseñado para tasas de flujo de aire específicas. Consulte el manual técnico para verificar la capacidad del sistema.

Punto 2) Tasa de ventilación mínima – sistema de ventilación natural. ¿Cómo estimarlo?

Como regla general, la tasa de ventilación natural impulsada por el viento a través de una habitación se puede calcular de la siguiente manera:

Tasa de ventilación [L / s] = kx velocidad del viento [m/s] x área de apertura más pequeña [m²] x 1000 [L/m³]

k = 0,05 en el caso de ventilación unilateral

$k = 0,65$ en el caso de ventilación cruzada

en el caso de presencia de mosquiteros = tasa de ventilación $\times 0,5$

velocidad del viento: la velocidad del viento se refiere al valor a la altura del edificio en un sitio lo suficientemente alejado del edificio sin obstrucciones (por ejemplo, en un aeropuerto).

Punto 3) Dirección del flujo de aire. ¿Cómo evaluarlo?

La dirección del flujo de aire generalmente se evalúa a través de un trazador de gas. Sin embargo, se pueden usar otras soluciones rentables, como varillas de incienso u otros generadores de humo; se puede usar una prueba de humo para resaltar la dirección del flujo de aire.

5.2. RECOMENDACIONES SOBRE EL USO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN EN EDIFICIOS, A FIN DE PREVENIR LA PROPAGACIÓN DEL SARS-COV-2. [INSST, 2020]

a) Ventilación Centralizada

- Suministra tanto aire exterior fresco como sea posible: 12,5 l/s y ocupante (mínimo recomendable).
- Desactiva los sistemas de ventilación controlados por demanda o fija el punto de ajuste de CO₂ a un valor más bajo de 400 ppm.
- En los equipos de recuperación de calor asegura la inexistencia de fugas desde el aire extraído al aire de impulsión, y en caso de duda sobre la existencia de fugas, páralos.
- Desactiva la recirculación del aire interior.
- Mantén la ventilación encendida las 24h/7d a la semana, con tasas de ventilación reducidas ($\geq 25\%$) cuando las personas están ausentes.
- Cambia la programación para iniciar la ventilación a velocidad nominal al menos 2 horas antes del tiempo de uso del edificio y cambia a una velocidad más baja 2 horas después del tiempo de uso del edificio.

b) Ventilación natural

Abre las ventanas, al menos durante 15 minutos al entrar en la estancia, incluso aunque haya ventilación mecánica.

c) Temperatura y Humedad

- Asegura una HR entre 40% y 60% en interiores. La temperatura no tiene efecto práctico.

d) Ventilación en baños

- Mantén los sistemas de ventilación de extracción de los inodoros siempre en funcionamiento las 24 horas del día, los 7 días de la semana y evita abrir las ventanas del baño si este tiene sistema de extracción.
- Descarga los inodoros con la tapa cerrada.

e) Mantenimiento y limpieza

- Limpia los conductos según el procedimiento habitual, no se requiere reforzar su limpieza.
- Se recomienda reforzar la limpieza de los filtros de aire.
- Asume siempre que los filtros tienen material microbiológico activo, incluidos virus viables.
- No se recomienda el uso de ozono para la desinfección en aire acondicionado.

5.3. RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE EDIFICIOS Y LOCALES PARA LA PREVENCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL SARS-COV-2. [MSCBS, 2020]

Ventilación y aire exterior

Se ha demostrado que el riesgo de contagio por vía aérea por el virus SARS-CoV-2 en el interior de los edificios es más elevado cuando existe poca ventilación. Aunque el parque edificatorio es muy diverso, y las normas de referencia para su diseño de distintas épocas, es necesario que el aporte de aire exterior sea el máximo que permita el sistema que atiende el edificio.

a) Caudal Mínimo de Aire Exterior

El parámetro más importante en la ventilación es la renovación de aire por ocupante. Como valor recomendado y ante la incertidumbre de un valor fijo, se recomienda un mínimo de 12,5 l/segundo y ocupante, incluso para establecimientos comerciales, valor que el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios atribuye a IDA 2: aire de buena calidad. Este tipo de medida solo será posible si se disponen unidades de tratamiento específicas de aire exterior. Para asegurar este valor mínimo, se puede trabajar en dos direcciones: aumentar la ventilación o reducir la ocupación.

En este sentido es posible que se deba recalcular la ocupación máxima de los espacios en base a la ventilación por ocupante.

b) Verificación de Caudales

Se debe verificar que los equipos encargados de la renovación de aire trabajen, al menos, en sus condiciones nominales de diseño y que posibles pérdidas de carga, especialmente internas al sistema, sean mínimas (filtros con colmatación, etc.). Si la actuación del motor es mediante variador de frecuencia, hay que observar que está en las condiciones previstas de servicio, y a ser posible, a la velocidad máxima del motor siguiendo los límites marcados por el fabricante. De esta manera se garantizará un caudal máximo de ventilación.

c) Modificar el Control para Aumentar la Ventilación

Si el sistema dispone de controles específicos de calidad de aire (sondas de CO₂, etc.) se recomienda desconectarlos dando prioridad al uso continuado y a máximo caudal del sistema (por horario). En horario laboral, se recomienda trabajar con el caudal máximo que permita el sistema durante dos horas antes/después de la apertura/cierre del centro de trabajo. En las horas restantes de la semana, incluido fines de semana, se recomienda mantener el sistema funcionando a bajo caudal, pero nunca por debajo del 25% del caudal de aire nominal.

d) Reducir o Eliminar en lo Posible la Recirculación de Aire en los equipos

Si se dispone de unidades de tratamiento con recirculación de aire, siempre que las condiciones de operación lo permitan, se cerrarán las compuertas de recirculación trabajando con aire exterior. Si se dispone de sección de “freecooling” se pasará directamente a modo 100% aire exterior.

Debe observarse que es prioritario hipotecar, en cierta medida, el confort y la eficiencia energética frente a la salubridad mientras sea prioritario evitar contagios.

e) Recuperadores de Calor

En los recuperadores rotativos se recomienda realizar una inspección antes de ponerlos en funcionamiento, en la cual se comprobará el estado de la sección de recuperación en cuanto a fugas y by-pass de partículas desde el aire de extracción al de impulsión. Esta inspección se podrá realizar con la inyección de un aerosol en la línea de retorno y un contaje de partículas en impulsión. En caso de que exista un paso de partículas superior al 5% se deberán proceder a sellar las juntas y/o corregir la diferencia de presiones. Si estas maniobras no son suficientes se recomienda el paro de la rueda y realizar by-pass en la sección de recuperación.

En los recuperadores de placas, se recomienda verificar las posibles fugas antes de ponerse en operación; en caso de que se detecte el paso excesivo de partículas se realizará un by-pass en la sección de recuperación si existen compuertas para ello en el climatizador.

f) Extracción de Aseos en Continuo

Si existe un sistema de extracción dedicado para la zona de aseos u otras zonas anexas a la oficina (vestuario, etc.) se recomienda mantenerlos en funcionamiento de forma permanente (24 horas al día 7 días a la semana). En el caso de existir en los aseos ventanas practicables, se recomienda no abrirlas debido a que ello podría establecer un flujo de aire inverso y sacar aire de los aseos al resto del edificio y facilitar la contaminación por vía fecal-oral.

g) Aumento de la Ventilación Natural

Si el edificio en origen no dispone de sistemas de ventilación mecánica, es recomendable la apertura de ventanas accesibles. Aunque pueda generar cierta incomodidad por las corrientes de aire, o sensación térmica, está demostrado que la renovación de aire por ventilación cruzada baja las tasas de contaminantes de las estancias. Incluso en edificios con ventilación mecánica es recomendable realizar una ventilación regular con ventanas.

Condiciones Termohigrométricas de operación

Aunque hay distintos estudios sobre la desactivación del virus SARSCoV- 2 en base a la temperatura y humedad de la superficie donde se encuentre, en algunos casos son contradictorios. Los puntos comunes a todos ellos y por lo tanto aconsejables son los siguientes:

h) Temperaturas de consigna habituales

Las condiciones de operación del edificio impuestas por el vigente Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, no afectan de forma significativa a la desactivación del virus, y las condiciones que la permitirían, especialmente por condiciones térmicas (por encima de 30°) no son compatibles con una actividad en el interior de los locales climatizados convencional. Por tanto, se recomienda no cambiar los puntos de consigna de calefacción ni refrigeración.

i) Humedad Relativa en los Valores Habituales

Aunque en el control de la humedad hay más controversia, según los distintos estudios aportados, los rangos reglamentarios en vigor (30 a 70 % de HR) se consideran adecuados por lo que también se recomienda mantener los puntos de consigna establecidos previamente en el edificio.

Unidades terminales

Si el edificio dispone de fancoils, inductores, o unidades interiores vinculados a sistemas de expansión directa se recomiendan las siguientes actuaciones:

j) Funcionamiento de las Unidades Terminales con Recirculación de aire en instalaciones dotadas de ventilación exterior

Se recomienda que los ventiladores de las unidades interiores terminales tales como fancoils, unidades interiores de expansión directa, unidades tipo splits, etc., funcionen de manera continua cuando los locales están ocupados y siempre solidariamente con el horario de los sistemas de ventilación mecánica (Unidades de Tratamiento de Aire Exterior, Ventiladores/Extractores, Unidades Autónomas de Ventilación, etc.).

Con esta medida disminuimos el pequeño riesgo de resuspensión de agentes contaminantes y favorecemos su eliminación por la ventilación mecánica.

Sistemas de filtración y purificación del aire

Independientemente de la obligatoriedad de cumplimiento del RITE, existen equipos específicos, bien para incorporar a los existentes o como equipos autónomos, con distintas tecnologías y las combinaciones de ellas que se reflejan en este documento como nota informativa por ser soluciones disponibles en el mercado que cada técnico aplicará bajo su criterio. Se trata de tecnologías de apoyo que si no se dimensionan o aplican correctamente pueden no cumplir los objetivos para los que se prescriben y cuya efectividad será el resultado de la combinación de los tratamientos y la aplicación de las tecnologías usadas.

k) Sistemas de filtración y purificación centralizados

Se recomienda aumentar tanto como sea técnicamente posible la filtración del aire recirculado en equipos centralizados, si el equipo/ventilador lo permite, siempre y cuando se garantice el caudal de aire nominal del equipo. Se recomienda seleccionar tecnologías filtrantes con la menor pérdida de carga.

La radiación ultravioleta corta UV-C ha sido ampliamente documentada como una tecnología complementaria válida para inactivar todo tipo de patógenos incluidos los virus, de alta efectividad sobre superficies. Se recomienda su uso en baterías, evaporadores o conductos de los equipos de tratamiento de aire como medida adicional o complementaria de desinfección de sus superficies, considerando un efecto moderado o bajo sobre flujos de aire. Algunas lámparas pueden producir ozono como subproducto, por lo que se debe prestar especial atención en este sentido, así como en la posible radiación directa sobre las personas.

l) Sistemas de filtración y purificación portátiles

En el caso de locales con dificultades para obtener una ventilación satisfactoria, se recomienda el uso de unidades portátiles equipadas con filtros de alta eficiencia HEPA, ubicadas en los espacios a tratar. Es preciso que mantengan un índice de movimientos hora significativo.

Los filtros HEPA deberán tener una filtración altamente eficiente del aire, con capacidad de retener aerosoles en porcentajes superiores al 99,95%, según la norma UNE1822.

Adicionalmente, los sistemas de filtración y purificación portátiles pueden contar con tecnologías complementarias de purificación, tales como radiación ultravioleta u otras, que deberán demostrar su eficacia e inocuidad.

Mantenimiento de las instalaciones.

Tan relevante como la operación del sistema son las labores de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo a realizar en los sistemas descritos.

El mantenimiento de las instalaciones térmicas está regulado por la INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.3 “MANTENIMIENTO Y USO” del Reglamento de Instalaciones Térmicas en vigor.

m) Mantenimiento Preventivo antes de la Reapertura

En edificios y establecimientos que hayan cerrado o cesado su actividad, es recomendable realizar una revisión general de la instalación de climatización antes de la reapertura. En este caso, es conveniente realizar la limpieza de rejillas, difusores, filtros y baterías.

Para el caso de la ventilación, antes de la reapertura se recomienda realizar un proceso de purga del aire interior tanto del edificio como del sistema de ventilación, para lo que bastaría con el arranque del sistema de ventilación para ofrecer un número de renovaciones del aire interior adecuado.

n) No es preceptiva la limpieza de los conductos

Si se han seguido las recomendaciones anteriores sobre el aumento del aporte de aire exterior, ausencia de recirculación y parada de recuperadores rotativos, no es esperable que haya transporte ni existencia de virus en la red de conductos de aporte que puedan contaminar a las estancias a las que atienden; por lo que, con relación al SARS-CoV-2 no es necesario hacer la limpieza de la red de conductos.

Se ha de tener presente que una vez por temporada es preceptiva la revisión de la red de conductos según los criterios de la norma UNE 100012.

ñ) Revisión y limpieza de filtros de aire

Un filtro colmatado o con una pérdida de carga excesiva puede reducir el caudal de aire circulante en la unidad, entrando en conflicto con las recomendaciones iniciales realizadas anteriormente. Por tanto, se recomienda reemplazar los filtros de aire de acuerdo con el programa de mantenimiento ya establecido en cada edificio.

La sustitución de los filtros normativos en las unidades de tratamiento de aire por otros de mayor eficacia puede reducir el caudal de aire si el ventilador del equipo no está preparado para esa pérdida de carga adicional. En ese caso, se recomienda que el cambio

de filtro sea por otro de igual eficacia y pérdida de carga. Si el ventilador del equipo lo permite, se recomienda mejorar la eficacia del filtro, siempre que se garantice el caudal de aire nominal del equipo.

La manipulación y tratamiento de los filtros sustituidos debe realizarse de forma segura.

o) Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno

Si bien reglamentariamente es necesario realizar una revisión y limpieza de las unidades de impulsión y retorno de aire una vez por temporada, se considera conveniente reforzar el mantenimiento de los climatizadores especialmente en los siguientes puntos:

- Verificación de la estanqueidad de las unidades y secciones que la componen, así como en juntas, puertas o registros.
- Verificación de presiones y caudales nominales de la unidad (punto de trabajo).
- Limpieza de equipo y componentes (baterías, superficie interior, etc.).

p) Incrementar las Medidas de Protección de los Mantenedores

Todas las labores descritas se deben realizar según las medidas de seguridad establecidas en los protocolos que cada empresa y según directrices del Ministerio de Sanidad.

Una de las labores más complejas, desde el punto de vista de seguridad personal, es el cambio de filtros que puedan contener trazas de contaminación, hay que asumir siempre que esto es así y extremar las precauciones. Las medidas de protección serán las habituales incluyendo protección respiratoria obligatoria y guantes para todas ellas.

Se debe tener especial cuidado con la manipulación de filtros sucios recordando que, aparte de lo ya indicado, debe realizarse siempre con el equipo apagado y manteniendo la adecuada custodia del material sustituido recomendando su depósito en bolsa sellada, previa entrada en el circuito de residuos establecido en cada caso.

Limpieza de la instalación ante un caso sospechoso de la COVID-19.

Se establecen unas recomendaciones de limpieza de los equipos en caso de existir un caso sospechoso o confirmado de COVID-19.

q) Actuaciones ante un posible positivo de contagio

Se recomienda la ventilación del espacio donde se haya alojado la persona durante al menos, 4 horas. Se procederá a la ventilación al máximo, tanto forzada como natural, de

ser posible. La ventilación debe comenzar al menos 2 horas antes de comenzar las labores de desinfección.

Se recomienda incluir las rejillas de impulsión y retorno de aire dentro del protocolo de limpieza y desinfección del espacio y la extracción, limpieza y desinfección del filtro de la unidad interior si la hubiera (fancoil, 41plit), así como la limpieza y desinfección de la unidad interior (de existir) pulverizando una solución desinfectante.

6. VARIABLES DEL SISTEMA Y REGLAS DE INFERENCIA

Para escoger las variables que se emplearán en el desarrollo del modelo difuso, se ha tenido en cuenta como base la información analizada en el capítulo anterior.

En la Ilustración 10 se muestra la estructura que tendrá nuestro modelo difuso, en donde se observan cuáles son nuestras variables de entrada, intermedias y de salida.

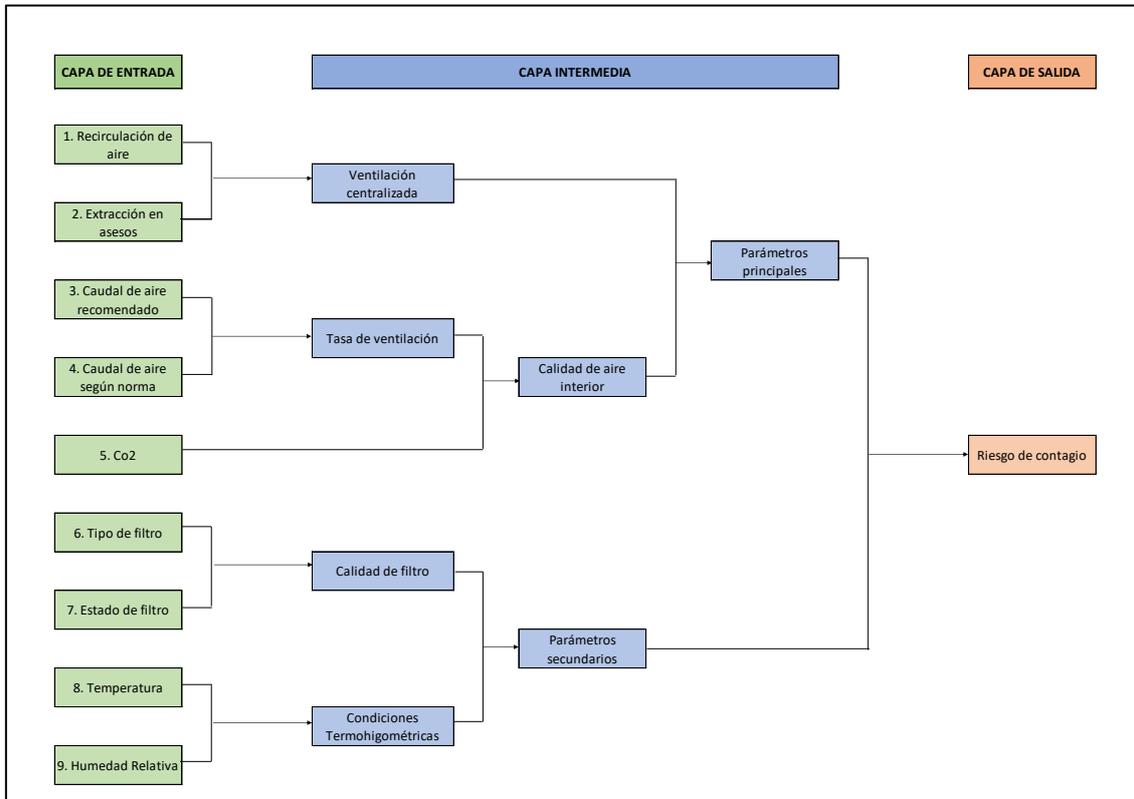


Ilustración 10 Estructura de modelo difuso. Elaboración propia

6.1. VARIABLES DEL SISTEMA

6.1.1. Variables de entrada

- **Temperatura**

Se emplea como parámetro para valorar, la temperatura del ambiente en la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 10.

Se dieron tres conjuntos difusos (Temperaturas bajas – Temperaturas medias – Temperaturas altas)

0-3	<22°C	Temperaturas bajas
4-7	<22°C,24°C>	Temperaturas medias
8-10	>24°C	Temperaturas altas

- **Humedad Relativa**

Se emplea como parámetro para valorar, la humedad relativa del ambiente en la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 10.

Se dieron tres conjuntos difusos (Humedades bajas – Humedades medias – Humedades altas)

0-3	[0%-30%>	Humedades bajas
4-7	<30,70>	Humedades medias
8-10	<70,100]	Humedades altas

Un decrecimiento en el ancho de la barra indica una mejora en la calidad del aire interior.

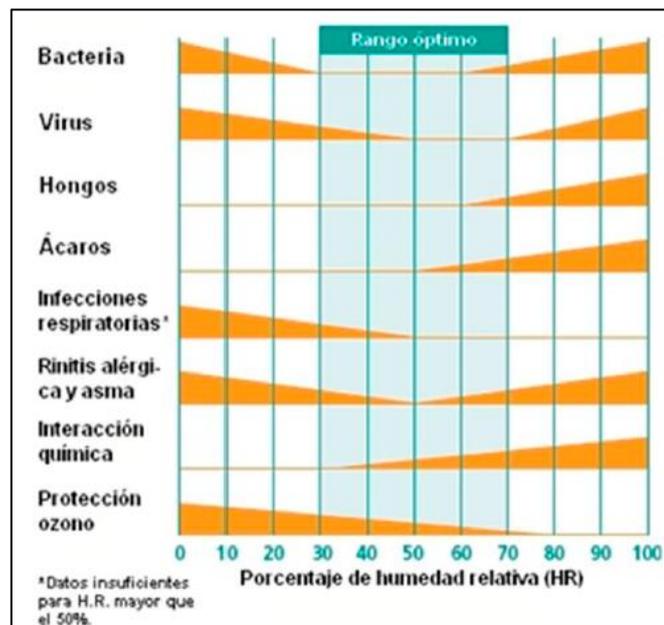


Ilustración 11 Rango óptimo de la humedad relativa para un ambiente sano. Fuente: E.M. Sterling study

La humedad ambiental tiene un triple efecto sobre las infecciones respiratorias:

- HR<30%: las vías respiratorias se resecan, haciéndolas más vulnerables a las infecciones respiratorias
- SARS coV-2 es más estable con humedades por debajo del 20%

- **Caudal de aire recomendado por persona**

Se emplea como parámetro para valorar, la el caudal de aire por persona que se recomienda. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 6.

Se dieron tres conjuntos difusos

0-2 0-2 personas

3-4 3-4 personas

5-6 5-6 personas

CATEGORIA DE LA CALIDAD DEL AIRE	METODO DETERMINACION CAUDALES		
	INDIRECTO		DIRECTO
	CAUDAL AIRE VENTILACIÓN		CO ₂ (ppm)
	l/(s·persona)	m ³ /(h·persona)	Sobre aire exterior
IDA 1 (OPTIMO)	20,0	72,0	350
IDA 2 (BUENO)	12,5	45,0	500
IDA 3 (MEDIO)	8,0	28,8	800
IDA 4 (BAJO)	5,0	18,0	1.200
IDA 1:	Hospitales, Clínicas, Laboratorios, Guarderías, etc.		
IDA 2:	Oficinas, Residencias (Locales comunes de hoteles y similares, Residencias de Ancianos y de Estudiantes), Salas de lectura, Museos, Salas de Tribunales, Aulas de Enseñanza y asimilables, etc.		
IDA 3:	Edificios comerciales, Cines, Teatros, Salones de Actos, Habitaciones de Hoteles y similares, Restaurantes, Cafeterías, Bares, Salas de Fiestas, Gimnasios, Locales para Deportes (salvo piscinas), etc.		
IDA 4:	NO SE DEBE APLICAR EN EDIFICIOS DE USO HABITUAL		

Recomendaciones:

Disminuir el aforo en la vivienda

- **Caudal de aire según HS3**

Se emplea como parámetro para valorar, el caudal de aire según HS3. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 10.

Se dieron cuatro conjuntos difusos (Vivienda 3/2 – Vivienda 3/1 – Vivienda 2/2 – Vivienda 2/1)

3 vivienda de 3 dormitorios 1 cocina 2 baños 1 sala

2 vivienda de 3 dormitorios 1 cocina 2 baños 1 sala

1 vivienda de 2 dormitorios 1 cocina 2 baños 1 sala

0 vivienda de 2 dormitorios 1 cocina 1 baños 1 sala

Según HS 3 Calidad del aire interior del Documento Básico de Salubridad

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Tabla 1 Caudales mínimos para ventilación constante en locales habitables. HSE

Cálculos según nuestros tipos de vivienda a analizar

a) Tipo de vivienda: 3 dormitorios y 2 baños

Caudales locales secos: comedores, salas de estar y dormitorios

- Dormitorio principal: $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Resto de dormitorios: $4 \text{ l/s} \times 2 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Salas de estar y comedores: $10 \text{ l/s} \times 1 \text{ salón-comedor} = 10 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales secos: 26 l/s

CAUDAL LOCALES HÚMEDOS: ASEOS, BAÑOS Y COCINAS

- Mínimo en total= 33 l/s .
- Mínimo por local= $8 \text{ l/s} \times 2 \text{ baños} + 8 \text{ l/s} \times 1 \text{ cocina} = 24 \text{ l/s} < 33 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales húmedos: $33 \text{ l/s} > 26 \text{ l/s}$.

b) Tipo de vivienda: 3 dormitorios y 1 baños

Caudales locales secos: comedores, salas de estar y dormitorios

- Dormitorio principal: $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Resto de dormitorios: $4 \text{ l/s} \times 2 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Salas de estar y comedores: $10 \text{ l/s} \times 1 \text{ salón-comedor} = 10 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales secos: 26 l/s

CAUDAL LOCALES HÚMEDOS: ASEOS, BAÑOS Y COCINAS

- Mínimo en total= 33 l/s .

- Mínimo por local= $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ baños} + 8 \text{ l/s} \times 1 \text{ cocina} = 16 \text{ l/s} < 33 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales húmedos: $33 \text{ l/s} > 26 \text{ l/s}$.

c) Tipo de vivienda: 2 dormitorios y 2 baños

Caudales locales secos: comedores, salas de estar y dormitorios

- Dormitorio principal: $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Resto de dormitorios: $4 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 4 \text{ l/s}$.
- Salas de estar y comedores: $10 \text{ l/s} \times 1 \text{ salón-comedor} = 10 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales secos: 22 l/s

CAUDAL LOCALES HÚMEDOS: ASEOS, BAÑOS Y COCINAS

- Mínimo en total= 24 l/s .
- Mínimo por local= $8 \text{ l/s} \times 2 \text{ baños} + 8 \text{ l/s} \times 1 \text{ cocina} = 24 \text{ l/s} = 24 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales húmedos: $24 \text{ l/s} > 22 \text{ l/s}$.

d) Tipo de vivienda: 2 dormitorios y 1 baños

Caudales locales secos: comedores, salas de estar y dormitorios

- Dormitorio principal: $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 8 \text{ l/s}$.
- Resto de dormitorios: $4 \text{ l/s} \times 1 \text{ dormitorios} = 4 \text{ l/s}$.
- Salas de estar y comedores: $10 \text{ l/s} \times 1 \text{ salón-comedor} = 10 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales secos: 22 l/s

CAUDAL LOCALES HÚMEDOS: ASEOS, BAÑOS Y COCINAS

- Mínimo en total= 24 l/s .
- Mínimo por local= $8 \text{ l/s} \times 1 \text{ baños} + 8 \text{ l/s} \times 1 \text{ cocina} = 16 \text{ l/s} < 24 \text{ l/s}$.
- CAUDAL TOTAL locales húmedos: $24 \text{ l/s} > 22 \text{ l/s}$.

Recomendaciones:

Para asegurar este valor mínimo, se puede trabajar en dos direcciones: aumentar la ventilación o reducir la ocupación. En este sentido es posible que se deba recalcular la ocupación máxima de los espacios en base a la ventilación por ocupante.

- **Aire recirculado**

Se emplea como parámetro para valorar, si existe recirculación en la vivienda. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 2.

Se dieron tres conjuntos difusos (La recirculación es continua – Se recircula por horas - No hay recirculación)

0 no presenta recirculación

1 se recircula por horas

2 recirculación continua

Recomendaciones:

Se debe reducir o eliminar en lo posible la Recirculación de Aire en los equipos.

Si se dispone de unidades de tratamiento con recirculación de aire, siempre y cuando que las condiciones de operación lo consideren permisible, se cerrarán las compuertas de recirculación trabajando con aire exterior. S

Debe observarse que es preferible disminuir en cierta medida el confort frente a la salubridad para evitar contagios.

- **Tipo de Filtro**

Se emplea como parámetro para valorar, el tipo de filtro usado en el sistema de ventilación de la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 7.

Se dieron cuatro conjuntos difusos (Filtro EPA – Filtro HEPA – Filtro ULPA)

0-2 EPA

3-4 HEPA

5-7 ULPA

Se podría resumir que, en cuanto sea mayor la calidad del filtro, mayor será la capacidad de retención de aerosoles, lo que se traduciría en una mayor reducción del riesgo de contagio de coronavirus.

Clasificación según UNE EN 1822:2020			
Grupo de filtro	Clase de filtro	Eficacia, %	Penetración, %
EPA	E10	≥85	≤15
	E11	≥95	≤5
	E12	≥99,5	≤0,5
HEPA	H13	≥99,95	≤0,05
	H14	≥99,995	≤0,005
ULPA	U15	≥99,999 5	≤0,000 5
	U16	≥99,999 95	≤0,000 05
	U17	≥99,999 995	≤0,000 005

Tabla 2 Clasificación de filtros según norma UNE EN 1822:2020

Recomendaciones: En el caso de viviendas con problemas para obtener una ventilación correcta y adecuada, se recomienda el uso de unidades portátiles equipadas con filtros de alta eficiencia HEPA.

- **Estado de Filtro**

Se emplea como parámetro para valorar, el estado del filtro usado en el sistema de ventilación de la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 1.

Se dieron dos conjuntos difusos (Mal estado – Buen estado)

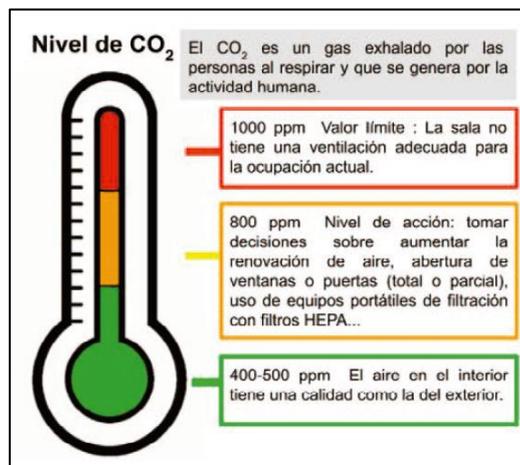
- 0 buen estado (< 3 meses)
- 1 mal estado (> 3 meses)

- **Nivel de CO₂**

Se emplea como parámetro para valorar, la humedad relativa del ambiente en la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 10.

Se dieron tres conjuntos difusos (CO₂ optimo – CO₂ alto – CO₂ muy alto)

- 0-3 Entre 400-500 ppm CO₂ optimo
- 4-7 Mayores a 500 y menores a 800 ppm CO₂ alto
- 8-10 Mayores a 800 ppm CO₂ muy alto



En el aire exterior, las concentraciones de CO₂ son de aproximadamente 420 ppm aunque en áreas urbanas densas puede fluctuar a lo largo del día debido a las emisiones de las fuentes de combustión.

En general, si la concentración de CO₂ en una habitación sobrepasa las 1000 ppm, indicaría una mala ventilación y habría que ventilar de inmediato y al máximo posible; un valor entre 500 y 700 ppm sería un valor aceptable; si llegara a 800 ppm, habría que ventilar.

Recomendaciones:

Disminuir aforo en ambientes.

- **Extracción de aseos**

Se emplea como parámetro para valorar, la extracción de aseos en la vivienda familiar. Se define el rango de la variable con un valor 0 y un valor máximo de 2. Se dieron tres conjuntos difusos (La extracción es continua – Se recircula por horas - No hay extracción)

0 no presenta extracción

1 se extrae por horas

2 extracción continua

Recomendaciones:

Si existe un sistema de extracción dedicado para la zona de aseos se recomienda tenerlos operando las 24 horas del día y los 7 días de la semana. En el caso de existir en los aseos ventanas practicables, se recomienda no abrirlas debido a que ello podría establecer un flujo de aire inverso y sacar aire de los aseos al resto del edificio y facilitar la contaminación por vía fecal-oral.

6.1.2. Variables intermedias

- **Ventilación centralizada**

Variable que relaciona la recirculación de aire y la extracción en aseos

Se dieron tres conjuntos difusos (ventilación optima - ventilación suficiente - ventilación insuficiente)

- **Tasa de ventilación**

Variable que relaciona el caudal de aire recomendad y el caudal de aire según norma HS3

Se dieron tres conjuntos difusos (tasa de ventilación optima – tasa de ventilación suficiente – tasa de ventilación insuficiente)

- **Calidad de filtro**
Variable que relaciona el tipo de filtro y el estado en que se encuentra.
Se dieron tres conjuntos difusos (alta – media – baja)
- **Condiciones termohigométricas**
Variable que relaciona la temperatura y la humedad relativa en la vivienda
Se dieron dos conjuntos difusos (condiciones muy desfavorables - condiciones desfavorables – condiciones óptimas)
- **Calidad de aire interior**
Variable que relaciona la tasa de ventilación y el nivel de CO2 en la vivienda
Se dieron tres conjuntos difusos (calidad óptima – calidad media – calidad baja – calidad muy baja)
- **Parámetros principales**
Variable que relaciona la ventilación centralizada y la calidad de aire interior en la vivienda
Se dieron tres conjuntos difusos (parámetros con riesgo alto – parámetros con riesgo medio, parámetros con riesgo bajo)
- **Parámetros secundarios**
Variable que relaciona la calidad del filtro y las condiciones termohigométricas en la vivienda
Se dieron tres conjuntos difusos (parámetros con riesgo alto – parámetros con riesgo medio, parámetros con riesgo bajo)

6.1.3. Variable de salida

- **Riesgo de contagio**
Variable que relaciona los parámetros principales y secundarios en la vivienda.
Se dieron tres conjuntos difusos (riesgo muy alto – riesgo alto - riesgo medio - riesgo bajo – riesgo muy bajo)

6.3. REGLAS DE INFERENCIA

- **Ventilación centralizada**

Variable que relaciona la recirculación de aire y la extracción en aseos

Se dieron tres conjuntos difusos (ventilación óptima - ventilación suficiente - ventilación insuficiente)

Ventilación centralizada		Extracción en aseos		
		Continuo	Solo al usar	No presenta
Recirculación de aire	Continuo	Ventilación insuficiente	Ventilación insuficiente	Ventilación insuficiente
	Por horas	Ventilación suficiente	ventilación suficiente	ventilación insuficiente
	No recircula	Ventilación óptima	ventilación suficiente	ventilación insuficiente

Tabla 3 Regla de inferencia que relaciona la recirculación de aire y la extracción en aseos. Fuente propia.

- **Tasa de ventilación**

Variable que relaciona el caudal de aire recomendado y el caudal de aire según norma HS3

Se dieron tres conjuntos difusos (tasa de ventilación óptima – tasa de ventilación suficiente – tasa de ventilación insuficiente)

Tasa de ventilación		Caudal de aire según norma			
		Vivienda 3/2 (33l/s)	Vivienda 3/1(33l/s)	Vivienda 2/2(24l/s)	Vivienda 2/1(24l/s)
Caudal de aire recomendado	0-2 personas (12.5-25l/s)	Tasa de ventilación óptima	Tasa de ventilación óptima	Tasa de ventilación suficiente	Tasa de ventilación suficiente
	3-4 personas (37.5-50l/s)	Tasa de ventilación suficiente	Tasa de ventilación suficiente	Tasa de ventilación insuficiente	Tasa de ventilación insuficiente

	5-6 personas (62.5- 75l/s)	Tasa de ventilación insuficiente	Tasa de ventilación insuficiente	Tasa de ventilación insuficiente	Tasa de ventilación insuficiente
--	-------------------------------------	--	--	--	--

Tabla 4 Regla de inferencia que relaciona el caudal de aire recomendado y el caudal de aire según norma HS3

- **Calidad de filtro**

Variable que relaciona el tipo de filtro y el estado en que se encuentra.

Se dieron tres conjuntos difusos (Calidad alta – Calidad media – Calidad baja)

Calidad de filtro		Estado de filtro	
		Buen estado (< 3 meses)	Mal estado (> 3 meses)
Tipo de filtro	EPA	Calidad media	Calidad baja
	HEPA	Calidad media	Calidad media
	ULPA	Calidad alta	Calidad alta

Tabla 5 Regla de inferencia que relaciona tipo de filtro y el estado en que se encuentra

- **Condiciones termohigométricas**

Variable que relaciona la temperatura y la humedad relativa en la vivienda

Se dieron tres conjuntos difusos (condiciones muy desfavorables - condiciones desfavorables – condiciones óptimas).

Condiciones termohigométricas		Humedad relativa		
		Humedades bajas [0%- 30%>	Humedades medias <30%,70%>	Humedades altas <70%,100%]
Temperatura	Temperaturas bajas <22°C	condiciones muy desfavorables	Condiciones desfavorables	condiciones muy desfavorables

	Temperaturas medias <22°C,24°C>	Condiciones desfavorables	Condiciones optimas	Condiciones desfavorables
	Temperaturas altas >24°C	condiciones muy desfavorables	Condiciones desfavorables	condiciones muy desfavorables

Tabla 6 Regla de inferencia que relaciona la temperatura y la humedad relativa en la vivienda

- **Calidad de aire interior**

Variable que relaciona la tasa de ventilación y el nivel de CO2 en la vivienda

Se dieron cuatro conjuntos difusos (calidad óptima – calidad media – calidad baja

– Calidad muy baja)

Calidad de aire interior		Nivel de CO2		
		CO2 optimo 400-500 ppm	CO2 alto 500-800 ppm	CO2 muy alto >800 ppm
Tasa de ventilación	Optima	Calidad optima	Calidad media	Calidad baja
	Suficiente	Calidad media	Calidad media	Calidad baja
	Insuficiente	Calidad baja	Calidad muy baja	Calidad muy baja

Tabla 7 Regla de inferencia que relaciona la tasa de ventilación y el nivel de CO2 en la vivienda

- **Parámetros principales**

Variable que relaciona la ventilación centralizada y la calidad de aire interior en la vivienda

Se dieron tres conjuntos difusos (riesgo alto –riesgo medio, riesgo bajo)

Parámetros principales		Calidad de aire interior			
		Calidad optima	Calidad media	Calidad baja	Calidad muy baja
ventilación centralizada	Insuficiente	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto
	Suficiente	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto
	Optima	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio

Tabla 8 Regla de inferencia que relaciona la ventilación centralizada y la calidad de aire interior en la vivienda

- **Parámetros secundarios**

Variable que relaciona la calidad del filtro y las condiciones termohigométricas en la vivienda

Se dieron tres conjuntos difusos (riesgo alto –riesgo medio, riesgo bajo)

Parámetros secundarios		Condiciones termohigométricas		
		Condiciones optimas	Condiciones desfavorables	Condiciones muy desfavorables
Calidad del filtro	Alta	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
	Media	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
	Baja	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto

Tabla 9 Regla de inferencia que relaciona calidad del filtro y las condiciones termohigométricas en la vivienda

- **Riesgo de contagio**

Variable que relaciona los parámetros principales y secundarios en la vivienda

Se dieron cinco conjuntos difusos (riesgo muy alto –riesgo alto - riesgo medio - riesgo bajo – riesgo muy bajo)

Riesgo de contagio		Parámetros secundarios		
		Alto	Medio	Bajo
Parámetros principales	Alto	Riesgo muy alto	Riesgo alto	Riesgo medio
	Medio	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo medio
	Bajo	Riesgo medio	Riesgo bajo	Riesgo muy bajo

Tabla 10 Regla de inferencia que relaciona los parámetros principales y secundarios en la vivienda

7. DISEÑO DE MODELO EN XFUZZY

En este capítulo se muestran de qué manera se modelan las variables del sistema en Xfuzzy, la asignación de reglas de inferencia en el Xfuzzy y por último el modelo final en el Xfuzzy.

7.1 VARIABLES DEL SISTEMA EN XFUZZY

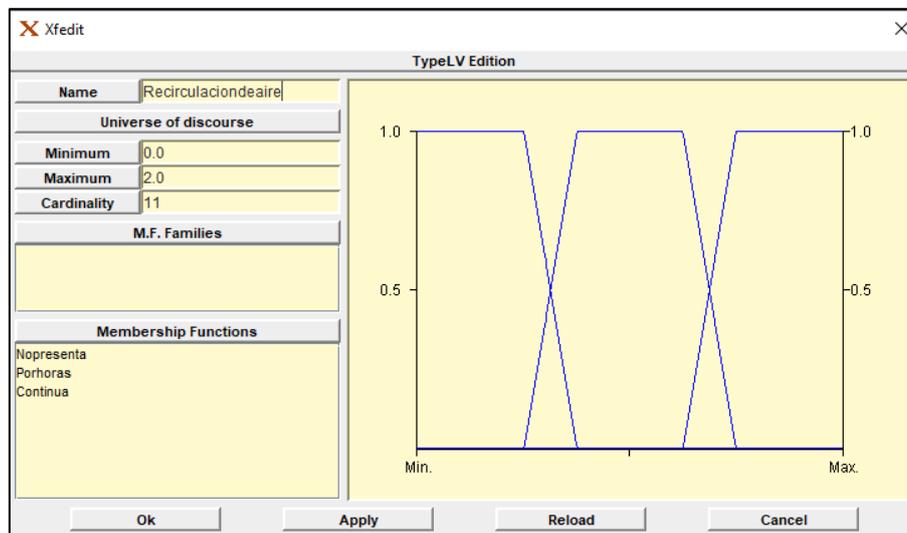


Ilustración 12 Variable Recirculación de aire en Xfuzzy

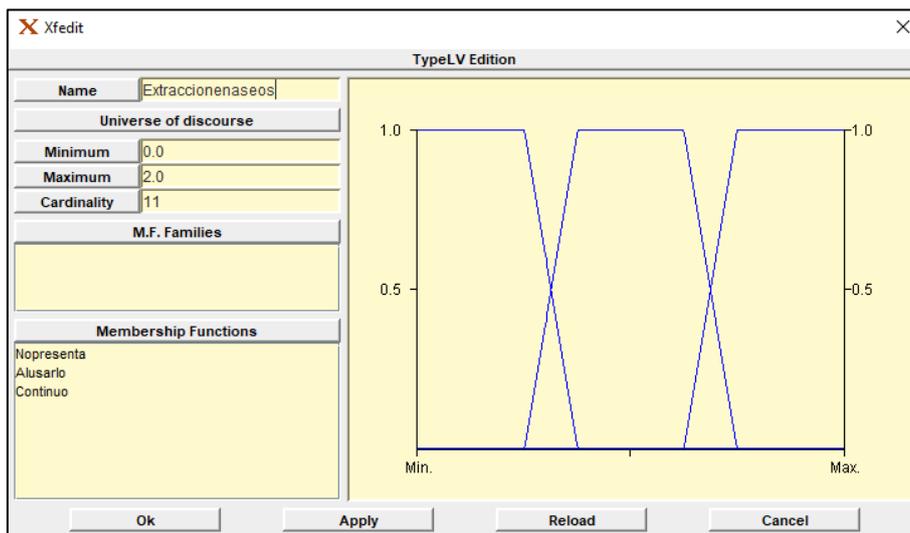


Ilustración 13 Variable extracción en aseos Variable en Xfuzzy

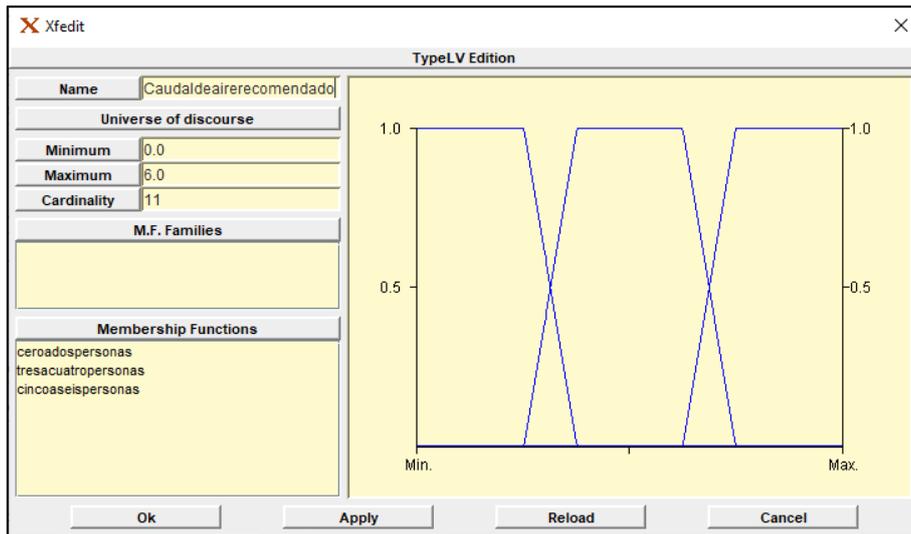


Ilustración 14 Variable Caudal de aire recomendado en Xfuzzy

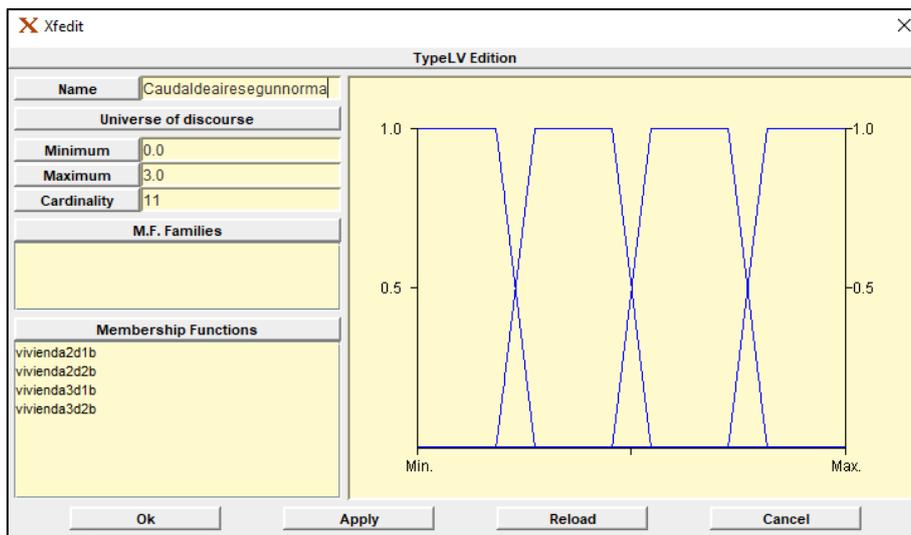


Ilustración 15 Variable Caudal de aire según norma en Xfuzzy

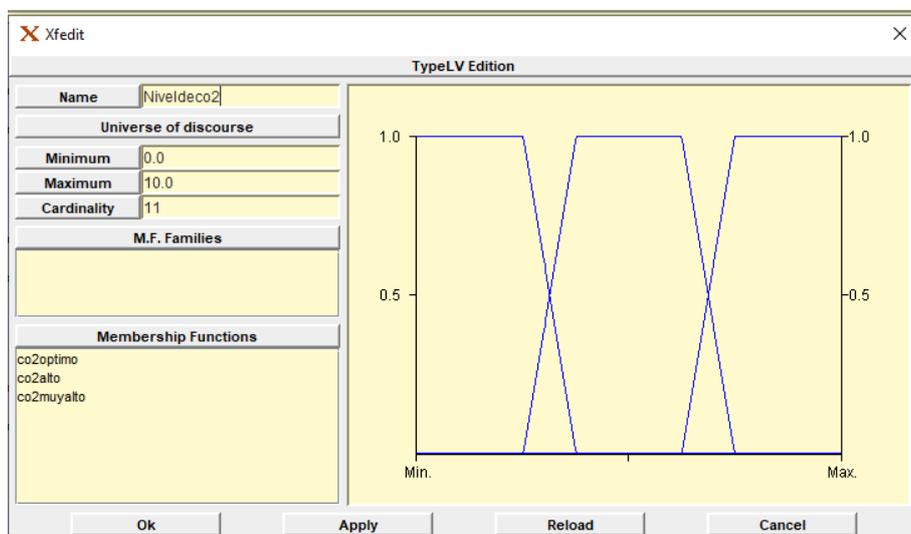


Ilustración 16 Variable Nivel de CO2 en Xfuzzy

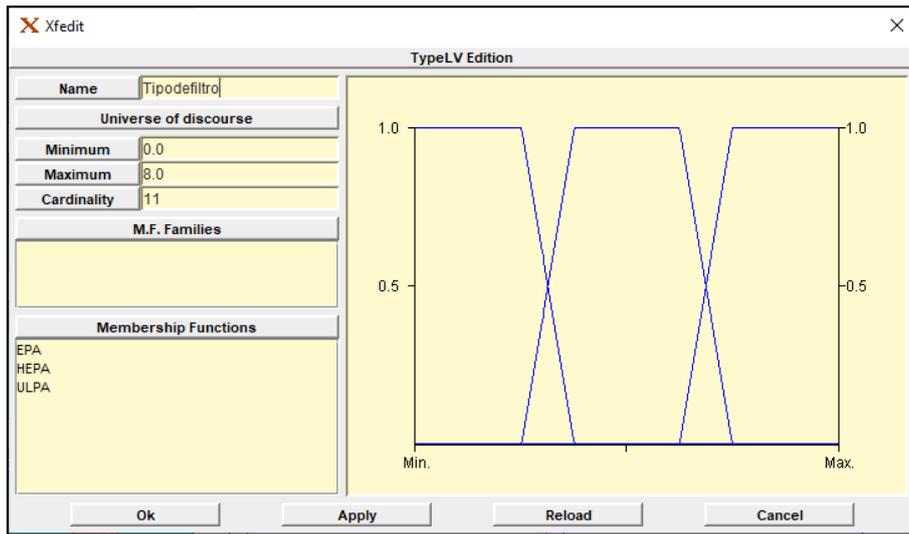


Ilustración 17 Variable Tipo de filtro en Xfuzzy

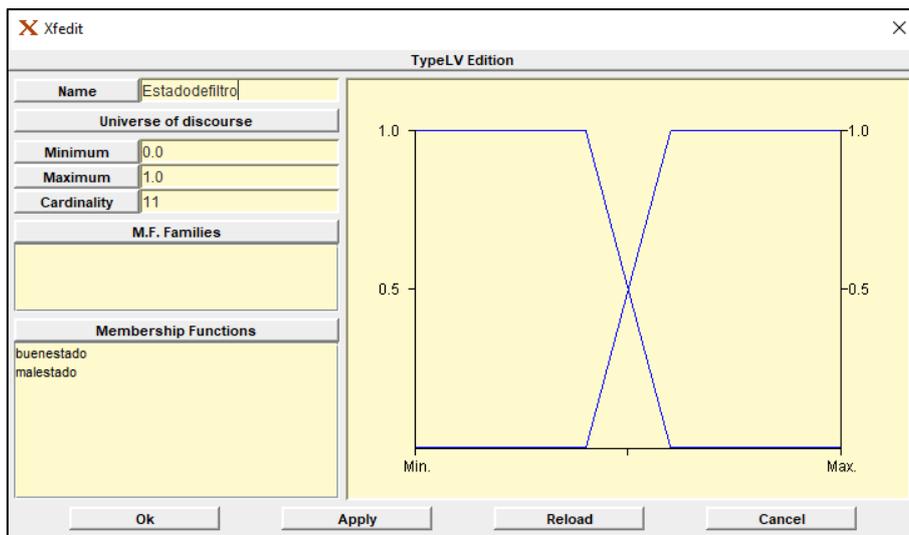


Ilustración 18 Variable Estado de filtro en Xfuzzy

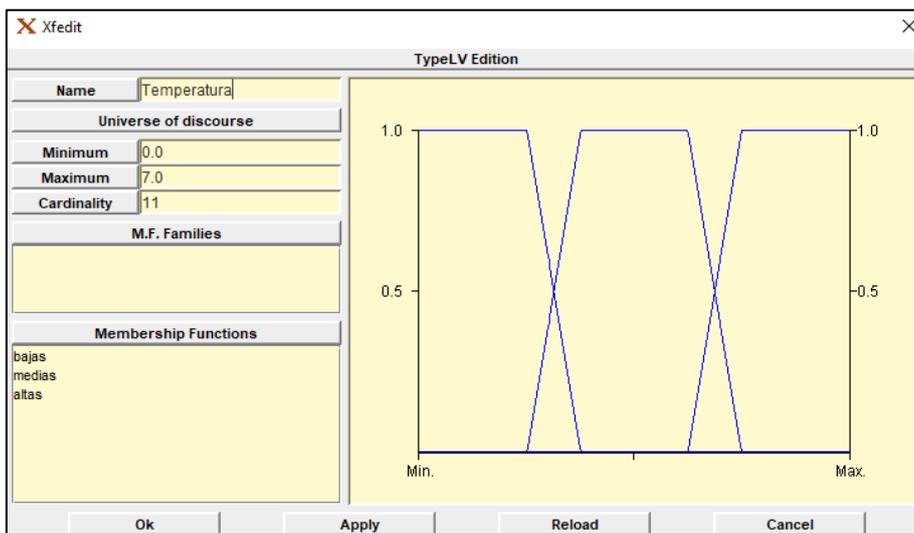


Ilustración 19 Variable Temperatura en Xfuzzy

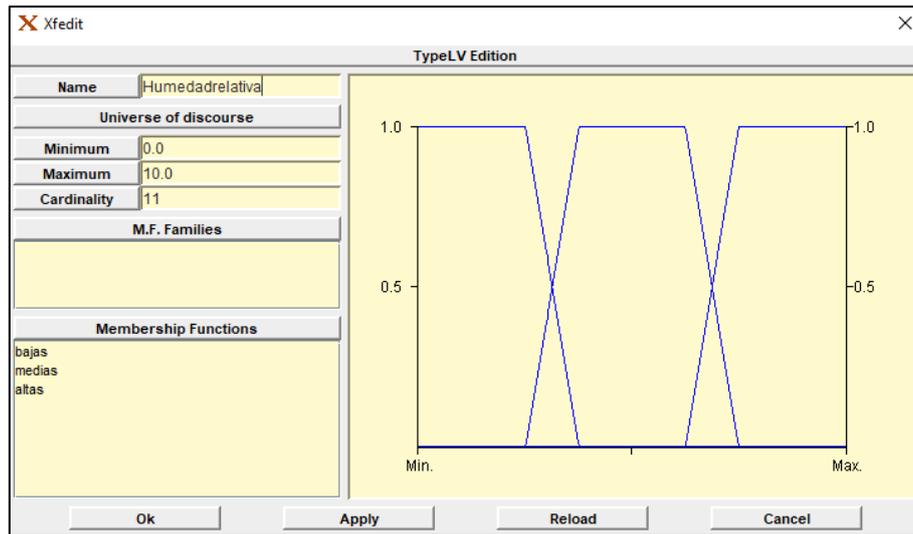


Ilustración 20 Variable Humedad relativa en Xfuzzy

7.2 REGLAS DE INFERENCIA EN XFUZZY

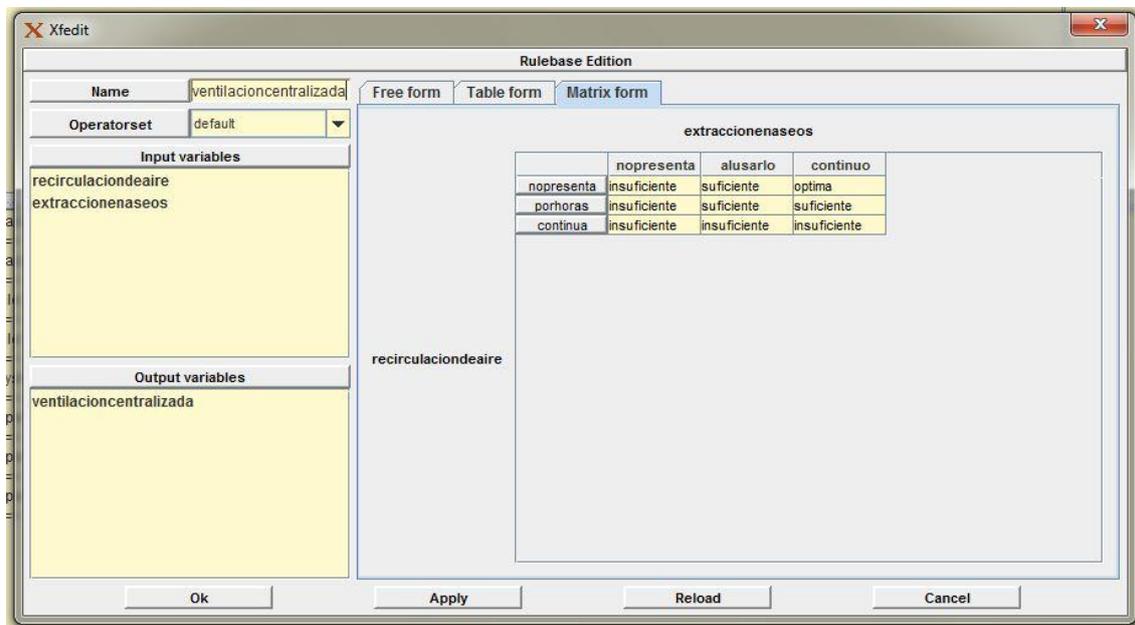


Ilustración 21 Regla de inferencia ventilación centralizada en Xfuzzy

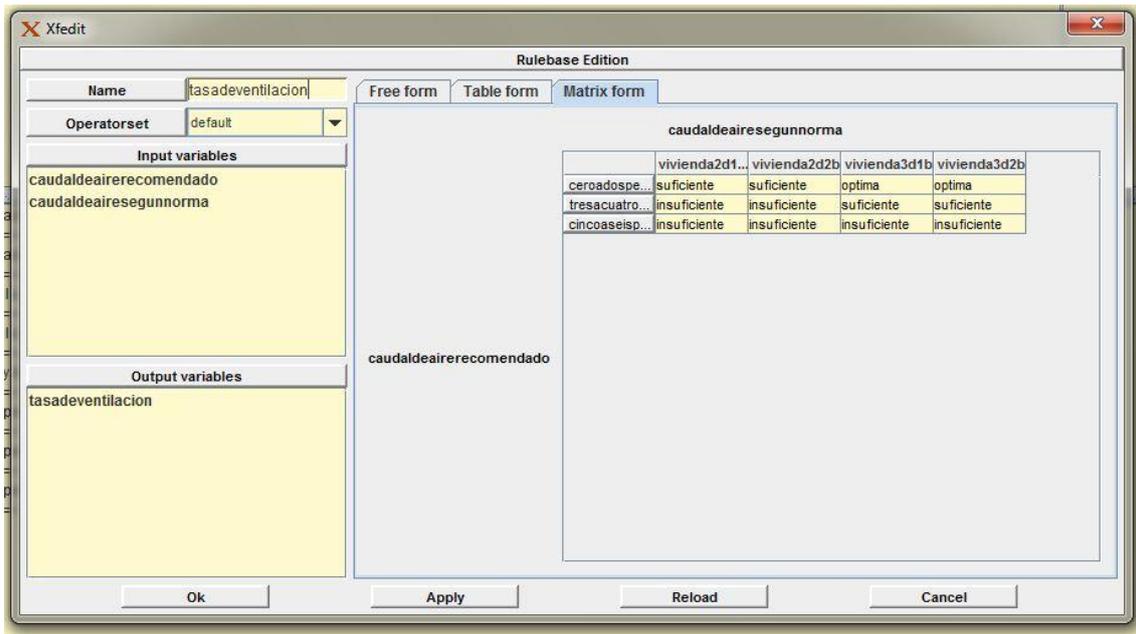


Ilustración 22 Regla de inferencia tasa de ventilación en Xfuzzy

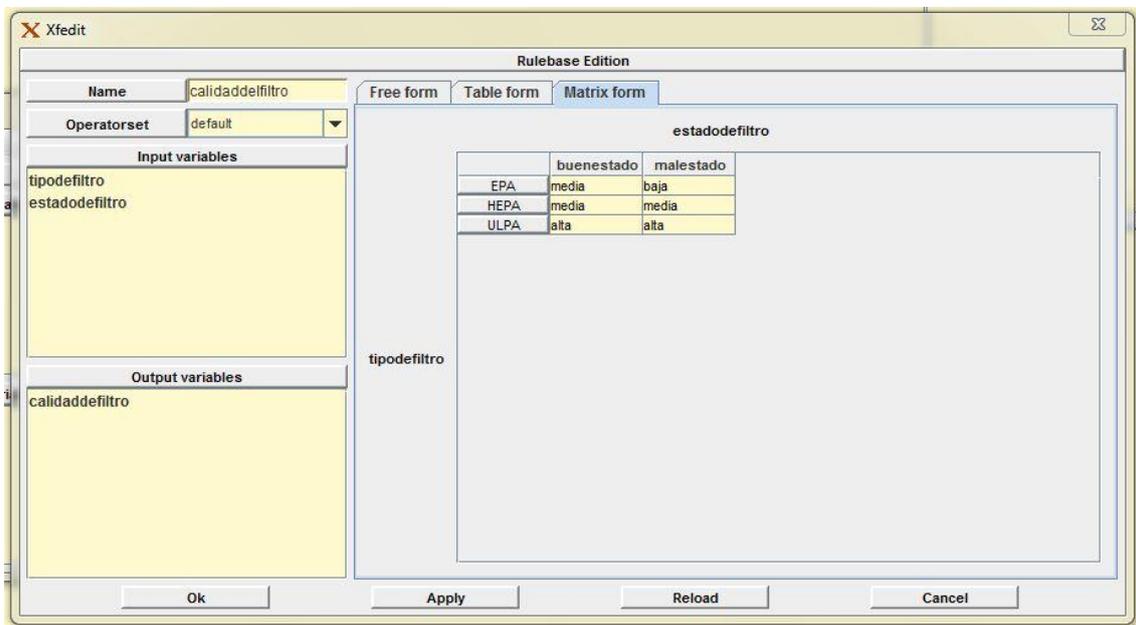


Ilustración 23 Regla de inferencia Calidad de filtro en Xfuzzy

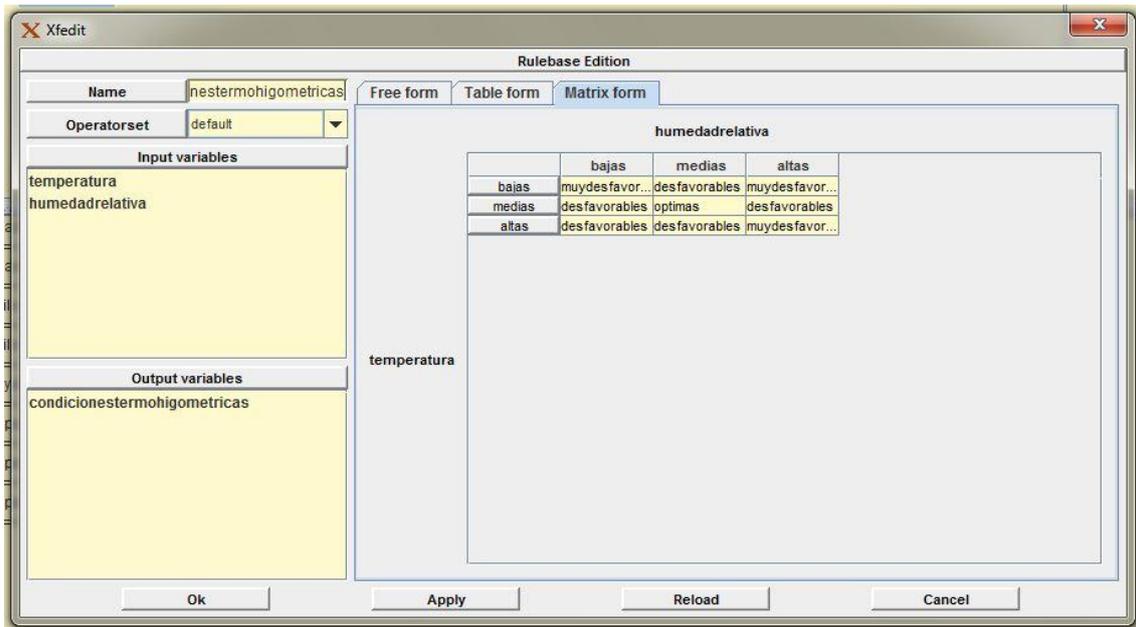


Ilustración 24 Regla de inferencia Condiciones termohigométricas en Xfuzzy

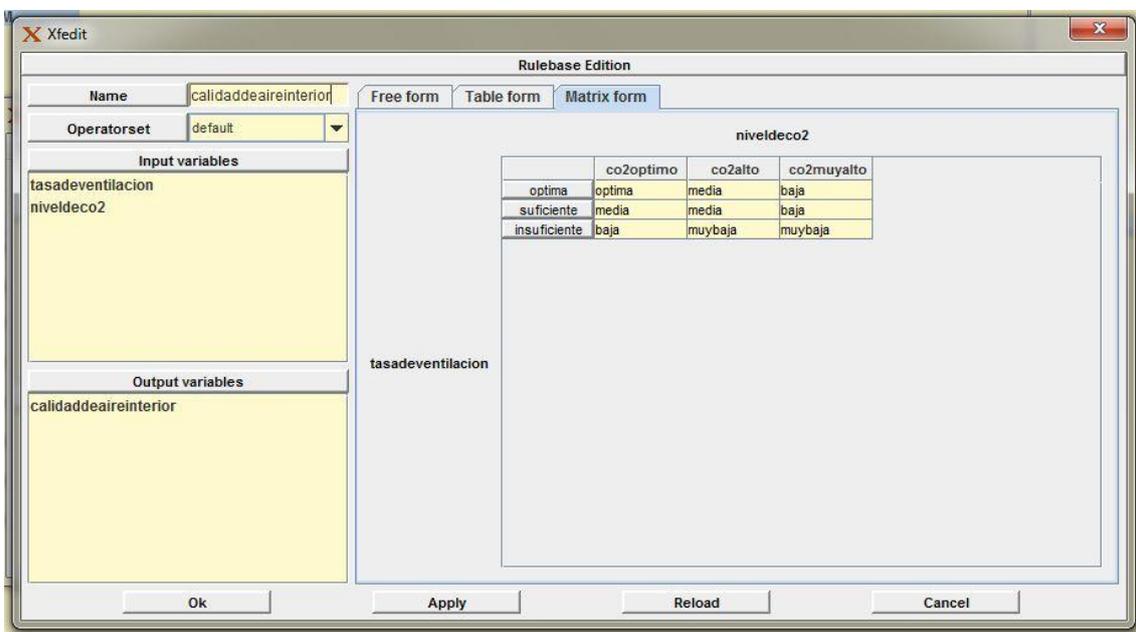


Ilustración 25 Regla de inferencia Calidad de aire anterior en Xfuzzy

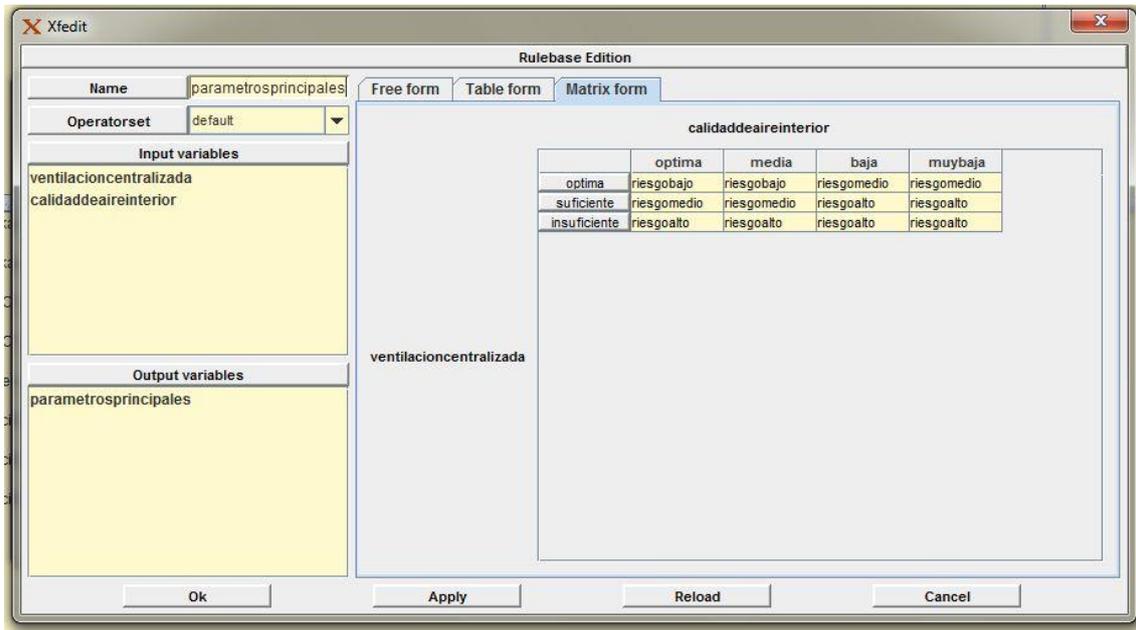


Ilustración 26 Regla de inferencia Parámetros principales en Xfuzzy

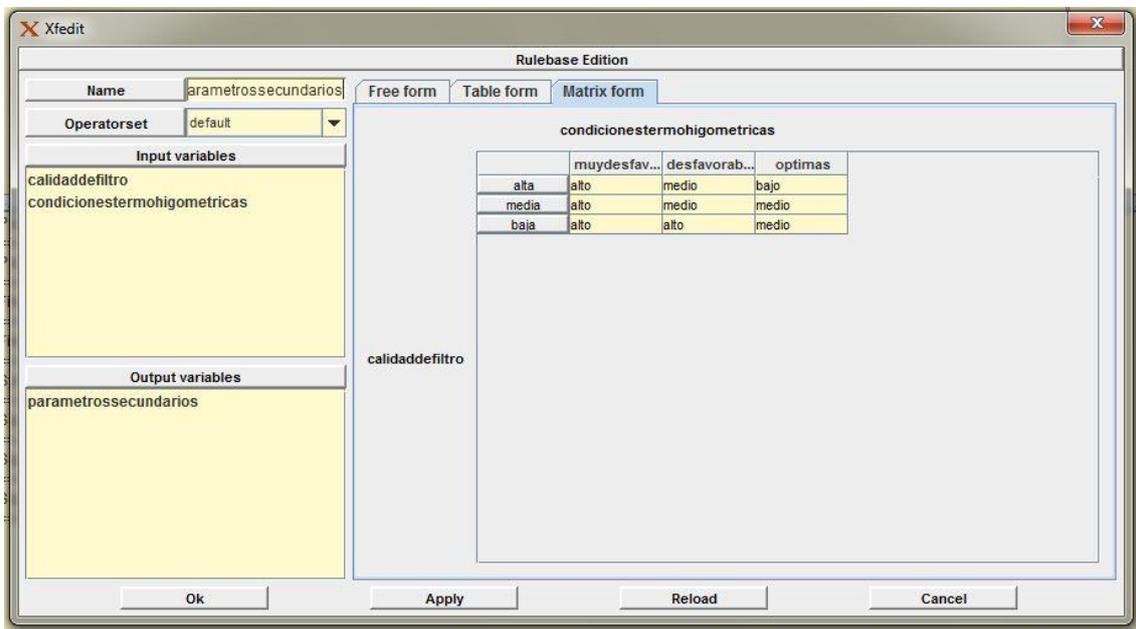


Ilustración 27 Regla de inferencia Parámetros secundarios en Xfuzzy

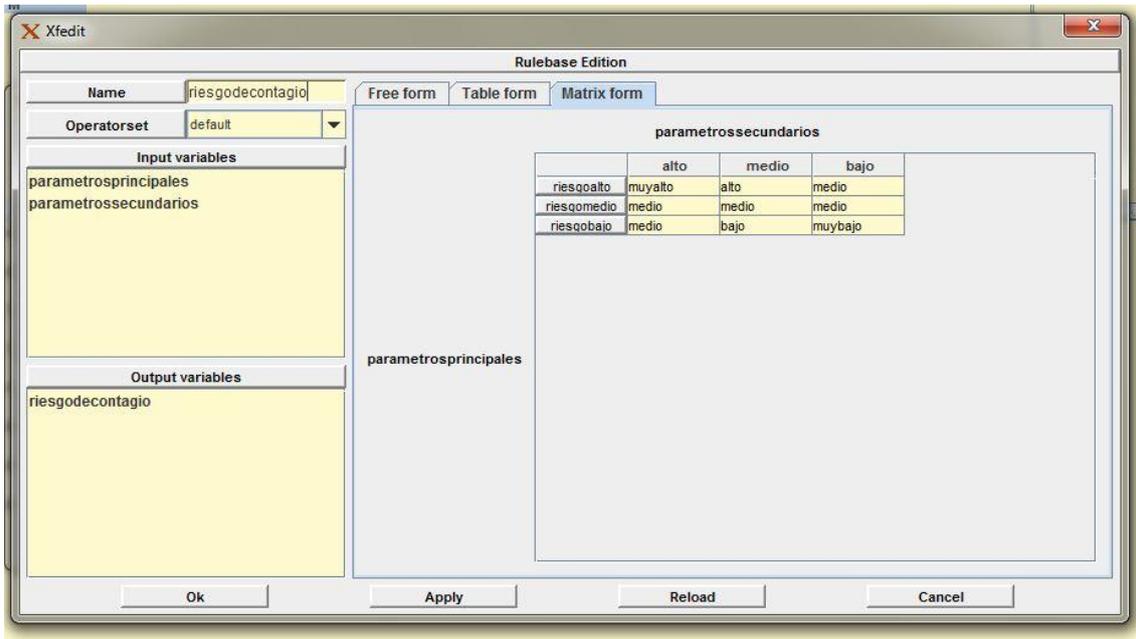


Ilustración 28 Regla de inferencia Riesgo de contagio en Xfuzzy

7.3. MODELO FINAL EN XFUZZY

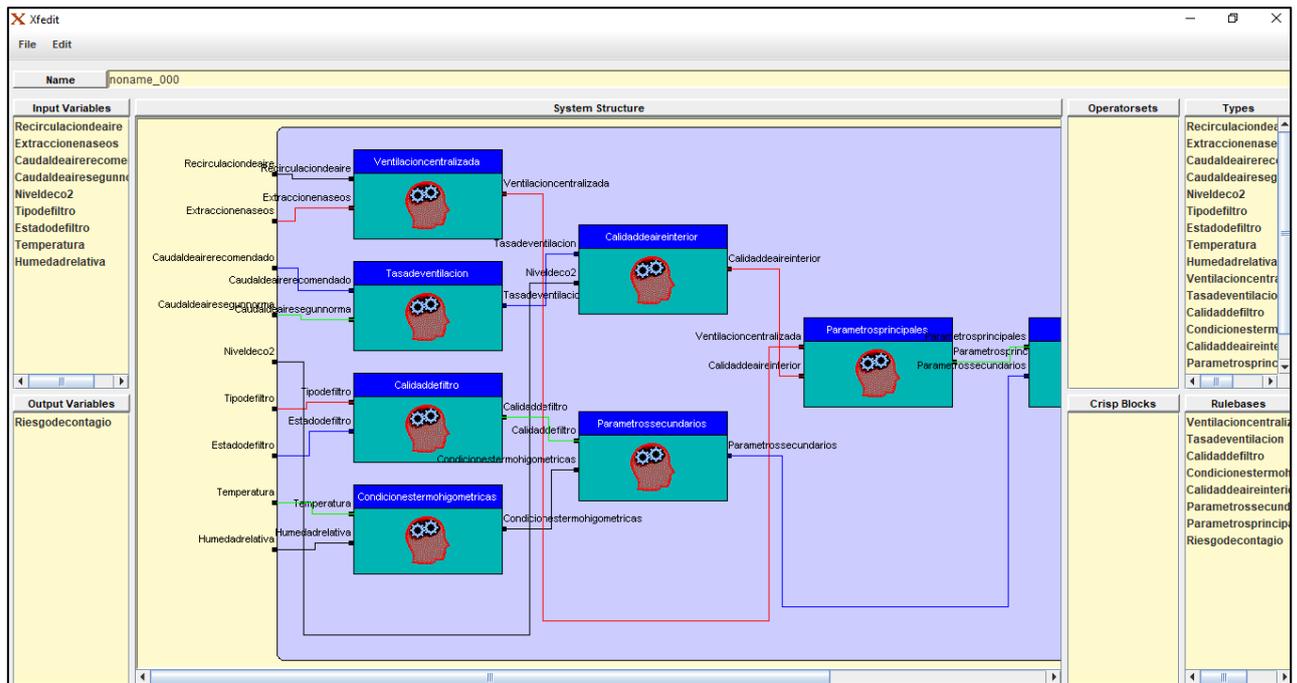


Ilustración 29 Modelo final en Xfuzzy

8. ANÁLISIS DE VIVIENDAS

En el presente capítulo, analizaremos el riesgo de contagio en viviendas, para ello hemos tomado sus datos mediante observación y equipos como medidor de CO₂ y sensores de temperatura y humedad relativa.

Luego se procedió a llenar una ficha de campo con la información recolectada, la cual se anexará al final del trabajo.

8.1. RESULTADOS DE VIVIENDA 1

Ubicación: Urbanización Los Pinos de Montequinto Bloque 1, 10^a

Vivienda de 3 habitaciones y dos baños

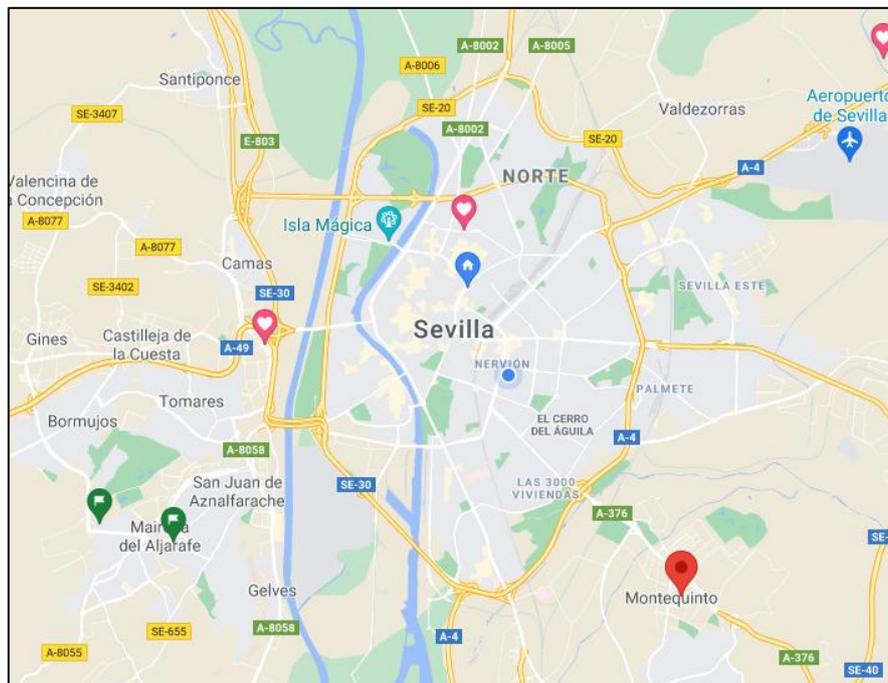


Ilustración 30 Ubicación de vivienda 1



Ilustración 31 Vivienda 1



Ilustración 32 Comedor de vivienda 1



Ilustración 33 Sala de vivienda 1



Ilustración 34 Temperatura y humedad en vivienda 1 – Datos 1



Ilustración 35 Temperatura y humedad en vivienda 1 – Datos 2



Ilustración 36 Nivel de CO2 en vivienda 1 – Datos 1



Ilustración 37 Nivel de CO2 en vivienda 1 – Datos 2

Con los datos del Anexo 1 se llega a la conclusión que se tiene un riesgo de contagio de 5.9462, este dato nos indica que se encuentra con un riesgo medio-alto.

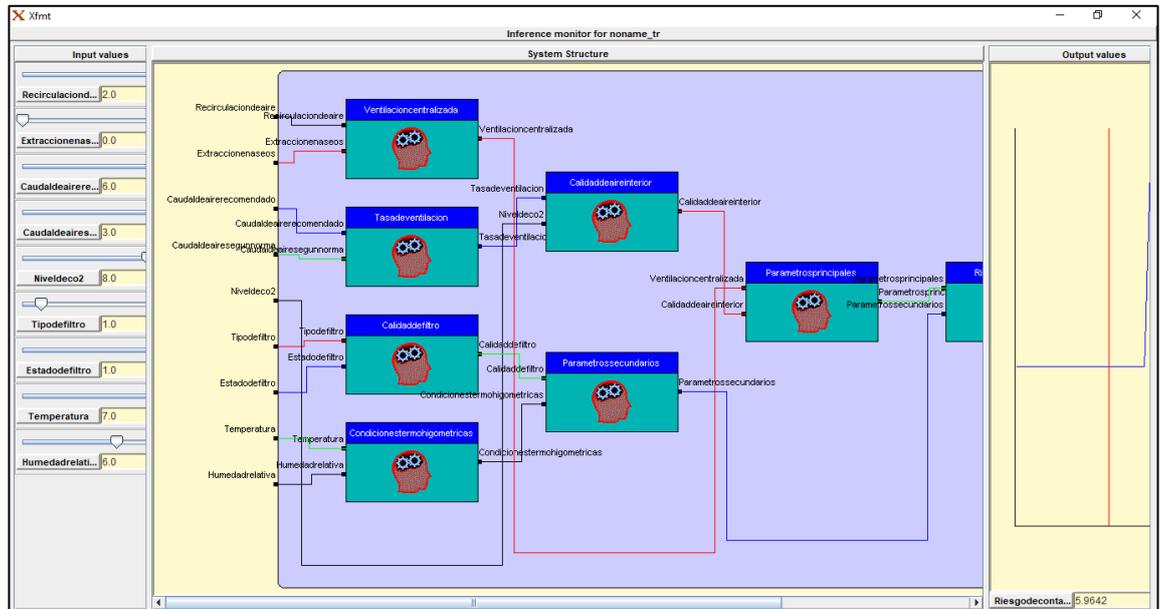


Ilustración 38 Monitorización con vivienda 1 Datos 1

8.2. RESULTADOS DE VIVIENDA 2

Ubicación: Calle Costa de la Luz 12, Sevilla

Vivienda de 2 habitaciones y un baño

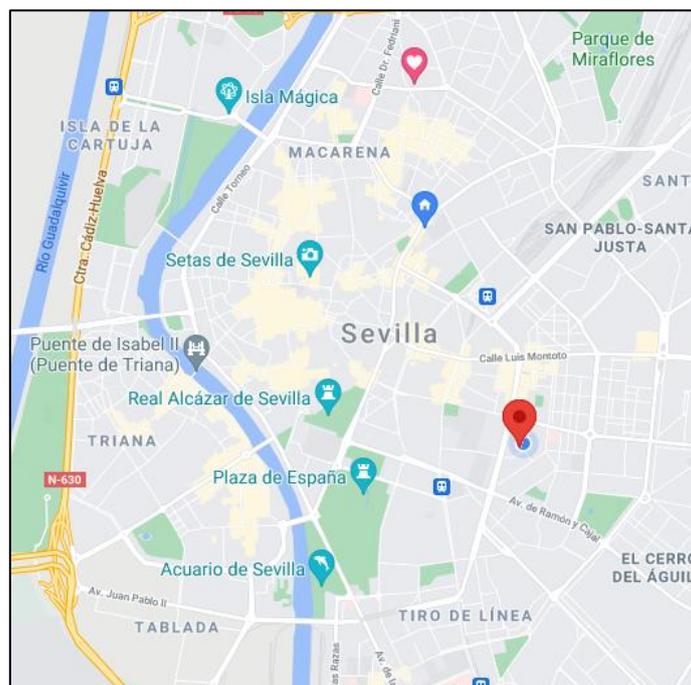


Ilustración 39 Ubicación de vivienda 2



Ilustración 40 Vivienda 2



Ilustración 41 Entrada, cocina y baño de vivienda 2



Ilustración 42 Temperatura y humedad en vivienda 2 – Datos 1



Ilustración 43 Temperatura y humedad en vivienda 2 – Datos 2



Ilustración 44 Nivel de CO2 en vivienda 2 – Datos 1



Ilustración 45 Nivel de CO2 en vivienda 2 – Datos 2

Con los datos del Anexo 3 se llega a la conclusión que se tiene un riesgo de contagio de 5.6923, este dato nos indica que se encuentra con un riesgo medio-alto.

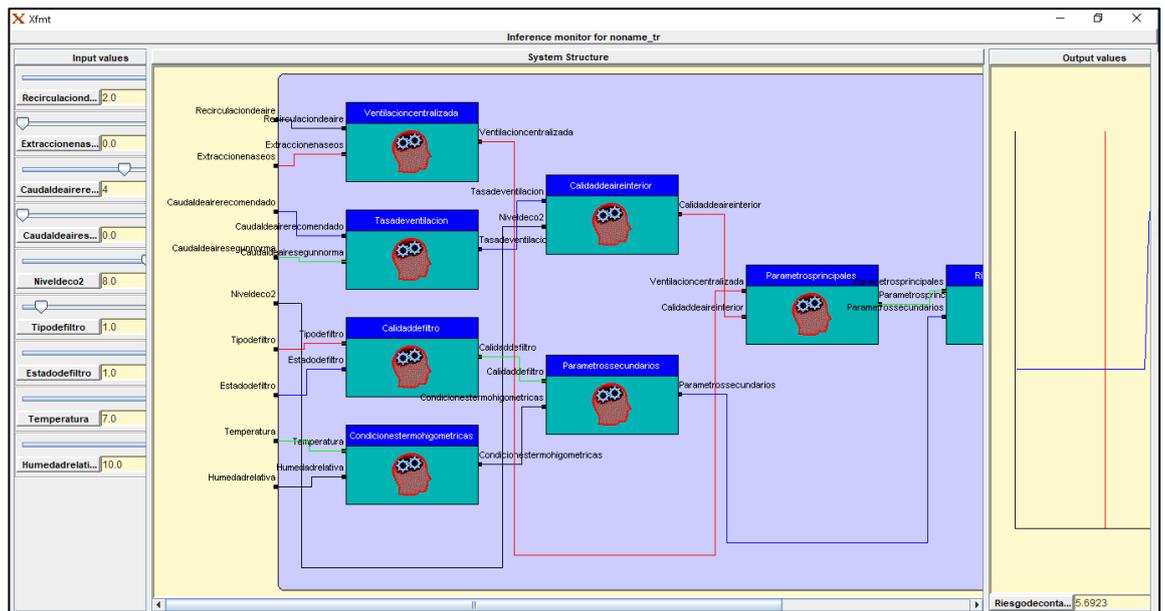


Ilustración 46 Monitorización con vivienda 2 Datos 1

8.3. RESULTADOS DE VIVIENDA 3

Ubicación: Calle Bruselas 5, Sevilla

Vivienda de 2 habitaciones y un baño

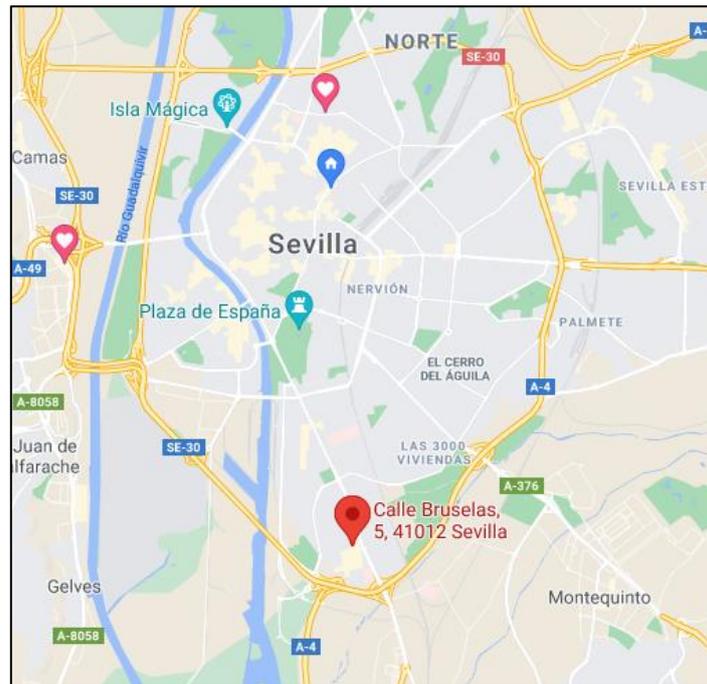


Ilustración 47 Ubicación de vivienda 3

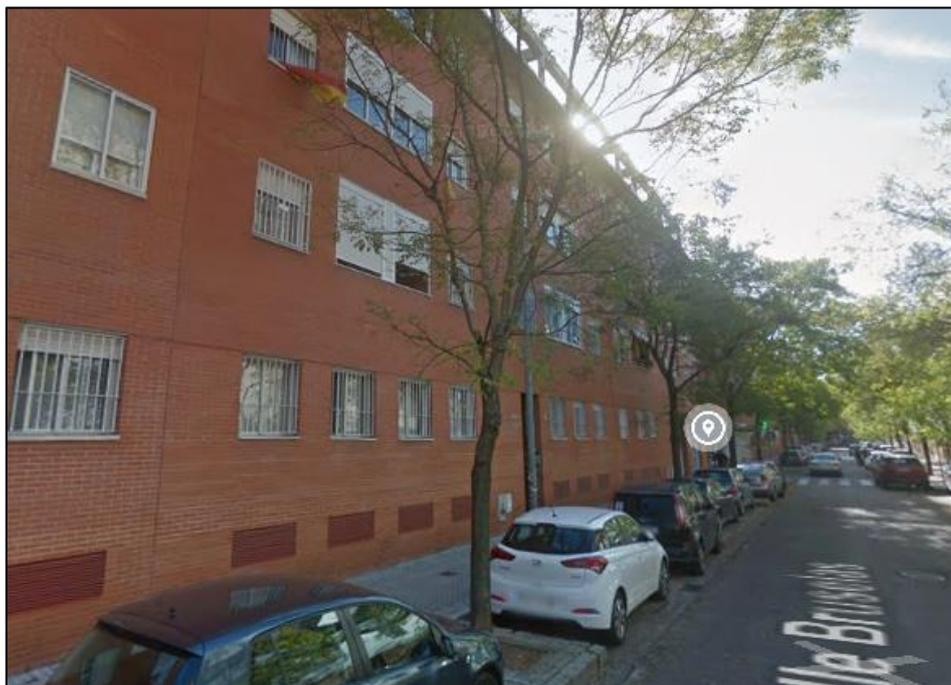


Ilustración 48 Vivienda 3



Ilustración 49 Sala de vivienda 3



Ilustración 50 Temperatura y humedad en vivienda 3 – Datos 1



Ilustración 51 Temperatura y humedad en vivienda 3 – Datos 2

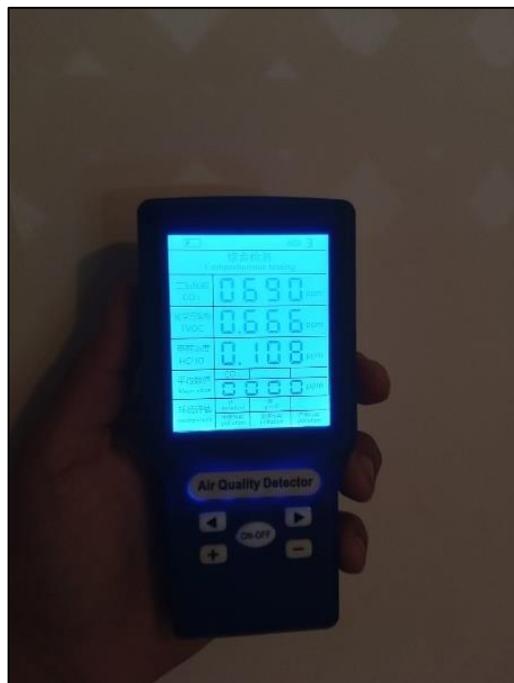


Ilustración 52 Nivel de CO2 en vivienda 3 – Datos 1



Ilustración 53 Nivel de CO2 en vivienda 3 – Datos 2

Con los datos del Anexo 5 se llega a la conclusión que se tiene un riesgo de contagio de 5.9642, este dato nos indica que se encuentra con un riesgo medio-alto.

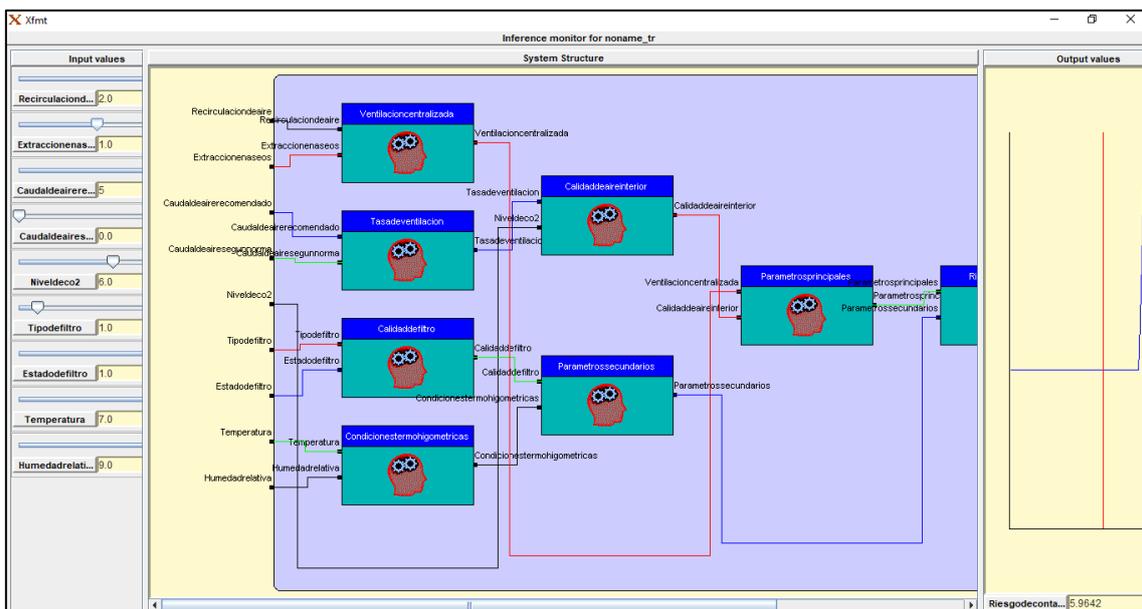


Ilustración 54 Monitorización con vivienda 3 Datos 1

9. RECOMENDACIONES EN VIVIENDAS

A partir del análisis realizado en el capítulo anterior, se hacen las respectivas recomendaciones, con el objetivo de disminuir el riesgo de contagio.

9.1. VIVIENDA 1

Recomendaciones:

- Disminuir aforo de 4 a 2 personas
- Cambiar filtro usado
- Abrir ventanas 10-15 min cada 3 horas

Con los datos del Anexo 2 se llega a la conclusión que de un riesgo de contagio de 5.9462 (riesgo medio-alto) se pasa a tener un riesgo de contagio de 5.0961 (riesgo medio-bajo).

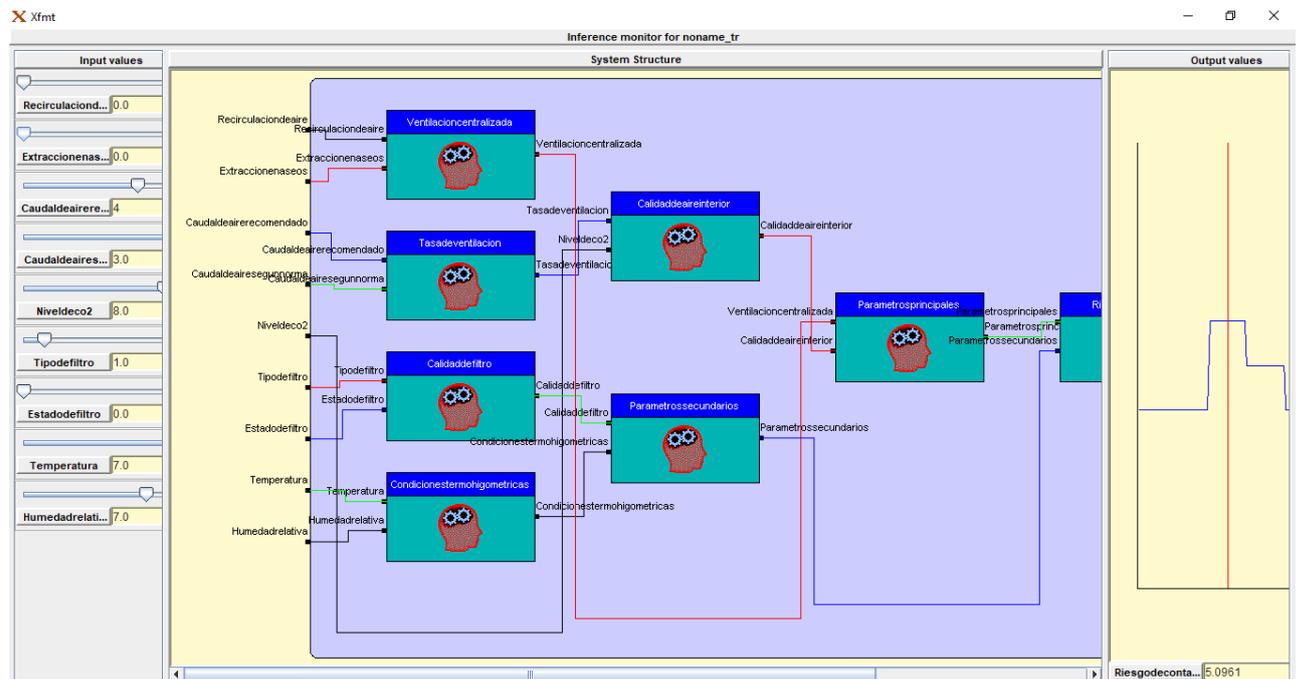


Ilustración 55 Monitorización con vivienda 1 Datos 2

9.2. VIVIENDA 2

Recomendaciones:

- Disminuir aforo de 6 a 4 personas
- Cambiar filtro usado
- Abrir ventanas 10-15 min cada 3 horas

Con los datos del Anexo 4 se llega a la conclusión que de un riesgo de contagio de 5.6923 (riesgo medio-alto) se pasa a tener un riesgo de contagio de 5.3174 (riesgo medio-bajo).

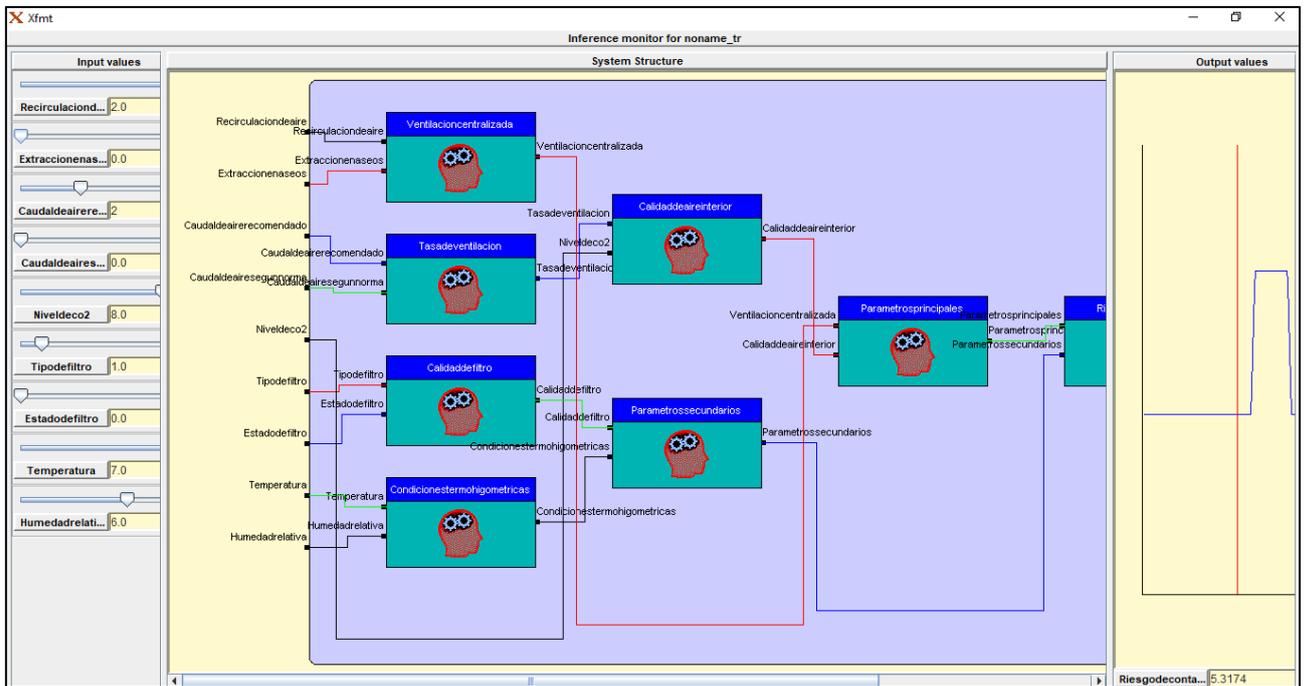


Ilustración 56 Monitorización con vivienda 2 Datos 2

9.3. VIVIENDA 3

Recomendaciones:

- Disminuir aforo de 5 a 2 personas
- Cambiar filtro usado
- Abrir ventanas 10-15 min cada 3 horas
- Eliminar la recirculación de aire
- Extracción en aseo continua y no solo por horas.

Con los datos del Anexo 6 se llega a la conclusión que de un riesgo de contagio de 5.9642 (riesgo medio-alto) se pasa a tener un riesgo de contagio de 4.9038 (riesgo medio-bajo).

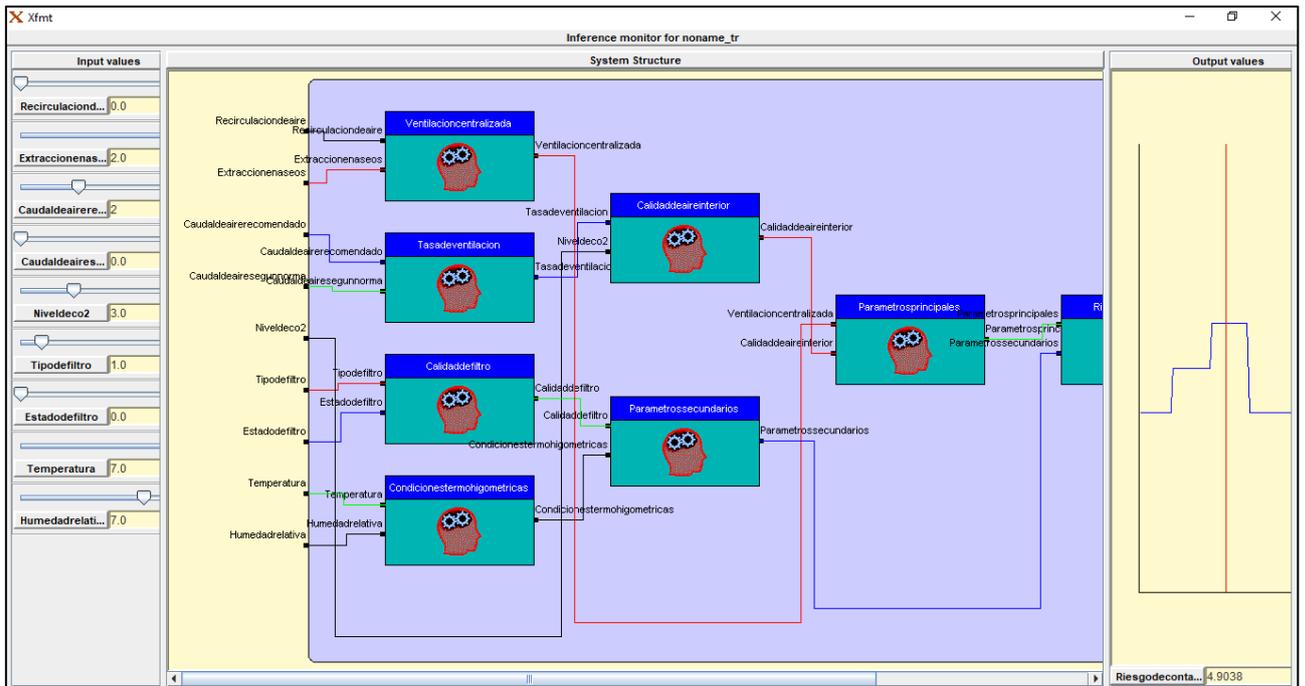


Ilustración 57 Monitorización con vivienda 3 Datos 2

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

- Se logró definir las variables de entrada: recirculación de aire, extracción en aseos, caudal de aire recomendado, caudal de aire según norma, nivel de CO₂, tipo de filtro, estado de filtro, temperatura y humedad relativa. Así como también, la variable de salida: riesgo de contagio
- Se logró construir ocho reglas difusas
- Se logró desarrollar el Sistema experto difuso para evaluar el riesgo de contagio de COVID-19 en viviendas de Sevilla.
- A partir del diagnóstico de riesgo de contagio se propuso recomendaciones y se disminuyó el riesgo.
- Las medidas recomendadas son complementarias y no significan un reemplazo para la aplicación de las recomendaciones dadas por las autoridades sanitarias competentes.

10.2. RECOMENDACIONES

- Implementar una aplicación para dispositivos móviles que permita a las familias ingresar sus datos y realizar un diagnóstico de riesgo de contagio de COVID-19 en sus viviendas en el momento. A la vez que esta le recomiende como disminuir el riesgo y mejorar su habitabilidad.
- Estudiar y agregas nuevas variables de entrada y reglas que permitan obtener un diagnóstico más exacto.

11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Dado que la enfermedad de la COVID-19, es nueva y van apareciendo nuevas cepas con el pasar de los meses y con diferentes características, se deben hacer estudios constantemente e ir actualizándose de acuerdo ellos las variables a considerar para el diagnóstico de riesgo de contagio.

12. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Asadi S., Bouvier N., Wexler AS, Ristenpart WD. (2020). La pandemia del coronavirus y los aerosoles: ¿COVID-19 se transmite a través de partículas espiratorias? *Aerosol Sci. Technol.*
2. Ashrae. (2016). “HVAC Systems and Equipment Handbook” – Ch 22.
Disponible en:
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.07.13.20153049v1>
3. Crespí-Rotger, S., & Ordóñez-Iriarte, J. M. (2020). COVID-19. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas. *Revista de Salud Ambiental*, 20(1), 21-29.
4. Cortina, I. B., & Robaina, D. A. (2010). Lógica difusa aplicada a la toma de decisiones. *Ingeniería Industrial*, 31(1), 1-5.
5. Del Cerro Sánchez, T., & Laina, P. N. (2014). *Logica Difusa*. Universidad Carlos III de Madrid, 8.
6. Gallego, E., González de Paula, L., Garmendia, L., & Garmendia, A. (2009). Método de decisión borrosa de si un efecto es impacto ambiental y su carácter. *Jornadas internacionales de Didáctica de las Matemáticas en Ingeniería*. ETSI Caminos, UPM, 261-273.
7. Higuera González, Arantxa (2021). *Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas*. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S. Arquitectura (UPM).
8. Instituto de Microelectrónica de Sevilla. (2014). *Herramientas de CAD para Lógica Difusa*.
Disponible en:
http://www2.imsecnm.csic.es/Xfuzzy/Xfuzzy_3.5/Xfuzzy3.5_sp.pdf
9. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2020). *Recomendaciones sobre el uso de instalaciones de climatización en edificios, a fin de prevenir la propagación del sars-cov-2*.
Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/716213/Recomendaciones+sobre+el+uso+de+instalaciones+de+climatizaci%C3%B3n+en+edificios%2C+a+fin+de+prevenir+la+propagaci%C3%B3n+del+coronavirus+SARS-CoVD-2.pdf/b581bca1-1b62-49ec-abad-6d4bd0889616>

10. Jones, B.. (2020). Aerosol transmission of infectious disease. *J Occup Environ Med.*
Disponibile en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25816216/>
11. Macías-Bernal, J. M., Calama-Rodríguez, J. M., & Chávez-de Diego, M. J. (2014). Modelo de predicción de la vida útil de la edificación patrimonial a partir de la lógica difusa. *Informes de la Construcción*, 66(533), e006-e006.
12. Marín García, D. (2020). Del COVID-19-SARS-CoV-2-y su relación con la ventilación y la climatización en edificación. *Aparejadores*, (87), 43-50.
13. Mecenas, P., Bastos, R. T. D. R.M., Vallinoto, A.C. R., & Normando, D. (2020). Efectos de la temperatura y la humedad en la propagación de COVID-19: una revisión sistemática. *PLoS uno*, 15(9), e0238339.
14. Ministerio de Sanidad. (2020). Medidas higiénicas para la prevención de contagios de la COVID-19. Documento técnico.
https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Medidas_higienicas_COVID-19.pdf
15. Miller SL, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dancer SJ, et al. (2021). Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Aire interior.*
Disponibile en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7537089/>
16. Minguillón MC, Querol X, Felisi JM, Garrido T. (2020). Guía para ventilación en aulas.
17. Ministerio de Sanidad. Coronavirus:
<https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/home.htm>
18. Ministerio de Sanidad. (2020). Estrategia de detección, vigilancia y control de COVID-19.
Disponibile en:
https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Estrategia_vigilancia_y_control_e_indicadores.pdf
19. Ministerio de Sanidad. (2020). Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del sars-cov-2.

- Disponible en:
https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCoV/documentos/Recomendaciones_de_operacion_y_mantenimiento.pdf
20. Morris DH, Yinda KC, Gamble A, Rossine FW, Huang Q, Bushmaker T, et al. (2020). The effect of temperature and humidity on the stability of SARS-CoV-2 and other enveloped viruses. BioRxiv.
Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.10.16.341883v1>
 21. Mukaidono, M. (2001). “Fuzzy logic for beginners”. World Scientific.
 22. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations Scientific Brief.
Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
 23. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020).
Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
 24. Peña-Otero, D., Pascual-Blasco, P., García-Cernuda, V., Hierro-Ciria, E., Morán-Caballero, A., & Claramunt-González, I. (2020). Relación entre la curva de temperatura, la humedad relativa y la incidencia de casos por COVID 19. Nuberos Científica.
 25. Sancho Caparrini, F. (2009). Introducción a la Lógica Difusa. Dpto. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Sevilla.
Disponible en : <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>
 26. UNE 77213:1997 Calidad del aire. Definiciones de las fracciones de los tamaños de partículas para el muestreo asociado a problemas de salud.
Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0007129>
 27. World health Organization. Coronavirus disease (COVID-19): Ventilation and air conditioning.
Disponible en: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-ventilationand-air-conditioning>
 28. Xfuzzy home page: <http://www.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy>
 29. Zadeh, Lotfi. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control. Año 8, N° 3, pp. 338-353.

30. Zadeh, Lofti. (1994). Lógica difusa: problemas, contenciones y perspectivas.
En Actas del ICASSP'94. IEEE International Conference on Acoustics, Speech
and Signal Processing (Vol. 6, pp. VI-183). IEEE

PERIÓDICOS

31. Almodóvar, L. (2020, 28 octubre). Un salón, un bar y una clase: así contagia el coronavirus en el aire. DIARIO EL PAIS. Recuperado 24 de abril de 2021, de <https://elpais.com/especiales/coronavirus-covid-19/un-salon-un-bar-y-una-clase-asi-contagia-el-coronavirus-en-el-aire/>