



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza



Universidad  
Zaragoza

# Proyecto Fin de Carrera

## Estudio mediante redes neuronales de la incidencia de los infartos en la calidad de vida

Autor

Francho María Pino Escartín

Director

Antonio Bono Nuez

Documento

Memoria

Especialidad

Ingeniería Técnica Industrial Electrónica

Convocatoria

Septiembre de 2013



## RESUMEN

Desde hace unas décadas ha venido produciéndose un incremento en la longevidad de la población debido en gran parte a los avances realizados en el campo médico, creando una nueva meta, alcanzar esa longevidad con la máxima calidad de vida posible. Por esta razón se encuentran ya gran cantidad de publicaciones, estudios e investigaciones en el ámbito de la calidad de vida, resolviendo cuestiones sobre cómo evaluarla, identificar qué factores se ve afectada y cómo mejorarla.

En este estudio se ha pretendido realizar la búsqueda y análisis de las diferentes investigaciones que se han realizado a nivel internacional sobre calidad de vida pero añadiendo una herramienta novedosa a su comprensión, las redes neuronales. Además, se ha procesado mediante el uso de redes auto-organizadas una base de datos realizada junto al grupo de investigación de enfermería con el que se ha trabajado, compuesta de dos cuestionarios, uno de creación propia denominado “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio” y otro de calidad de vida conocido como EuroQoL 5D-3L.

Como resultado principal obtenido de la fase de documentación destaca la escasez de investigaciones en España sobre el uso de redes neuronales para el estudio de la calidad de vida. En este ámbito, este proyecto ha pretendido ser pionero en el empleo de dichas técnicas consiguiendo el reconocimiento de ciertos patrones entre los temores y preocupaciones que sufren los pacientes post-infartados y la división de los posibles niveles de calidad de vida relacionada con la salud.



<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	7
1.2 Calidad de vida.....	8
1.3 Infarto Agudo de Miocardio y su afectación a la calidad de vida.....	10
<b>2. OBJETIVOS.</b> .....	<b>13</b>
<b>3. ESTADO DEL ARTE.</b> .....	<b>15</b>
<b>4. DESARROLLO</b> .....	<b>33</b>
4.1 Generación de las encuestas.....	33
4.1.1 Cuestionario “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio”. .....	34
4.1.2 Encuesta EuroQoL 5D-3L.....	36
4.2 Recogida de datos. ....	38
4.3 Requisitos de los encuestados.....	38
4.4 Viabilidad de los datos recogidos .....	39
4.5 Herramientas globales.....	39
4.5.1 MATLAB.....	40
4.5.2 SOM Toolbox .....	43
4.5.3 IBM SPSS Statistics.....	44
4.6 Análisis estadístico de la base de datos.....	45
4.7 Selección inicial de variables válidas de la encuesta de temores. ....	47
4.8 Red Neuronal. ....	47
4.8.1 Introducción a redes neuronales .....	47
4.8.1.1 Modelo general de neurona artificial. ....	48
4.8.1.2 Tipos de arquitecturas de redes neuronales.....	49

4.8.1.3	Fase de aprendizaje.....	50
4.8.1.4	Elección del modelo de red neuronal.....	51
4.8.1.5	Mapas Autoorganizados, conceptos.....	51
4.8.2	Configuración inicial de la red neuronal.....	55
4.9	Normalización de la matriz de datos.....	58
4.10	Análisis de componentes principales.....	58
4.11	Encuesta de temores procesada con el SOM.....	60
4.12	EuroQoL 5D procesado con el SOM.....	67
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
5.1	Resultados.....	71
5.2	Trabajos futuros.....	72
5.3	Conclusiones personales.....	73
<b>6.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>75</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>8.</b>	<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>83</b>
<b>9.</b>	<b>GLOSARIO Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Motivación del proyecto.

Al inicio de este proyecto, cuando ya se perfilaba que iba a tratar fundamentalmente sobre calidad de vida y redes neuronales, tuvimos constancia de que un grupo compuesto por tres enfermeras estaban realizando una investigación en el Hospital Universitario Miguel Servet con los objetivos principales de valorar las preocupaciones, temores y dudas en relación con el autocuidado y el grado de afectación a la calidad de vida diaria relacionada con la salud en pacientes que han sufrido al menos un segundo episodio de infarto agudo de miocardio (IAM).

Es común dentro del ámbito sanitario la realización de este tipo de estudios e investigaciones con el fin de obtener unos resultados que permitan mejorar la atención que reciben los pacientes. En nuestro caso particular, desde la labor que realiza el personal de enfermería se desea profundizar en el conocimiento del período de adaptación (en una persona que ha sufrido un Infarto Agudo de Miocardio), estudiando el nivel de afectación del individuo en las distintas actividades de la vida diaria y las dificultades que creen puedan tener en su autocuidado para poder establecer nuevas directrices en los cuidados enfermeros así como facilitar al paciente una información personalizada y acorde a la enfermedad que sufre.

Para cumplir sus objetivos se planteó la necesidad de elaborar una herramienta de toma de datos en forma de encuesta, compuesta por un cuestionario sobre temores y preocupaciones (de elaboración propia) y otra de medición de la calidad de vida (EuroQoL 5D-3L).

Cuando se consolidó la colaboración y trabajo conjunto con el grupo de enfermeras éstas se hallaban al final de la fase de realización de encuestas por lo que se propuso colaborar en el procesamiento de los datos recogidos tanto estadísticamente como mediante la introducción del uso de redes neuronales como método novedoso y sin apenas antecedentes en España, con el fin de aportar un punto de vista diferente y poder hallar alguna conclusión que mediante métodos estadísticos no se podría plantear.

A partir de estos resultados se podrán establecer estrategias y planes de cuidados específicos para los problemas detectados de más importancia para el paciente. El estudio queda abierto a posibles investigaciones sobre:

- Estilos de vida saludable.
- Reducción del nivel de ansiedad.
- Mejorar la calidad de vida.

## 1.2 Calidad de vida.

A lo largo de los últimos años, la investigación científica y los avances médicos han conseguido alargar la esperanza de vida hasta tal límite que ciertos grupos de investigación se plantean cómo alcanzar esa máxima longevidad con la mejor calidad de vida posible.

La Organización Mundial de la Salud [1] definió *“la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social y no únicamente la ausencia de enfermedad”*. De esta definición se desprende que la evaluación de la salud no puede estar limitada a los factores clínicos tradicionales basados en variables puramente biológicas. Por lo tanto debe valorarse tanto el estado objetivo de la salud como los aspectos más subjetivos, que engloban el sentido general de satisfacción del individuo y a percepción de la propia salud.

Por dichas necesidad surge el término de “calidad de vida”, un concepto algo difuso, en el que no existe un claro consenso entre autores, que se puede acotar por diferentes factores que determinan el bienestar social de una persona o de una comunidad [2], por ejemplo:

Factores materiales, relacionados con los recursos de los que se dispone:

- Nivel de ingresos
- Posición en el mercado laboral
- Salud
- Nivel de educación

Factores ambientales, dados por las características del entorno o la comunidad:

- Acceso a servicios
- Criminalidad
- Transporte
- Comunicaciones

Factores de relacionamiento, dados principalmente por la relación con otros individuos.

- Relaciones con la familia y amigos
- Integración dentro en la comunidad
- Tiempo libre

Centrando la vista en el presente estudio aparece ya el término “calidad de vida” unido a la salud como factor muy determinante a la hora de determinar el bienestar de un individuo, así pues introducimos el término “Calidad de Vida Relacionado con la Salud”(CVRS) cuya definición, según citan algunos autores [3], podría ser:

*“La Calidad de Vida Relacionada con la Salud se refiere a la evaluación subjetiva de las influencias del estado de salud actual, los cuidados sanitarios, y la promoción de la salud sobre la capacidad del individuo para lograr y mantener un nivel global de funcionamiento que permite seguir aquellas actividades que son importantes para el individuo y que afectan a su estado general de bienestar. Las dimensiones que son importantes para la medición de la CVRS son: el funcionamiento social, físico, y cognitivo; la movilidad y el cuidado personal; y el bienestar emocional”.*

Para poder tomar decisiones y adoptar soluciones es necesario evaluar la calidad de vida relacionada con la salud de los individuos, por ello se han desarrollado diferentes test, encuestas y evaluaciones en diferentes campos médicos y científicos, algunos de los más reconocidos son el EuroQoL-5D, un instrumento genérico de medición de la CVRS que puede utilizarse tanto para individuos sanos como en grupos de pacientes con diferentes patologías y el SF-36, un cuestionario utilizado en investigaciones médicas, de salud mental y en general relacionadas con la salud, este test ofrece una perspectiva general de la salud de una persona pidiendo respuestas sobre la salud del paciente el mes anterior a la realización del test, se encuentra disponible una versión aguda del test en el que pide las respuestas sobre la semana anterior. La calidad de vida se mide a través de la valoración numérica de 8 dimensiones

(funcionamiento físico, limitación por problemas físicos, dolor corporal, funcionamiento o rol social, salud mental, limitación por problemas emocionales, vitalidad, energía o fatiga y percepción general de salud) y se evalúa cada dimensión entre 0 y 100, siendo 0 un estado muy bajo de salud y 100 un estado óptimo. Existen dos versiones del cuestionario, siendo la segunda la más completa.

También existen otros cuestionarios de medición de la CVRS específicos para diferentes enfermedades como por el ejemplo el Minnesota Living With Heart Failure<sup>®</sup> Questionnaire (MLHFQ), cuestionario orientado a medir el impacto del infarto de miocardio sobre la CVRS, es un cuestionario compuesto por 21 preguntas, contestable entre 0 y 5 realizado a los 4 meses de haber sufrido el episodio y la puntuación es obtenida por simple suma de la puntuación de cada una de las preguntas, siendo el rango posible de 0 (menor afectación de CV posible) a 105 (mayor afectación de la CV posible). Otro ejemplo es el cuestionario español de calidad de vida Velasco-Del Barrio, concebido para evaluar la CVRS en pacientes con cardiopatías crónicas está compuesto por 44 ítems agrupados en 8 áreas temáticas que se responden en una escala de 1 a 5 y como las puntuaciones altas siempre corresponden a «lo peor», la puntuación del cuestionario cuanto más alta sea (máximo teórico de 220 puntos) indicará una peor CV.

### **1.3 Infarto Agudo de Miocardio y su afectación a la calidad de vida.**

Se define infarto como la necrosis o muerte de las células de un órgano o parte de él como consecuencia de una falta de riego sanguíneo.

El término infarto agudo de miocardio (frecuentemente abreviado como IAM) hace referencia a un riego sanguíneo insuficiente, con daño tisular, en una parte del corazón, producido por una obstrucción en una de las arterias coronarias, frecuentemente por ruptura de una placa de ateroma vulnerable. La isquemia o suministro deficiente de oxígeno que resulta de tal obstrucción produce la angina de pecho, que si se recanaliza precozmente no produce muerte del tejido cardíaco, mientras que si se mantiene esta anoxia se produce la lesión del miocardio y finalmente la necrosis, es decir, el infarto.

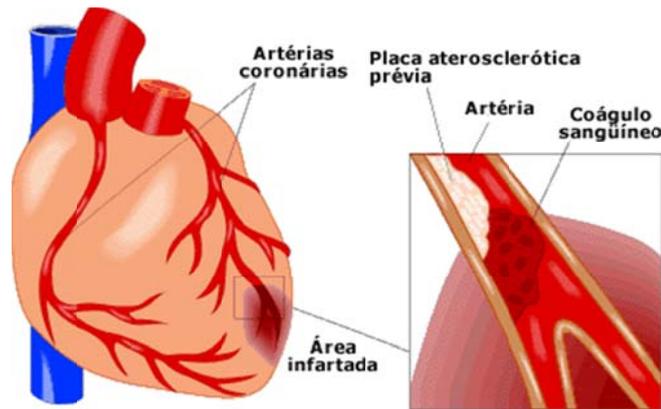


Figura 1. Infarto Agudo de Miocardio

El infarto de miocardio es la **principal causa de muerte de hombres y mujeres en todo el mundo** [4]. La facilidad de producir arritmias, fundamentalmente la fibrilación ventricular, es la causa más frecuente de muerte en el infarto agudo de miocardio en los primeros minutos, razón por la que existe la tendencia a colocar desfibriladores externos automáticos en lugares públicos concurridos.

Los principales riesgos que predisponen a un infarto son la aterosclerosis u otra enfermedad de las coronarias, antecedentes de angina de pecho, de un infarto anterior o de trastornos del ritmo cardíaco, así como la edad, principalmente en hombres mayores de 40 años y mujeres mayores de 50 años.

Sin olvidar otros factores de riesgo como el tabaquismo, el consumo excesivo de bebidas alcohólicas, diabetes, obesidad y niveles altos de colesterol, tensión arterial y estrés.

El pronóstico vital de un paciente con infarto depende de la extensión del mismo, es decir, la cantidad de músculo cardíaco perdido como consecuencia de la falta de irrigación sanguínea y la rapidez de la atención recibida. Esta afectación será también la responsable de las secuelas posteriores al infarto ya que dependiendo de la extensión del área afectada y su lugar pueden quedar secuelas permanentes como insuficiencia cardíaca, arritmias, aneurisma ventricular, etc. pudiendo producir futuras complicaciones y un riesgo mayor de mortalidad a corto y largo plazo.

La persona que sobrevive a un episodio cardíaco se enfrenta a un suceso de gran impacto global (físico-psíquico-emocional) en el que los cuidados se deben orientar a disminuir factores que puedan producir un nuevo episodio y que ayuden en su recuperación, (control de los niveles de colesterol y tensión arterial, disminución del estrés, eliminación del consumo de alcohol y

tabaco, reposo relativo, ejercicio moderado...). Es por ello que muchos factores de su vida cotidiana se van a ver afectados, tales como la movilidad, la realización de esfuerzos, modificación de los hábitos alimenticios, el disfrute del ocio,.. acompañado de un estado mental de preocupación generalizada sobre su enfermedad y su futuro o incluso de estados de depresión.

Por todo lo dicho, resulta lógico pensar que se va a producir una variación en la calidad de vida relacionada con salud de esa persona y de cómo la percibe por lo que se deben tomar ciertas acciones para evitar en la medida de lo posible que descienda.

## 2. OBJETIVOS.

La formulación de los objetivos ha sido fruto de la idea inicial de este proyecto de aunar los conceptos de “calidad de vida” y “redes neuronales” en un mismo trabajo y la unión con el grupo de investigación de enfermería.

- Aprender y asimilar los conceptos y herramientas necesarias.

Para la consecución de cualquier trabajo es necesario poseer los conocimientos adecuados, muchas veces no se poseen a priori por lo que deben ser incorporados conforme se plantea su necesidad.

- Realizar un trabajo de documentación sobre investigaciones y publicaciones que relacionen la evaluación y medición de la calidad de vida con el uso de redes neuronales.

Plantear este objetivo y cumplirlo es fundamental para poder tener una imagen de cómo son y cómo se realizan este tipo de estudios así como para incorporar aquellas herramientas o conocimientos que puedan ayudar a la realización de este trabajo.

- Obtener los principales factores que afectan a la calidad de vida de los pacientes infartados.

Mediante el análisis del cuestionario “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio” y de la encuesta de calidad de vida EuroQoL 5D-3L con métodos estadísticos y el uso de redes neuronales se pretender diferenciar que parámetros pueden resultar particularmente significativos

- Validar el cuestionario “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio” como herramienta para medir la preocupación por la pérdida de calidad de vida.

A través del estudio de este cuestionario y de su análisis estadístico y mediante el uso de redes neuronales se plantea validar este cuestionario como herramienta fiable para determinar temor a sufrir un empeoramiento de la calidad de vida.



### 3. ESTADO DEL ARTE.

Actualmente, gracias a los avances en la utilización de las redes neuronales se plantean nuevas posibilidades y nuevos retos sobre cómo se pueden utilizar dicha redes neuronales tanto para evaluar la calidad de vida como para mejorarla.

La introducción de las redes neuronales, como herramienta para mejorar la calidad de vida relacionada con la salud de las personas, se puede observar en estudios e investigaciones que plantean su uso en dos áreas diferenciadas, la primera es su incorporación a herramientas y dispositivos diseñados para mejorar la calidad de vida del usuario y la otra es la destinada a estudios que utilizan las redes neuronales para determinar la calidad de vida de las personas a partir de encuestas o estudios previos.

Para la realización de esta fase de documentación se consultaron múltiples sitios web de búsqueda, consulta y descarga de artículos y publicaciones de investigación [5] [6] [7] [8] [9], siguiendo las siguientes palabras clave tanto en español como su traducción al inglés: **reconocimiento de actividades cotidianas, calidad de vida, redes neuronales artificiales, cuestionario de salud, infarto agudo de miocardio, EuroQoL 5D.**

Algunos ejemplos de la utilización de redes neuronales para mejorar la calidad de vida se pueden encontrar en artículos e investigaciones que tratan el **reconocimiento de actividades cotidianas, de caídas o de posturas del cuerpo**, todos encaminados a ser integrados en pequeños dispositivos electrónicos portables y en los sistemas de teleayuda de personas mayores o dependientes. La búsqueda de estos artículos ocupó la primera fase de documentación hasta que se decidió a colaborar con la investigación que llevaba a cabo el grupo de enfermeras.

Los artículos más relevantes sobre esta materia son:

*Detection of Daily Activities and Sports with Wearable Sensors in Controlled and Uncontrolled Conditions* [10]

En esta investigación se realiza una toma de datos muy extensa mediante siete sensores portados por los sujetos además de un GPS, una cámara y una PDA, para el reconocimiento de 10 actividades normales y deportivas tanto en interior como en exterior.

Los sujetos, jóvenes reclutados en una universidad local previo consentimiento informado firmado, portaron los sensores en dos tandas de muestreo, una en un escenario común donde realizaron las mismas actividades y la otra tanda se muestreó en un escenario libre donde los sujetos realizaban las actividades sin supervisión anotándolas ellos mismos.

Puesto que las señales obtenidas son continuas en el tiempo, realizaron una caracterización segundo a segundo de valores en el dominio del tiempo y la frecuencia.

Para la clasificación de las actividades propone 4 métodos diferentes con el objetivo de comparar entre los resultados obtenidos por cada uno de ellos y poder determinar cuál es el más eficaz:

- Árbol de decisión: uno personalizado y otro autogenerado.
- Red Neuronal Artificial: utiliza un perceptrón multicapa con una capa oculta con 15 nodos para cuyo entrenamiento se ha usado "Resilient Back Propagation algorithm", en el artículo no se profundiza más en la descripción de la red utilizada.
- Modelo híbrido: propone un nuevo método que combina un árbol de decisión y una RNA, aunque no detalla su estructura exacta.

Como conclusión comenta que el modelo más preciso ha resultado ser el modelo híbrido frente a la RNA que no obtiene unos resultados satisfactorios, la explicación que se da es que ante la imprecisión y el ruido de los datos de las actividades cotidianas hay que tener cuidado al entrenar la RNA.

Resulta interesante el hecho de sacar las actividades que se pretenden reconocer fuera del entorno controlado, se le da una orientación más real a la toma de datos de cara a una posible realización práctica, aunque la cantidad de sensores y la mochila que es necesario llevar limita mucho sus posibilidades.

Dado el interés despertado en esta línea de trabajo de comparar los resultados que se obtienen entre diversos métodos se decidió consultar los trabajos previos de este grupo, a continuación se detalla otro de ellos.

*Activity Classification Using Realistic Data from Wearable Sensors [11]*

Para recoger los datos durante las diferentes actividades tanto cotidianas como deportivas utiliza hasta 22 sensores, todos ellos transportados por la persona de tal forma que puede reconocerse la actividad tanto dentro de casa como fuera.

Para el reconocimiento de la actividad realizada utiliza 3 métodos diferentes:

- Árbol de decisión construido manualmente.
- Árbol de decisión generado automáticamente con MatLab.
- Red Neuronal Artificial: perceptrón multicapa entrenado mediante algoritmo de retropropagación y compuesto por capa de entrada, oculta y de salida de 6,15 y 7 neuronas respectivamente.

TABLE III  
CONFUSION MATRIX OF CUSTOM DECISION TREE

Annotation	Recognized Activity						
	Lie	Row	Ex-Bike	Sit/Stand	Run	Nordic walk	Walk
Lie	1417	0	0	205	0	0	0
Row	0	1646	0	717	0	0	23
ExBike	0	0	2461	612	0	0	29
Sit/ Stand	121	40	53	34083	4	340	962
Run	0	0	0	44	2284	21	5
Nordic walk	0	1	0	256	39	4507	194
Walk	0	16	4	5412	15	3964	12797

TABLE IV  
CONFUSION MATRIX OF AUTOMATICALLY GENERATED DECISION TREE

Annotation	Recognized Activity						
	Lie	Row	Ex-Bike	Sit/Stand	Run	Nordic walk	Walk
Lie	1354	0	0	268	0	0	0
Row	0	1327	0	1028	0	0	31
ExBike	0	0	2552	508	0	0	42
Sit/ Stand	86	109	66	33928	8	13	1385
Run	0	0	0	45	2293	0	16
Nordic walk	0	0	0	250	36	3581	1130
Walk	0	27	4	4249	24	642	17262

TABLE V  
CONFUSION MATRIX OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Annotation	Recognized Activity						
	Lie	Row	Ex-Bike	Sit/Stand	Run	Nordic walk	Walk
Lie	1206	0	0	357	0	0	59
Row	0	1414	0	874	63	0	35
ExBike	0	0	2336	561	0	0	205
Sit/ Stand	41	131	27	34032	0	22	1345
Run	0	250	0	40	517	1070	477
Nordic walk	0	2	0	210	0	2597	2188
Walk	0	18	4	4620	0	109	17457

Figura 2. Tablas de confusión entre actividades

Compara los resultados obtenidos en el reconocimiento de las diferentes actividades resultando el árbol de decisión generado automáticamente el más eficiente con un 86% de aciertos frente a al 82% del árbol personalizado y la red neuronal.

Otra conclusión interesante que obtiene es que pese a la cantidad de sensores utilizados los acelerómetros se muestran como el mejor método de obtención de información para reconocimiento actividades.

*Classification of Walking Patterns in Parkinson's Disease Patients Based on Inertial Sensor Data [12]*

Aplicación destinada a detectar el FOG (bloqueo del paso en enfermos de Parkinson) un problema muy común entre los enfermos de Parkinson que puede hacer que se produzcan caídas o accidentes.

Para ello utiliza sistema compuesto de 6 sensores inerciales inalámbricos colocados en piernas y pies cuya señal es procesada por una red neuronal para diferenciar los pasos regulares de los que no lo son, en caso de que la red determine que se trata de alguna irregularidad un algoritmo aparte determina si se produce bloqueo o no del paso.

La RNA utilizada se trata de una única neurona con 100 entradas con función de activación en escalón, concuerda con el uso que se le da de discriminador entre pasos normales de otro tipo de paso.

Como conclusiones comenta que debido a las particularidades de cada paciente los umbrales de detección son empíricos y es necesario adaptarlos a cada persona. Además añade que debido a los diferentes tipos de pasos intencionados no es posible reconocer los paso irregulares con mucha fiabilidad, aunque se podría mejorar aumentando el número de pacientes estudiados.

Propone una aplicación final del estudio, un sistema integrado en un microcontrolador para enfermos de Parkinson que pueda detectar anomalías en el caminar, clasificarlas y determinar una acción para corregirla, típicamente mediante sonidos, vibraciones o aviso luminoso se puede evitar el bloqueo del paso.

Sería interesante en este estudio el ampliar el protagonismo que cobra la RNA y profundizar en su aplicabilidad, haciendo una red neuronal más amplia y con mayor capacidad para reconocer los diferentes tipos de pasos.

*A Neural Network Agent Based Approach to Activity Detection in Ami Environments* [13]

En este artículo se propone la creación de ambientes inteligentes para el reconocimiento de actividades cotidianas con el objetivo de ser implementado en el hogar de personas mayores o dependientes para detectar posibles problemas o actividades anormales, teniendo especialmente presentes a aquellos mayores que no pueden realizar correctamente sus tareas cotidianas como puedan ser los enfermos de Alzheimer o de demencia senil.

En este caso, a diferencia de otros, la detección de la actividad se basa en sensores colocados en el mobiliario y no en la persona, tales como sensores de presión en cama y sillas, sensores de luz, temperatura y sonido... Para ello crearon un entorno capaz de monitorizar varias actividades cotidianas como son dormir, leer, trabajar en el escritorio o el ordenador, escuchar música y dejando la posibilidad de reconocer otras actividades.

Para la monitorización directa de las actividades crearon dos aplicaciones, una para PC y otra para plataforma remota con vistas a implementarlo en móviles y PDAs.

Basándose en que es necesario poder incorporar nuevas actividades tanto normales como anormales se plantean una red neuronal capaz de hacer que la capa oculta sea flexible o cambiante. Partiendo de lo que tres métodos diferentes (algoritmos de regularización, los algoritmos de poda y algoritmos constructivos) eligen utilizar una arquitectura neuronal adaptativa derivado del paradigma propuesto por ECoS Kasabov. Eligen esa arquitectura ya que puede crecer de forma dinámica, mediante la adición de nodos de la capa oculta cuando no se encuentra un patrón para encajarlo en la estructura ya existente.

En la figura adjunta se puede ver un diagrama de la estructura real de la red neuronal adaptativa utilizada, que consta de tres capas: la capa de entrada, la capa oculta dinámica y la capa de salida, además de una capa de memoria utilizada para representar la información temporal, parámetro necesario para el reconocimiento de las actividades.

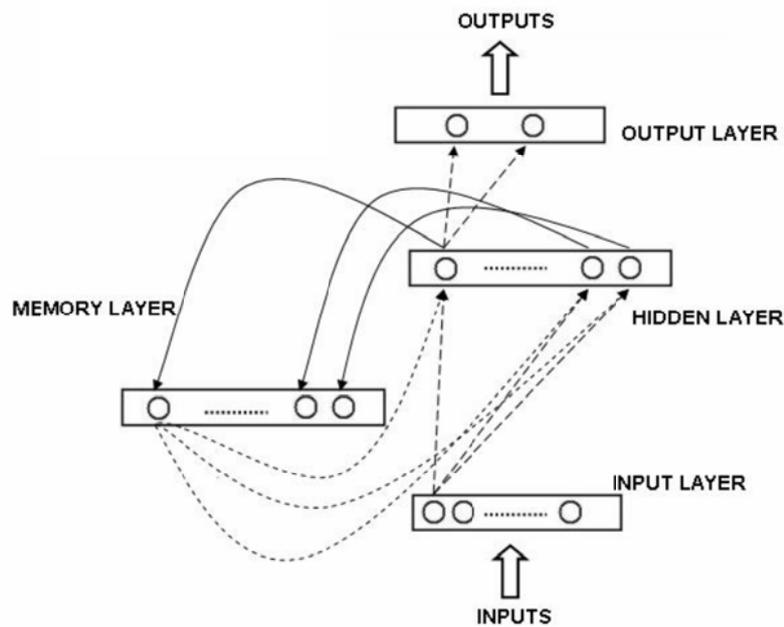


Figura 3. Estructura de la red

Tras la recogida de datos durante cuatro días y estableciendo 8 actividades diferentes, realizaron los siguientes experimentos:

- Reconocimiento de las actividades predeterminadas.

Dividieron las muestras en dos partes, mediante un método de validación cruzada, para entrenamiento y test. Con un resultado medio de un 78,57% de las actividades reconocidas.

- Reconocimiento de actividades anómalas.

Probaron dos métodos diferentes, el primer método usa el umbral colocado en la capa oculta y almacenando los ejemplos anormales en una estructura separada y el segundo método implementa la nueva manera de detectar anomalías en las que la red puede desarrollar un nuevo nodo de salida para representar ese ejemplo anormal. El mayor índice de reconocimiento lo obtuvo el primer método con un 89.14% de éxito.

- Inclusión de la capa de memoria como medida de mejora en la detección de actividades fuera de lo común.

La adición de una capa de memoria da a la red la capacidad de detectar una mayor variedad de anomalías mediante la captura de las dependencias temporales de los datos. La adición de esta capa supuso una mejora de

reconocimiento para algunos casos del 6% aunque globalmente no experimento un gran aumento. Es por ello que concluyen afirmando que es necesario profundizar más en este ensayo.

Esta investigación es particularmente interesante por dos cuestiones, la primera es que plantea un entorno no invasivo ni molesto para el usuario y la segunda es la idea de diseñar un sistema capaz de incorporar y aprender nuevas actividades además de las preestablecidas.

*Human Body Posture Classification by a Neural Fuzzy Network and Home Care System Application [14]*

En este estudio se propone un nuevo método de reconocimiento postural y su aplicación en el reconocimiento de caídas basado en video-vigilancia.

Con el fin de obtener una señal procesable por una red neuronal, aplican la transformada discreta de Fourier (DFT en inglés) para representar la imagen en el dominio de la frecuencia, normalizando las magnitudes de los 20 coeficientes más significativos.

Con la señal obtenida a partir de las diferentes posturas una vez normalizada entrenan una SONFIN (Self-Constructing Neural Fuzzy Inference Network), cuya estructura y funcionamiento se puede encontrar en otra publicación de los mismos autores [15], dicho entrenamiento lo realizan con 80 patrones diferentes (20 por postura), una vez entrenada realizan un test con 400 posturas a reconocer logrando una media del 97,8% de aciertos.

En el apartado IV del artículo proponen su integración en un sistema de vigilancia doméstico donde una alarma se activaría en caso de detectar una caída y facilitan un diagrama de flujo (Figura 4) del proceso de detección, diferenciando si la persona reacciona o permanece inmóvil.

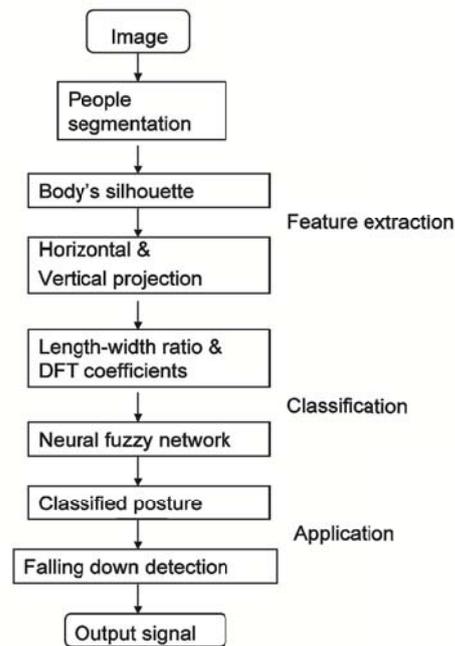


Figura 4. Diagrama de flujo propuesto

A continuación, ponen a prueba su funcionamiento mediante la realización de cuatro experimentos variando el tiempo de caída y diferenciando entre una recuperación nula, parcial o total de la persona caída.

Recapitulando entre los artículos descritos hasta este punto, se puede observar como existen diferentes líneas de investigación sobre el reconocimiento de actividades, posturas y caídas, proponiendo diferentes redes neuronales y sistemas de recogida de datos pero todos con el objetivo común de crear sistemas capaces de reconocer un problema y poder llevar a cabo una acción adecuada.

Relativo al uso de las redes neuronales como apoyo al **procesamiento de cuestionarios de salud, encuestas de calidad de vida y bases de datos de datos clínicos**, cabe destacar los siguientes artículos:

*Identifying relative Cut-Off Scores with Neural Networks for Interpretation of the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire.* [16]

Partiendo de una de las muchas encuestas para la evaluación de la calidad de vida relacionada con la salud como es el MLHFQ, en este estudio se trata de establecer unos puntos de corte en la puntuación obtenida en la

encuesta para la correcta interpretación de lo que es considerado baja o alta calidad de vida.

El MLHFQ es un cuestionario compuesto por 21 preguntas, contestable entre 0 y 5, que evalúa en qué medida el haber sufrido un episodio cardíaco ha afectado a la calidad de vida.

El test se realiza a los 4 meses de haber sufrido el episodio y la puntuación es obtenida por simple suma de la puntuación de cada una de las preguntas, siendo el rango posible de 0 (menor afectación de CV posible) a 105 (mayor afectación de la CV posible).

En su forma de proceder quizá resulte extraño el hecho de que debido a datos incompletos, en lugar de sacar de la base de datos a los pacientes con cuestionarios erróneos, han eliminado dos de las 21 preguntas del cuestionario, asegurando que no afecta en la determinación de los puntos de corte.

Para reconocer los grupos o patrones que aparecen entre los datos del MLHFQ y la calidad de vida similares entre sí, emplean una red neuronal auto-organizada de Kohonen. Con el fin de comprobar los resultados obtenidos de los 400 cuestionarios completos, los divide al azar en dos, uno lo utiliza como grupo de aprendizaje y el otro como grupo de test.

A través de la interpretación de estos clusters pretende establecer 3 niveles de calidad de vida.

Para ello, utilizó una regla basada en los resultados descriptivos de los grupos identificados y se eligieron los mejores puntos de corte de acuerdo con la mayor precisión total de la matriz de confusión.

Finalmente, para validar los 3 niveles de la calidad de vida, se analizaron las relaciones entre las tres categorías MLHF y otras medidas de gravedad del infarto agudo de miocardio que son más familiares para los clínicos especialistas.

Concluye estableciendo dichos niveles de calidad de vida que se pueden obtener a través de esta encuesta. Esta conclusión es interesante en cuanto a que se pueden asociar fácilmente grupos de pacientes con características similares gracias al uso de un mapa de Kohonen.

Se trata del estudio hallado más similar a lo que en el presente proyecto se pretende conseguir. Por esta razón, a través de la página web de la Universidad de Minnesota [17] se obtuvo una copia de este cuestionario de calidad de vida con licencia para estudiantes, en el paquete suministrado,

adjunto en los anexos de este proyecto, se incluyen el cuestionario a entregar a los encuestados, instrucciones de evaluación y términos y condiciones.

*Application of Artificial Neural Networks for the Prediction of Quality of Life in Breast Cancer Patients.* [18]

En este artículo se utiliza un grupo de pacientes enfermos de cáncer de pecho para predecir su calidad de vida, mediante el uso de redes neuronales artificiales y métodos de regresión múltiple.

La recogida de datos la realizaron utilizando los cuestionarios SF-36, QLQ-C30, y QLQ-BR23 durante el preoperatorio y 6 meses, 1 y 2 años después.

Una interesante conclusión que obtiene es que las redes neuronales son más fiables a la hora de predecir la calidad de vida frente a la regresión múltiple y por ello la proponen como una buena herramienta para saber la calidad de vida relacionada con la salud.

Se trata de un estudio muy escueto, que no profundiza en la descripción y uso de la RNA pero a través del cual se pueden hallar otros trabajos que utilizan redes neuronales en el campo de la predicción médica, un ejemplo sería:

*Artificial Neural Networks Applied to Survival Prediction in Breast Cancer* [19]

Este artículo versa sobre la estimación de la supervivencia en enfermos de cáncer de pecho que aunque no contemple implícitamente el concepto de calidad de vida se puede decir que está muy próximo.

Como respuesta a la necesidad de incorporar a la realización de pronósticos una nueva herramienta plantea el uso de redes neuronales ya que se ha probado enormemente su eficacia y fiabilidad en reconocimiento de patrones y en otras investigaciones de predicción de la supervivencia.

La base de datos de partida la formaron con un total de 1050 pacientes y un total de 24 variables clinicopatológicas extraída de las historias clínicas de los pacientes que sufrieron la enfermedad.

La red neuronal utilizada estaba compuesta de 3 capas construida mediante un método en cascada y con una regla de aprendizaje adaptativo.

Una vez dividida la base de datos en dos grupos de entrenamiento y validación, entrenaron la red con dos conjuntos de variables diferentes, uno con todas las variables y otro con parte, obteniendo el mayor índice de aciertos la red entrenada con todas las variables.

En sus resultados afirman haber conseguido generar una herramienta capaz de predecir la supervivencia a los 5, 10 y 15 años de padecer la enfermedad y para ello aportan datos sobre la significancia estadística obtenida.

#### *Neural Network Application in Diagnosis of Patient: A Case Study [20]*

Desde hace un tiempo, el almacenamiento electrónico de la información e historial de pacientes acompañado de un acceso rápido y sencillo a dicha información ha facilitado el que prosperen las técnicas de minería de datos y los estudios que dan aplicación útil a esos datos como por ejemplo, reconocimiento de características comunes entre los pacientes de determinadas enfermedades, previsión de costes hospitalarios, predicción de tratamientos médicos (tema en el que se centra esta investigación),...

Varios estudios corroboran ya la presencia de diversos factores de riesgo y estilos de vida que favorecen la posibilidad de padecer un episodio cardíaco, por ello, en este artículo proponen un sistema para la predicción de infartos mediante el uso de una red neuronal, basando su entrenamiento en datos médicos y factores de riesgo presentes en los pacientes.

La base de datos que emplean está compuesta por 40 pacientes y 4 variables (sexo, edad, presión sanguínea y tabaquismo). Desde mi punto de vista puede tratarse de una base de datos con pocos pacientes y que quizá necesite incluir otros factores de riesgo conocidos como son sobrepeso, colesterol, etc. que pueden ayudar a la hora de predecir un futuro episodio cardíaco.

La RNA que proponen es un perceptrón multicapa con 6 nodos de entrada, 4 en la capa oculta y 2 en la de salida, determinados por el número de datos de entrada, por ensayo-error y por los dos estados posibles de predicción respectivamente. Para entrenar la red utilizaron un algoritmo de retropropagación.

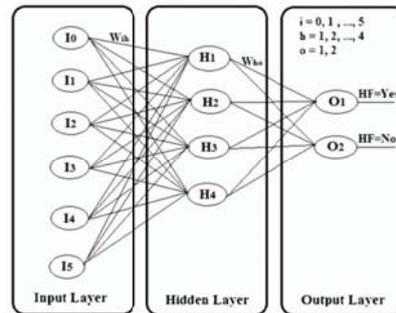


Figura 5. Red neuronal propuesta

*Prognostics & Artificial Neural Network Applications in Patient Healthcare* [21].

Este artículo se fundamenta en el concepto de *prognosis*, que puede definirse como el resultado que se espera de una enfermedad, su duración y las probabilidades de recuperación de ésta.

Este artículo examina la viabilidad de entrenar una red neuronal para predecir casos de Trombosis Venosa Profunda / Embolismo Pulmonar y por ello se propone dos cuestiones, si las redes neuronales se pueden utilizar para prevenir el desarrollo de estas enfermedades y qué redes neuronales son las adecuadas.

No termina de definir qué RNA ha utilizado, solamente comenta de forma somera algunos conceptos de redes neuronales, como se pudo entrenar la red y que se probaron redes compuestas de 2 a 6 capas para comprobar cual cometía menor error. Debido a esa falta de especificación y concreción da a entender que no se profundizó demasiado en la optimización de la red neuronal y que queda mucho trabajo por hacer.

Hace diversas observaciones desprendidas de los resultados obtenidos:

- Gracias a las redes neuronales se consiguen identificar otras variables que también resultan interesantes en el pronóstico de esta enfermedad que antes no tenían tanto peso.
- Aunque las predicciones sean aceptables se necesita más estudio y profundización en la materia y el uso de algoritmos en las redes neuronales más sofisticados.

*The Use of Data-Mining to Identify Indicators of Health Related Quality of Life in Patients with Irritable Bowel Syndrome [22]*

Tomando como punto de partida el Síndrome de Colon Irritable, enfermedad crónica que afecta notablemente a la calidad de vida por producir alteraciones en los hábitos alimenticios y a la hora de hacer de vientre además de ir acompañado generalmente de dolor y discomfort, propone 3 modelos para determinar qué factores se pueden asociar a un deterioro de la CVRS.

La recogida de datos se realizó a través de las historias clínicas y datos demográficos de 490 pacientes voluntarios a los que se pidió que rellenasen un cuestionario donde se valoraba la frecuencia, duración e intensidad de los síntomas a lo largo de 6 meses. Además para medir la calidad de vida, utilizaron los cuestionarios EuroQoL 5D y SF-36.

Para identificar qué factores socio-demográficos y qué síntomas se asocian de forma independiente con el dolor / malestar y la ansiedad / depresión, consideraron tres técnicas de minería de datos:

- Regresión logística, construido incluyendo únicamente los factores estadísticamente significativos.
- Árbol de clasificación.
- Redes neuronales artificiales, probaron una red con 3 capas ocultas con  $\alpha = 0.9$  y  $\eta = 0.3$  y otras dos redes de 2 capas ocultas con diferentes ritmos de aprendizaje  $\alpha = 0.9$  y  $\eta = 0.3$  y  $\alpha = 0.7$  y  $\eta = 0.3$ .

Aunque ninguno de estos modelos de minería de datos conducen a una clasificación muy precisa de la CVRS de los pacientes con este síndrome, sí que indican qué factores son los más relacionados con el deterioro de la calidad de vida, como por ejemplo la situación laboral, los empleados a tiempo parcial o desempleados tienden a sufrir un deterioro de la CV relacionado con el dolor y la ansiedad, también influye la baja participación en eventos sociales y estar separado o divorciado. Como tema de discusión cabría plantear el cómo la enfermedad afecta a esos ámbitos.

Comentan la necesidad de que en el tratamiento de estos pacientes además de incluir un alivio sintomático se debe realizar un examen de calidad de vida para evitar que diferentes ámbitos de la vida cotidiana se vean afectados por la enfermedad y produzcan un descenso en la CVRS.

Centrando la búsqueda en la **salud cardiovascular y su calidad de vida**, en España se realizan innumerables investigaciones en hospitales y grupos de investigación.

Gran parte de los trabajos tratan de incorporar herramientas ya probadas en otros países a España, ya que aun usándose sus versiones traducidas puede no existir constancia de un estudio sobre sus propiedades métricas, su factibilidad, fiabilidad y sensibilidad al cambio durante su uso habitual.

Debido a que la interpretación de estos cuestionarios puede variar a causa de las diferencias demográficas con respecto al país o grupo de estudio de origen en este tipo de estudios se suele comparar los resultados obtenidos con otro cuestionario de calidad de vida ya validado en España, típicamente el SF-36 u otro relacionado con la misma enfermedad en la que se quiere aplicar.

El SF-36 es un cuestionario de uso muy extendido aplicable a la población en general, tanto a pacientes con diversas enfermedades como a personas sanas, y se indica que ya ha sido utilizado para valorar la CV en diferentes enfermedades.

Como parte del trabajo de documentación de este proyecto se han hallado los artículos que validan, para su uso en España, tres de los cuestionarios que se consideran más relevantes como son el EuroQoL 5D, el MLHQ y el cuestionario Velasco-Del Barrio, este último fruto del trabajo de un grupo de investigación español sobre calidad de vida del infartado.

*The Spanish version of EuroQol: a description and its applications.* [23]

*Validación de la versión española del Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire* [24]

*Validación de un nuevo cuestionario para evaluar la calidad de vida en pacientes postinfarto* [25]

En este último artículo se detalla además el proceso de construcción seguido así como la justificación a su estructura y contenido, lo que constituye una buena base para la creación de futuros cuestionarios de calidad de vida.

Aunque dichos cuestionarios ya estén validados no implica que los resultados sean extrapolables a otros grupos demográficos, hay que tener siempre presente a la hora de realizar una encuesta de este tipo que la pertenencia a diferentes áreas o el desarrollo de enfermedades marcará el tipo de resultados que se obtendrán.

*La calidad de vida relacionada con la salud como medida de resultados en pacientes con cardiopatía isquémica [26]*

Artículo en general muy completo en cuanto a definiciones de los términos que encontramos cuando tratamos el concepto de calidad de vida relacionado con la salud aplicados a las enfermedades cardiacas.

Algunas ideas clave que destaca sobre la CVRS:

- La calidad de vida relacionada con la salud como aspecto a valorar para detectar alteraciones y poder actuar precozmente.
- Asumiendo la CVRS como un concepto multidimensional existen herramientas genéricas y específicas que deben continuar siendo investigadas dado su probado éxito en la medición de resultados en diferentes enfermedades.
- Estados depresivos asociados con empeoramiento de la CV pueden conducir a nuevos episodios cardíacos.

Describe algunos de los cuestionarios más importantes para valorar la CVRS, entre ellos el Cuestionario de Velasco-del Barrio [25], cuestionario adaptado de otros cuestionarios en inglés para pacientes de habla española.

Analiza el peso que ha tenido la evaluación de la calidad de vida en otros estudios de salud.

Destaca la importancia en que la utilización de las medidas de calidad de vida por los clínicos permitiría conocer mejor el estado de salud del enfermo y proporcionar un mejor entendimiento del impacto de la enfermedad y de la intervención médica en sus vidas, aunque también apunta a que es necesario mejorar en la interpretabilidad clínica de los diferentes instrumentos.

*Calidad de vida y apoyo social en pacientes con infarto agudo de miocardio no complicado [27]*

Se trata de una investigación muy similar a la que están realizando el grupo de enfermeras con el que el presente proyecto colabora.

Con el objetivo de prestar un adecuado apoyo social a los pacientes con infarto agudo de miocardio, elaboraron una encuesta propia basada en

variables clínicas (localización del infarto), socioeconómicas (definidas por el Instituto Nacional de Estadística [28]), variables de apoyo social y red social (medidas mediante el índice de Seeman y Berkman [29]) y una medición de la calidad de vida mediante la escala de CV de Velasco-Del Barrio [25].

Para comprobar la evolución de los pacientes realizaron la encuesta dos veces, durante el ingreso y seis meses después, lo que permitió evaluar la evolución de la calidad de vida desde el ingreso, y qué factores han cambiado. Y lo que es más importante, viendo estos resultados se pueden adoptar una serie de cambios para mejorar la atención que los pacientes reciben.

**TABLA 6**  
**Calidad de vida inicial y seis meses**  
**después de la enfermedad**

Calidad de vida (n = 134)	7-15 días (Media ± DE)	6 meses (Media ± DE)	P
Salud	19,7 ± 5,4	17,3 ± 5,0	< 0,001
Sueño	7,6 ± 3,3	7,2 ± 3,2	NS
Emoción	8,8 ± 3,0	6,5 ± 2,7	< 0,001
Proyectos de futuro	8,4 ± 2,8	6,4 ± 2,5	< 0,001
Movilidad	15,9 ± 4,5	17,0 ± 4,1	< 0,05
Relación	16,4 ± 5,1	16,2 ± 5,3	NS
Alerta	5,6 ± 2,8	7,3 ± 3,3	< 0,001
Comunicación	8,6 ± 3,5	9,1 ± 4,5	NS
Ocio	17,1 ± 5,4	13,1 ± 4,6	< 0,001
Total	108,1 ± 19,3	101,1 ± 19,8	< 0,001

Figura 6. Calidad de vida inicial y 6 meses después

En la Figura 6 se puede observar cómo han comprobado con éxito que la mayoría de casos presenta una mejoría de la calidad de vida después del ingreso y que los pacientes a los que prestaron apoyo social de algún tipo presentan un aumento aún mayor.

A partir del cálculo de la significancia estadística se asocian ciertos parámetros que afectan a la CV y gracias a la realización del re-test se constata una baja reincorporación laboral obtenida y proponen una política sanitaria específicamente laboral para contemplar las modificaciones a realizar en el puesto de trabajo para facilitar la integración de los pacientes.

Acotando más la búsqueda con las palabras clave **redes neuronales** y **calidad de vida**, se ha comprobado la ausencia de investigaciones sobre este tema en publicaciones españolas, en cambio sí que se ha constatado el amplio uso de las redes neuronales en el campo médico para **predicción de la**

**evolución de enfermedades**, como por ejemplo en la predicción de mortalidad hospitalaria [30], **diagnóstico** mediante análisis con redes neuronales [31] o para **clasificación de pacientes** como es el caso de la tesis:

*Características clínicas en el Síndrome de Fibromialgia: asociación con la calidad de vida relacionada con la salud y contribución a la caracterización de subgrupos [32].*

Tesis doctoral fundamentada en el estudio de la fibromialgia en la que se ha dedicado una parte del trabajo a elaborar un modelo de clasificación de pacientes que padecen Síndrome de Fibromialgia a partir de las características del dolor que sufren evaluadas mediante el cuestionario de dolor McGill.

Describe que la red escogida para la búsqueda de patrones comunes entre los pacientes ha sido el SOM de Kohonen. Detalla que una vez normalizadas las puntuaciones del cuestionario procesa por separado los puntos que constituyen cada una de las dimensiones del cuestionario.

Mediante el análisis de la U-matrix consigue determinar la existencia clara de dos clústeres en una de las cuatro dimensiones del cuestionario (Figura 7), la referida a dimensión afectivo-motivacional del dolor, estos dos subgrupos le permiten clasificar a los pacientes en función del dolor referido en esta dimensión y confrontar estos resultados con los datos estadísticos obtenidos.

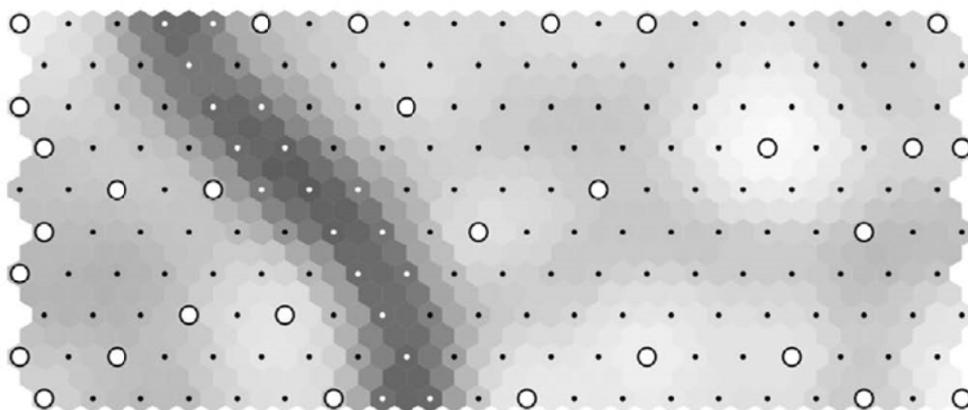


Figura 7. U-matrix donde se observa la existencia de dos clústeres



## 4. DESARROLLO

A continuación se describen detalladamente cada uno de los pasos y labores que nos han conducido a la conclusión de este proyecto así como una explicación en detalle de los conceptos y herramientas utilizados para ello.

### 4.1 Generación de las encuestas.

En base a la experiencia del grupo de investigación de enfermería durante tres años en la planta de cardiología y a las características comunes presentes en mayor o menor grado en los pacientes infartados, que son:

- Obesidad.
- Tabaquismo.
- Hipertensión.
- Hipercolesterolemia.
- Diabetes.
- Restricción médica en los esfuerzos realizados.
- Fatiga característica del paciente infartado.
- Miedos y preocupaciones derivados de la enfermedad, de la posibilidad de un nuevo episodio o del entorno hospitalario.

A partir de las preguntas que planteaban los pacientes sobre su actual situación de salud tras el episodio, sus posibles consecuencias tanto físicas, emocionales como posibles dificultades para realizar sus actividades cotidianas se decide realizar un cuestionario con 27 preguntas “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio”. Para la realización del cuestionario se estudiaron los cuestionarios ya validados SF-36 [33], cuestionario Velasco-Del Barrio [25], Barthel [34].

Además de añadir al formato la teoría del autocuidado de Dorothea Orem [35] con las 3 dimensiones del autocuidado que estableció en su estudio.

Las dimensiones se dividen en:

- Universales: Satisfacción de las necesidades básicas de todo ser humano.
- Desarrollo: Satisfacción de necesidades según el período del ciclo vital.
- Desviación de la salud: Satisfacción de necesidades en cada proceso de alteración de la salud.

El concepto de autocuidado resalta el derecho de cada persona a mantener un control individual de los factores internos y externos de su propio patrón de vida, mientras realiza las actividades de autocuidados; ya que pueden comprometer su vida y desarrollo posterior. Otro principio de los cuidados enfermeros del modelo de Dorothea Orem con un alto contenido ético es el referente a que el autocuidado no implica permitir a la persona que haga cosas por sí misma, según lo planifica la enfermera, sino animar, orientar y enseñar a la persona para que haga sus propios planes en función de la vida diaria óptima; al aumentar la capacidad de autocuidado aumenta la autoestima del individuo.

Con la intención de validar este cuestionario además del de aportar un valor añadido a la investigación se añadió el cuestionario del Grupo EuroQoL denominado EQ-5D-3L, cuestionario ya consolidado y validado que evalúa la Calidad de Vida Relacionada con la Salud del encuestado.

#### **4.1.1 Cuestionario “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio”.**

Se compone de 8 preguntas denominadas de filiación o socio-demográficas, estas son:

- Fecha de nacimiento.
- Lugar de nacimiento (país).
- Fecha de ingreso hospitalario.
- Sexo: Hombre o Mujer.
- Estado Civil: Soltero, Casado o Viudo/Separado.
- Vive: Solo o Acompañado.
- ¿Cuántos Infartos previos ha tenido?
- Situación laboral: Activo, Parado o Jubilado.

A continuación se encuentran las 22 preguntas sobre el nivel real de preocupación del paciente en el momento de ser encuestado. Las 19 primeras van precedidas por “A partir de ahora, le preocupa...”

1. *¿Su reducción de peso?*
2. *¿Volver a fumar?*
3. *¿La forma en que va a alimentarse?*
4. *¿El esfuerzo que va a realizar para hacer de vientre?*
5. *¿Su capacidad para realizar su higiene personal?*
6. *¿Que su tensión arterial está elevada?*
7. *¿Que su colesterol esté elevado?*
8. *¿Descansar por la noche?*
9. *¿Volver al trabajo?*
10. *¿El cambio en sus actividades de ocio (deportes, viajes)?*
11. *¿Disfrutar de la vida en compañía de amigos-familia?*
12. *¿Su satisfacción sexual?*
13. *¿El cambio en alguna actividad cotidiana (Ej.: No poder conducir)?*
14. *¿Sufrir un nuevo infarto?*
15. *¿Morir?*
16. *¿Perder su autonomía?*
17. *¿Permanecer ingresado?*
18. *¿Se encuentra tenso en el entorno hospitalario?*
19. *¿Está satisfecho con la información que recibo de su estado de salud?*
20. *¿Quiere añadir algún temor que siente que no le hayamos preguntado?*
21. *¿hay alguna otra cosa de la que hayamos hablado que nos quisiera mencionar?*
22. *¿hay alguna cuestión que no entiende o preguntaría de otra forma? Indique el nº de pregunta y cómo la formularía.*

El paciente contesta a las preguntas 1 a 19 marcando su respuesta en una escala de tipo Likert de entre las siguientes: (1) Nada, (2) Poco, (3) Normal, (4) Bastante, (5) Mucho y finalmente las preguntas 20 a 22 al tratarse de preguntas abiertas escribe la respuesta el propio paciente.

Se puede encontrar este cuestionario adjunto en los anexos.

#### 4.1.2 Encuesta EuroQoL 5D-3L.

Tras la puesta en contacto con el grupo EuroQoL, a través de su página web [36], se les presentó las características de nuestro estudio y aconsejaron utilizar el cuestionario EuroQoL 5D-3L que esencialmente consiste en 2 páginas, una página contiene el sistema descriptivo EQ-5D y la otra contiene la escala visual analógica EQ. Además facilitaron documentación para calcular el resultado obtenido en las encuestas así como una guía básica de uso, toda esta documentación se puede encontrar en los anexos.

##### Sistema descriptivo EQ-5D:

Se compone de 5 preguntas que evalúan 5 dimensiones de la calidad de vida: movilidad, autocuidado, actividades cotidianas, dolor/discomfort y ansiedad/depresión.

Cada dimensión tiene 3 niveles: sin problemas, algunos problemas y problemas graves. Al encuestado se le pide que marque un nivel de cada una de las dimensiones evaluadas que mejor defina su situación a día de hoy.

El resultado no se puede obtener mediante simple suma de las respuestas dadas si no utilizando las fórmulas que se encuentran en la documentación.

Las mencionadas preguntas son:

##### **Movilidad**

No tengo problemas para caminar  
Tengo algunos problemas para caminar  
Tengo que estar en la cama

##### **Cuidado Personal**

No tengo problemas con el cuidado personal  
Tengo algunos problemas para lavarme o vestirme  
Soy incapaz de lavarme o vestirme

##### **Actividades Cotidianas** (ej., trabajar, estudiar, hacer las tareas domésticas, actividades familiares o actividades durante el tiempo libre)

No tengo problemas para realizar mis actividades cotidianas  
Tengo algunos problemas para realizar mis actividades cotidianas  
Soy incapaz de realizar mis actividades cotidianas

### **Dolor/Malestar**

No tengo dolor ni malestar

Tengo moderado dolor o malestar

Tengo mucho dolor o malestar

### **Ansiedad/Depresión**

No estoy ansioso ni deprimido

Estoy moderadamente ansioso o deprimido

Estoy muy ansioso o deprimido

### Escala Visual Analógica (EVA):

Es una escala vertical en la que se pide al encuestado que marque cómo percibe su estado de salud a día de hoy, entre 'Mejor estado de salud imaginable' con una puntuación de 100 y 'Peor estado de salud imaginable' con una puntuación de 0.

Esta información se puede utilizar para valorar cómo perciben su propia salud los encuestados.

### Evaluación de las encuestas:

- Método Time to Trade-Off (TTO).

En español conocido como análisis de coste-utilidad, se trata de una herramienta económica utilizada en el ámbito de la salud para determinar la calidad de vida de un sujeto. En él se analiza los años que se puede vivir a máxima calidad de vida frente a los años que se estima se vivirá con la calidad de vida actual, básicamente calcula a cuantos años de vida se puede llegar a renunciar para vivir al máximo de calidad de vida posible.

- Método Visual Analogue Scale (VAS).

Es una escala de respuesta psicométrica que se suele utilizar en cuestionarios para la medición de características o actitudes subjetivas que no se pueden medir directamente. Al responder a un elemento de VAS, los encuestados especifican su nivel de acuerdo con un enunciado o pregunta indicando una posición a lo largo de una línea continua entre dos puntos finales. Este aspecto continuo o análogo de la escala es lo que la diferencia de escalas discretas como la escala de Likert.

En los anexos se encontrará información ampliada de esta encuesta.

## **4.2 Recogida de datos.**

A lo largo de 8 meses se encuestaron de forma oportunística a un total de 103 pacientes ingresados en la unidad de cardiología del Hospital Miguel Servet.

El proceso seguido fue el siguiente:

- Localización de candidatos mediante examen del Informe de urgencias e Historia clínica de los posibles pacientes objetivo.
- Comprobación de que el paciente cumple con los requisitos establecidos.
- Presentación ante el paciente, explicación y firma de consentimiento informado para participar en la encuesta.
- Dejar al paciente un tiempo a solas para que conteste a la encuesta de modo que no se vea afectada su objetividad por la presencia de los facultativos o de la familia.
- Recogida, revisión de la encuesta y aclaración de las posibles dudas surgidas en alguna pregunta para su correcta cumplimentación.
- Agradecimiento por su colaboración en el estudio.
- Incorporación a la base de datos.

## **4.3 Requisitos de los encuestados.**

Para que los pacientes pudieran ser encuestados y consecuentemente añadidos a la base de datos debían cumplir una serie de requisitos previos.

Criterios de inclusión:

- Ser mayor de edad.
- Aceptar colaborar en la encuesta a la que se le somete, firmando consentimiento informado para participar en la investigación.

- Pacientes sin patología de tal gravedad que pudieran modificar los resultados del cuestionario de temores. (Ej.: paciente con amputación.)
- Motivación manifiesta por el estudio y colaboración.

Criterios excluyentes:

- Pacientes con deterioro cognitivo y con patología invalidante.
- Pacientes con desconocimiento del español.

#### **4.4 Viabilidad de los datos recogidos**

Una vez realizadas las encuestas, durante su revisión surgieron dos problemas:

El primero fue cómo tratar las preguntas que habían sido contestadas como “no aplicable”, campo que en la creación de las encuestas se dejó para reservarse la posibilidad de los realizadores de invalidar la pregunta en función del paciente, no se dio el caso en ninguna de las encuestas pero los propios pacientes usaron dicha casilla para expresar que esa cuestión no les afectaba, finalmente, por directriz del departamento de metodología del Hospital Miguel Servet los temores marcados por los pacientes como “no aplicable” pasaron a ser tratados como “nada”.

El segundo problema fue que un total de 14 preguntas no fueron debidamente contestadas por los pacientes en el cuestionario de Temores y 3 preguntas en el EuroQoL, por parte de la dirección de este proyecto se optó por rellenar estos datos perdidos con la media obtenida del resto de pacientes.

#### **4.5 Herramientas globales**

Ha continuación se describen las herramientas necesarias en la realización de este proyecto. Principalmente han sido tres, Matlab, como herramienta para desarrollar los scripts de programación, la SOM Toolbox, caja de herramientas que permite trabajar con los SOM en Matlab y SPSS de IBM como programa de cálculo y análisis estadístico.

### 4.5.1 MATLAB

El nombre Matlab simboliza Matrix Laboratory, originalmente escrito para proveer fácil acceso a software de matrices desarrollado por los proyectos Linpack y Eispack.

MATLAB es un lenguaje de alto nivel para cálculos técnicos, además de un lenguaje de programación es un entorno de desarrollo para crear nuestras propias herramientas de cálculo.

Es un lenguaje que trabaja con números reales o complejos y cadenas de caracteres pero de forma matricial, esto implica que un único escalar es interpretado como una matriz 1x1.

Se puede trabajar de dos modos, el primero y más sencillo es el de escribir directamente en la línea de comandos la instrucción o cálculo a realizar, prácticamente como una calculadora, y el otro uso, mucho más potente, es el crear nuestros propios *scripts*, fichero que agrupa una serie de instrucciones de MATLAB en el que no se requieren ni argumentos de entrada ni de salida y que permite la ejecución repetidas veces de esas órdenes de una forma sencilla y sin ser necesario teclearlas en cada ocasión. En este tipo de ficheros se operan con variables declaradas en la pantalla de comandos.

Éste integra computación, visualización y programación, en un entorno donde los problemas y las soluciones son expresados con notación matemática. Los usos de Matlab son:

- Matemática y Computación.
- Desarrollo de algoritmos.
- Modelamiento, simulación y prototipado.
- Análisis de datos, exploración y visualización.
- Graficas científicas e ingenieriles.
- Desarrollo de aplicaciones, incluyendo construcción de interfaces gráficas de usuario.

MATLAB dispone de un código básico y además de diversas herramientas específicas de diferentes áreas o materias llamadas *Toolbox*, además de las lanzadas por los propios desarrolladores del programa, algunas son realizadas por iniciativas independientes para cubrir las necesidades particulares de diferentes campos de trabajo, esta propiedad le confiere al programa una modularidad y flexibilidad que hace que podamos adaptar su uso a nuestras necesidades, algunas toolboxes que se pueden encontrar son:

- Procesamiento de señales.
- Sistemas de control.
- Redes neuronales.
- Lógica difusa.
- Simulación.

El sistema Matlab consta de varias partes principales:

#### Entorno de desarrollo:

Es el conjunto de herramientas y módulos que ayudan a usar las funciones y archivos de MATLAB. Muchas de esas herramientas son interfaces gráficas de usuario. Esto incluye: el escritorio de Matlab, la ventana de comandos, el historial de comandos, un editor y un depurador, navegadores para revisión de la ayuda, el espacio de trabajo o Workspace y los archivos.

#### La librería de funciones matemáticas:

Constituida por una gran colección de algoritmos computacionales que van desde funciones elementales como la suma, la función seno y coseno, y la aritmética de números complejos hasta funciones mucho más sofisticadas como inversas de matrices, autovalores de matrices y transformadas radiadas de Fourier.

#### El lenguaje MATLAB:

Es un lenguaje de alto nivel para matrices con sentencias para control de flujo, creación de funciones y estructuras de datos, funciones de entrada/salida y algunas características de programación orientada a objetos. Este lenguaje

permite, tanto la programación a pequeña escala para la creación rápida de programas, como la realización de aplicaciones complejas.

### Gráficas:

MATLAB cuenta con módulos extensivos para la visualización de vectores y matrices en forma de gráficas, así como para realizar comentarios e impresión de estas gráficas. MATLAB incluye funciones de alto nivel para la visualización de datos en dos y tres dimensiones, procesamiento de imágenes y animación. También incluye funciones de bajo nivel que permiten personalizar completamente la apariencia de los gráficos así como construir interfaces graficas de usuario para las aplicaciones.

### Interfaces Externas:

Las interfaces externas son un conjunto de librerías que permiten la programación en lenguaje C y Fortran de programas que interactúen con MATLAB. Estas librerías facilitan realizar llamadas de rutinas desde MATLAB.

### Ayuda para MATLAB

A disposición del usuario se encuentra infinidad de documentación de ayuda, se puede encontrar en:

- Directamente en el programa mediante el menú de ayuda podemos obtener información rápida de todas las funciones que ofrece el programa para utilizarlas correctamente y optimizar su uso o bien escribiendo en la línea de comandos *help nombre\_de\_funcion*.
- Online, en la página web de Mathworks se puede encontrar infinidad de documentación y tutoriales que nos pueden ayudar a mejorar nuestro uso del programa y el lenguaje de MATLAB, así como un foro en el que compartir experiencias y dudas con otros usuarios [37] [38] [39]
- Manuales realizados por diferentes usuarios y universidades que comparten libremente [40] [41] [42].

#### 4.5.2 SOM Toolbox

Una de las cualidades de MATLAB es que está abierto a que todos los usuarios puedan realizar sus propias “cajas de herramientas”.

A pesar de que MATLAB dispone de un módulo para trabajar con redes neuronales, por consejo del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones en el que se desarrolla este proyecto se ha decidido optar por la utilización de la SOM Toolbox, ya que al tratarse de una herramienta específica para el trabajo con mapas auto-organizados ofrece más posibilidades de trabajo, es más flexible y tiene mayor potencia de procesamiento.

Como ya se ha comentado, es una librería que implementa todos los algoritmos y herramientas necesarios para manejar mapas auto-organizados de Teuvo Kohonen en el entorno de MATLAB realizada por un extenso grupo de investigación en la *Helsinki University of Technology*.

Es posible descargarse esta Toolbox desde la web de los desarrolladores bajo licencia GNU General Public License [43].

Sus posibilidades son [44]:

- Entrenar SOM con diferentes topologías de red y parámetros de aprendizaje.
- Cálculo de errores, medidas y calidad para el SOM.
- Visualizar SOM usando u-matrix, planos de componentes, codificado por colores de los cluster, vinculación por color entre el SOM y otros métodos.
- Hacer correlaciones y análisis de cluster.

La SOM Toolbox también incorpora otras herramientas para métodos de análisis como cuantificación vectorial, clustering, reducción de dimensiones, como por ejemplo:

- Herramientas de preprocesado de datos.
- K-means, K-nearest neighbour classifier y LVQ (learning vector quantizer).

- Análisis de Componentes Principales, en inglés PCA.

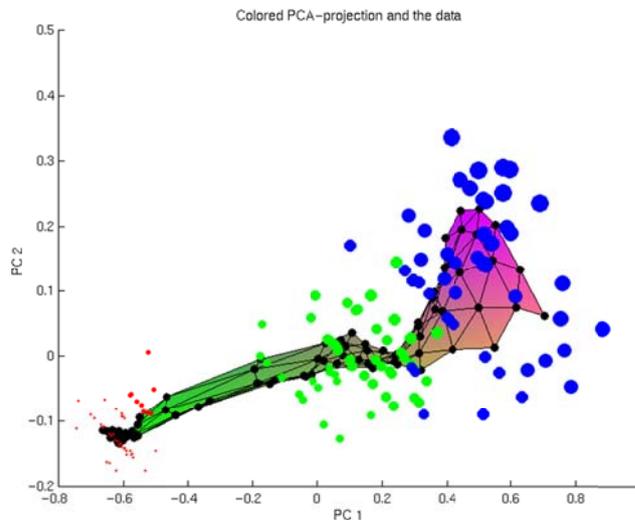


Figura 8. Ejemplo de PCA

La herramienta incluye una documentación de ayuda muy extensa que facilita su uso y unos ejemplos de diversos niveles de dificultad para que el usuario se familiarice con su manejo [45].

#### 4.5.3 IBM SPSS Statistics.

Se incluye una descripción y mención a este programa informático ya que algunos autores lo utilizan en el manejo estadístico de sus bases de datos.

En el presente proyecto se ha utilizado esta herramienta para realizar el análisis estadístico y para importar la base de datos facilitada por el grupo de enfermeras a un formato reconocible por MATLAB.

Este programa, comercializado por IBM [46] y competidor directo de MATLAB, se compone de un módulo básico y de otros módulos adicionales que añaden funciones específicas de otras áreas y materias al programa.

Entre dichos módulos adicionales se puede encontrar uno dedicado especialmente a Redes Neuronales aunque solo permite trabajar con perceptrón multicapa (MLP) y Redes de Función en Base Radial (RBF).

Su potencial de uso reside en que trabaja en modo ventana tanto la edición de datos como la introducción de fórmulas y cálculos y no en línea de comandos como MATLAB lo que puede hacer de él un entorno más amigable.

También dispone de herramientas de generación de archivos de código (scripts) con la sintaxis propia de SPSS.

#### 4.6 Análisis estadístico de la base de datos.

Junto con el grupo de investigación de enfermería y con la colaboración y guía del departamento de metodología del Hospital Universitario Miguel Servet, se realizó un análisis estadístico de la base de datos una vez conformada, tal y como se hace en este tipo de investigaciones. La herramienta utilizada fue el ya citado SPSS Statistics 20 de IBM.

Este estudio se realizó con el objetivo de encontrar qué temores o variables guardan relación entre sí para así poder sacar alguna conclusión desprendida de su estudio en profundidad.

Al término de este proyecto, al no encontrarse finalizada la investigación de enfermería ni publicado ningún resultado no se entrará en detalle en los resultados obtenidos estadísticamente para preservar el derecho a la confidencialidad. Sí que se realiza una explicación de la metodología seguida.

##### Encuesta de temores y preocupaciones:

Para tener una visión global de los datos y realizar una primera organización, primero se realizó un análisis descriptivo determinando la media y desviación estándar (DE) de las variables cuantitativas. Más tarde se calculó en qué porcentaje preocupaba cada uno de los temores encuestados, destacando 8 por ser los que mayor porcentaje acumulaban en la escala Likert en los valores 4 y 5 (bastante y mucho).

Fueron los siguientes: “esfuerzo para realizar la deposición”, “tener el colesterol elevado”, “morir”, “tener la tensión arterial alta”, “sufrir un nuevo infarto”, “perder la autonomía”, “permanecer ingresado” y “disfrutar de la familia y amigos”.

A continuación, se calcularon las pruebas estadísticas para aquellas variables que pueden ser expresadas mediante un número (variables cuantitativas continuas), la **distribución de T de Student** en caso de comportamiento normal, esta distribución aparece cuando se realiza la prueba T de Student para la determinación de las diferencias entre dos pruebas muestrales y la **prueba U de Mann-Whitney** si tienen una distribución no normal, con la que se comprueba la heterogeneidad de dos muestras ordinales.

Se considera que una muestra tiene distribución normal cuando al representar una campana de gauss definida por la media y la desviación típica se puede elegir un valor que tenga una medida contenida en unos intervalos definidos dentro de dicha representación.

Posteriormente, se calculó la correlación mediante los métodos de Odds Ratio (OR) y Spearman y Pearson que indican una correlación positiva entre variables y se calculó la significancia estadística que para  $p < 0.001$  indica que la mencionada correlación no es debida al azar y que existe una relación entre ambas variables. El cálculo de esta correlación indica la fuerza y la dirección de la relación lineal y proporcionalidad entre dos variables. De esta forma se puede estudiar cómo se relacionan los temores evaluados entre sí, para identificar qué factores son relevantes.

Este último proceso se aplicó también al cálculo de la correlación entre las 8 variables que más preocupaban con las variables sociodemográficas.

Un problema con el que se encontró este análisis fue que un 33,9% del total de los pacientes encuestados añadieron comentarios en las preguntas abiertas de temores añadidos, con una diversidad de respuestas muy amplia y difícil de valorar de forma estadística, por ello fueron excluidas de los cálculos.

### Cuestionario EuroQoL 5D-3L.

Con este cuestionario también se realizó el análisis descriptivo, determinando la media y desviación estándar (DE) de las variables cuantitativas, se dio especial énfasis a la asociación y relación entre las variables sociodemográficas, los ítems de la encuesta de temores, resultados del EuroQoL 5D-3L y los resultados de la escala de autovaloración EVA, realizando también la prueba U de Mann-Whitney. Con el objetivo de hallar alguna relación entre las variables medidas en las dos encuestas.

Además, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para las variables de “edad”, “resultado EuroQoL” y “Autovaloración.”

#### **4.7 Selección inicial de variables válidas de la encuesta de temores.**

De las 29 variables obtenidas a través del cuestionario de temores, se deciden realizar los siguientes cambios:

- Por no aportar una información verdaderamente útil la variable Historia clínica fue eliminada.
- La fecha de nacimiento fue sustituida por la edad.
- La variable Temores Añadidos, que inicialmente era un campo rellenado por el paciente con alguna preocupación extraordinaria, fue sustituida por una variable dicotómica en la que meramente se indica la existencia o no de temores añadidos.

#### **4.8 Red Neuronal.**

##### **4.8.1 Introducción a redes neuronales [47] .**

Una red neuronal artificial es una herramienta diseñada para emular el funcionamiento del cerebro humano.

La necesidad de crear esta herramienta proviene del problema que plantea abordar tareas del mundo real, donde la información es confusa, incompleta en entornos donde existe un gran nivel de ruido. Por esta razón, se han desarrollado un conjunto de paradigmas inspirado en la mejor máquina de cómputo existente en la naturaleza, a continuación se explica por qué.

El cerebro humano es un conjunto de miles de millones de pequeños procesadores interconectados entre sí que trabajan en paralelo llamados neuronas, esta propiedad confiere gran flexibilidad a la red formada por todas las neuronas al poderse organizar, construir reglas y lo que es más importante, aprender.

Mediante el aprendizaje es como las neuronas forman y refuerzan sus conexiones o sinapsis con sus vecinas formando subconjuntos especializados en la ejecución de tareas concretas, existen muchas formas de aprendizaje basadas generalmente en la repetición de unos estímulos de entrada. Cuando este proceso se da por finalizado se considera que el cerebro está ya

entrenado y que hemos aprendido, siendo capaces de ahora en adelante de procesar los mismos estímulos o similares y elaborar una respuesta propia.

Emulando ahora este modelo de procesador biológico se construyen las redes neuronales artificiales, tomando elementos básicos de procesamiento e interconectándolos entre sí.

Las capacidades que se consiguen copiar y que fundamentan este esfuerzo por emular el funcionamiento del cerebro son:

- Asociación de patrones.
- Tareas de clasificación.
- Aproximación de funciones.
- Control, partiendo de una señal de referencia, se ajustan unos parámetros libres para conseguir la salida deseada.
- Predicción de estados futuros.

#### **4.8.1.1 Modelo general de neurona artificial.**

Se denomina procesador elemental o neurona a un dispositivo simple de cálculo que, a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta de salida. Los elementos que constituyen la neurona son los siguientes:

- Conjunto de entradas. Dado por el número de canales por los que recibe la información la neurona, pueden provenir de otras neuronas o del exterior.
- Pesos sinápticos de la neurona. Valor que representa la intensidad de la unión sináptica entre neuronas, dando más importancia a unas frente a otras.
- Regla de propagación, que proporciona el valor del potencial postsináptico de la neurona en función de sus pesos y entradas.

- Regla de activación, que proporciona el estado de activación actual de la neurona en función de su estado anterior y de su potencial postsináptico actual.
- Función de salida, que proporciona la salida actual de la neurona en función de su estado de activación.

La creación de este modelo de neurona está inspirada en la neurona biológica y en su propiedad de recibir diversas entradas y elaborar una respuesta.

#### 4.8.1.2 Tipos de arquitecturas de redes neuronales.

Se denomina arquitectura a la topología, estructura o patrón de conexionado de una red neuronal.

En una red neuronal artificial los nodos se conectan por medio de sinapsis, agrupándose normalmente en grupos estructurales denominados capas cuyas neuronas pueden agruparse a su vez en grupos neuronales dando lugar a la red neuronal.

Las capas neuronales se diferencian en tres tipos:

- **Capa de entrada**, compuesta por las neuronas que reciben los datos del exterior de la red.
- **Capa de salida**, la formada por las neuronas que proporcionan la respuesta de la red.
- **Capa oculta o intermedia**, es aquella que no tiene una conexión directa con el exterior, esta capa dota a la red de más rango de libertad.

A partir del número de capas se pueden diferenciar básicamente dos tipos de redes, monocapa (una única capa de neuronas) y multicapa (más de una capa de neuronas).

Atendiendo al tipo de las conexiones capas se puede diferenciar entre conexiones **intra-capa**, aquellas presentes entre neuronas de una misma capa, conexiones **inter-capa** que son las existentes entre neuronas de diferente capa y las **conexiones realimentadas** que tienen sentido contrario al de salida. En

función de los sentidos del flujo de datos dentro de la red neuronal se pueden diferenciar aquellas redes en las que la información solo fluye en el sentido de salida, llamadas redes unidireccionales y aquellas en las que la información puede circular en cualquier sentido, redes recurrentes o realimentadas.

#### **4.8.1.3 Fase de aprendizaje.**

Se trata del proceso por el que se ajustan los parámetros libres de la red neuronal.

Cuando se construye una red neuronal se parte de un modelo concreto de neurona y de una arquitectura de red particular, estableciendo unos pesos sinápticos iniciales nulos o aleatorios.

El aprendizaje se puede llevar a cabo en dos niveles, el primero y más convencional es el que modela los pesos sinápticos de la red y el segundo y más complejo incluye la creación o destrucción de neuronas, proceso mediante el cual se modifica la topología de la red.

Existen cuatro tipos de aprendizaje destacados:

- Aprendizaje supervisado: se presenta a la red un conjunto de patrones junto con la salida estimada o deseada e iterativamente se ajustan los pesos hasta que la salida se ajusta a la deseada.
- Aprendizaje no supervisado o auto organizado: se trata de presentar a la red un conjunto de patrones sin la salida que esperamos, la red estima la función de probabilidad mediante la regla de aprendizaje, a partir de lo cual se pueden reconocer regularidades y patrones en el conjunto de entrada según su similitud.
- Aprendizaje híbrido: coexisten ambos métodos de aprendizaje anteriores, supervisado y no supervisado, que normalmente tienen lugar en diferentes capas de neuronas.
- Aprendizaje reforzado: a medio camino entre el supervisado y el no supervisado, se suministra el error cometido para ajustar los pesos sinápticos de la neurona pero no se llega a presentar la salida deseada.

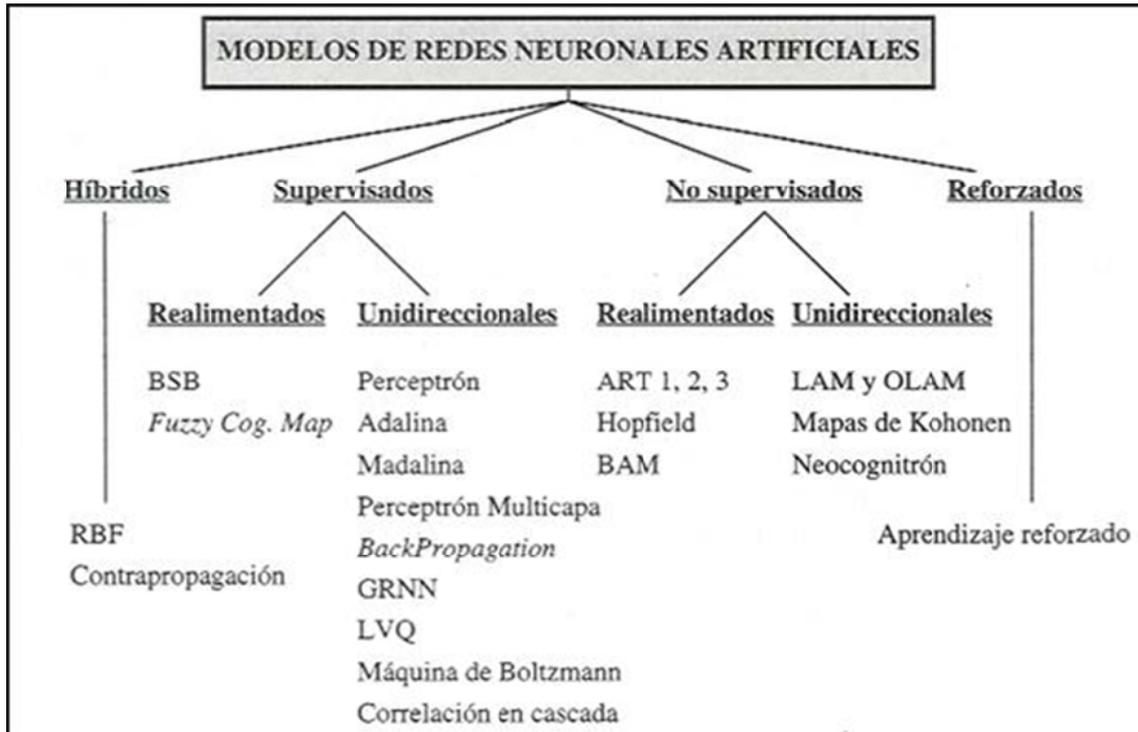


Figura 9. Clasificación de las RNA según aprendizaje y topología

#### 4.8.1.4 Elección del modelo de red neuronal.

Debido a las necesidades del proyecto, el modelo que más que ha probado su efectividad en la clasificación de patrones de entre diversos problemas prácticos son los SOFM (Self-Organizing Feature Maps) o mapas de Kohonen.

Además se dispone de la SOM Toolbox, una caja de herramientas para la simulación de este modelo neuronal en MATLAB.

#### 4.8.1.5 Mapas Autoorganizados, conceptos.

Conocidos por sus siglas en inglés como SOFM o mapas de Kohonen, fueron desarrollados por el físico finlandés Teuvo Kohonen. Además de su interés como una modelización sencilla de redes neuronales naturales, los SOFM poseen un gran potencial de aplicabilidad práctica. De entre las cuales cabe destacar: clasificación de patrones, cuantificación vectorial, reducción de dimensiones, extracción de rasgos, monitorización de procesos, análisis exploratorio, visualización y minería de datos.

En este modelo de mapa, las neuronas se organizan en una arquitectura unidireccional de dos capas. La primera es la capa de entrada o sensorial, que consiste en  $m$  neuronas, una por cada variable de entrada, distribuyendo la información procedente del espacio de entrada a las neuronas de la segunda capa.

El procesamiento se realiza en la segunda capa, que forma el mapa de rasgos, consistente habitualmente en una estructura rectangular  $n_x \times n_y$  neuronas, que operan en paralelo. Aunque la arquitectura rectangular es la más corriente, a veces también se utilizan capas de una sola dimensión (cadena lineal de neuronas) o de tres dimensiones (paralelepípedo) que determinan su localización espacial.

Cada neurona de entrada está conectada a todas las neuronas de la de la siguiente capa con un peso sináptico.

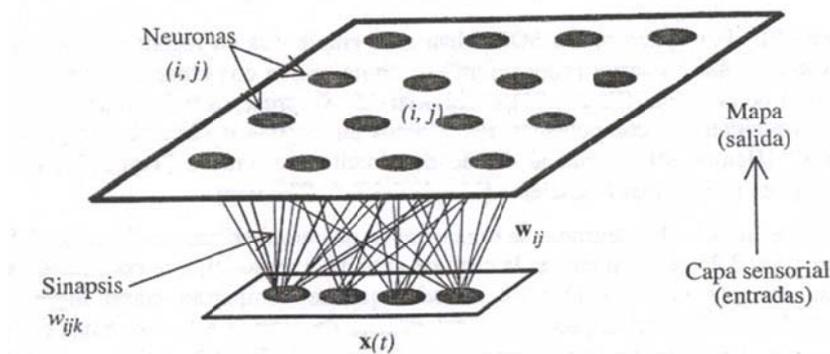


Figura 10. Arquitectura de un SOM

En resumen, el mapa puede describirse como una matriz de procesadores elementales  $(i, j)$  ordenados en dos dimensiones, que almacena un vector de pesos sinápticos o vector de referencia (codebook).

En la fase de aprendizaje cada neurona sintoniza con diferentes rasgos del espacio de entrada. El entrenamiento se produce presentado un valor de entrada y observando cual es la neurona vencedora, la que más se activa ante ese estímulo, y variar su peso sináptico para que sea aún más sensible a ese patrón de entrada que la hizo activarse. Tras un proceso iterativo en el que se le han presentado numerosos valores de entrada a la red, las neuronas habrán quedado sensibilizadas para diferentes patrones de entrada.

En fase de ejecución, los pesos permanecen fijos. Cuando se le presente un nuevo valor de entrada a la red, cada neurona calculará la similitud entre la entrada y sus pesos sinápticos, activándose la neurona cuyo vector de

pesos sea más similar al de entradas, conocida como Best-Matching Unit (BMU). Así cada neurona parece estar actuando como un detector de patrones.

Dado que los mapas auto-organizados, en su fase de entrenamiento, mueven los pesos de vecindad en la misma dirección haciendo que entradas similares tiendan a excitar neuronas adyacentes formando un mapa de rasgos comunes, se utilizan varios métodos de interpretación como la U-matrix y los planos de componentes, desarrollados a continuación:

### **U-matrix**

El U-matrix (matriz de distancia unificado) es una representación de un mapa auto-organizado (SOM), donde la distancia euclídea entre los vectores de referencia de las neuronas vecinas se representa en una imagen de escala de grises. Se utiliza para visualizar los datos en un espacio de alta dimensión utilizando una imagen 2D.

Una vez que el SOM se entrena utilizando los datos de entrada, se espera que el mapa final no tenga ningún giro. Si el mapa no sufre distorsión, la distancia entre los vectores de referencia de neuronas vecinas da una aproximación de la distancia entre las diferentes partes de los datos subyacentes.

Cuando dichas distancias se representan en una imagen en escala de grises, colores claros representan menor espacio entre vectores de referencia de los nodos y los colores más oscuros indican que los vectores de referencia están más separados.

Por lo tanto, los grupos de colores claros pueden ser considerados como grupos y las partes oscuras como los límites entre los grupos.

Esta representación puede ayudar a visualizar las agrupaciones en los espacios de alta dimensión o para reconocer automáticamente utilizando técnicas de procesamiento de imágenes relativamente simples.

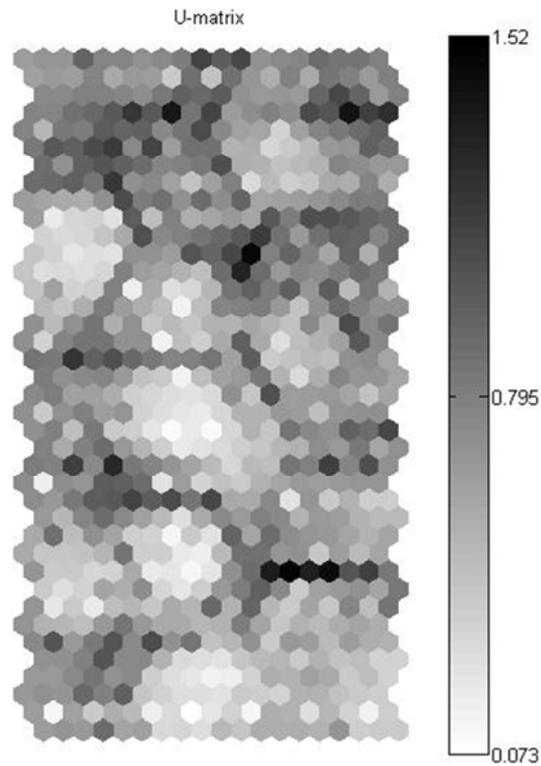


Figura 11. Ejemplo de U-matrix

### **Planos de componentes**

Son una representación que sirve para ver cómo se distribuyen los valores de cada uno de los componentes de los vectores del mapa a lo largo y ancho del mismo.

Esta distribución permite establecer patrones sobre cuáles son los componentes más representativos en cada uno de los clusters y qué valores de cada componente son los que los caracterizan.

Los valores de los componentes se suelen representar sobre el propio mapa con un tono oscuro indicando valores altos y un tono claro valores bajos, todo ello relativamente a los valores máximos y mínimos para cada componente.

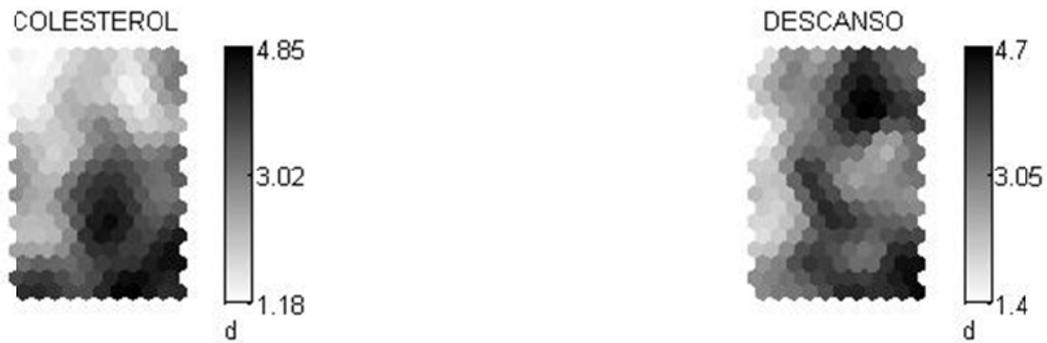


Figura 12. Ejemplos de Planos de Componentes

Se puede ampliar el conocimiento de estas redes neuronales, de su manejo y aplicación profundizando en las publicaciones del propio Teuvo Kohonen [48] [49].

#### 4.8.2 Configuración inicial de la red neuronal.

Una vez decididas qué variables o parámetros son útiles para ser procesados por la red neuronal se incluyen en una matriz de tipo “double”  $X \times Y$ , con  $X$  dado por el número de pacientes e  $Y$  por el número de variables de parámetros.

En nuestro caso, tenemos dos encuestas diferenciadas y por ello inicialmente tenemos dos matrices de  $103 \times 6$  del EuroQoL (con otra columna separada con los resultados) y de  $103 \times 27$  de la encuesta de temores.

#### Configuración del *som\_data\_struct* o estructura de datos.

Su contenido es el siguiente:

- `'type'`: campo que contiene el identificador del *struct*. Viene ya definido y no se debe modificar.
- `'data'`: campo con la matriz de datos, cada fila supone un vector de datos. En nuestro caso, contiene la base de datos sin las cabeceras de los parámetros.
- `'name'`: campo que contiene el nombre con el que se identifica al *struct* completo.

- '.labels': campo con las etiquetas de cada vector. Debe contener tantas etiquetas como vectores hay en la matriz de datos es decir, tantas como pacientes tiene nuestro estudio. Este campo se puede modificar para que una vez entrenada la red nos muestre a qué pacientes es sensible cada neurona o a qué puntuación del EuroQoL.
- '.comp\_names': campo con las etiquetas del vector de componentes. En él se introducen los nombres de las variables con las que se ha entrenado el mapa. Compuesto por una matriz de  $1 \times n$ , con  $n$  igual al número de variables utilizadas.
- '.comp\_norm': campo que contiene datos de la normalización de cada parámetro. Si no se realizase normalización de los datos estas celdas aparecerían vacías.

#### Configuración de *som\_make*.

Esta instrucción es la encargada de crear, inicializar y entrenar el mapa auto-organizado, En ejecución, lo primero que hace es determinar el número de unidades del mapa y el tamaño. A continuación, realiza la inicialización lineal a lo largo de los dos vectores propios mayores, pero si esto no se puede hacer (los vectores propios no se pueden calcular), se ejecuta una inicialización al azar. Acto seguido se produce el entrenamiento del SOM, primero un entrenamiento en bruto y luego una puesta a punto. Para su correcta configuración es necesario ajustar los siguientes parámetros:

- 'init': inicialización de los pesos sinápticos, se pueden establecer como aleatorios con 'randinit' o con valores lineales fijos 'lininit'.
- 'algorithm': algoritmo de entrenamiento. Se pueden seleccionar 3 diferentes, entrenamiento secuencial, entrenamiento por lotes o mediante una interfaz gráfica propia de la SOM Toolbox.
- 'munits': número de unidades de mapa deseado.
- 'msize': tamaño de la rejilla del mapa.
- 'mapsize'. tamaño del mapa 'small' (x0.25 unidades del mapa), 'normal' (x1) o 'big' (x4). La asignación de valores explícitos en 'munits' o 'msize' anula esta configuración.

- 'lattice': forma geométrica de la rejilla, 'hexa' (hexagonal) o 'rect' (rectangular).
- 'shape': forma del mapa, 'sheet' (plano), 'cyl' (cilíndrico) o 'toroid' (toroide).
- 'neigh' función de vecindad con la que por cada iteración se decide si una neurona pertenece o no a la vecindad de la ganadora. Existen 4 tipos de función, sombrero, función pipa, gaussiano o rectangular.
- 'topol': struct de la topología del mapa.
- 'mask': máscara de búsqueda BMU.
- 'name': nombre del mapa.
- 'comp\_names': nombres de las componentes.
- 'tracking': este argumento se utiliza para controlar el número de informes durante el entrenamiento.
- 'training': parámetro para el ajuste manual del entrenamiento 'short', 'default' o 'long'.

Para nuestro caso, se han hecho las siguientes consideraciones y elegido las siguientes configuraciones:

- Elegimos el tamaño grande de mapa, con la intención de que cada paciente pueda tener una neurona sensible a él.
- Una inicialización de pesos lineal fija, para que cada vez que se entrene el mapa no sea aleatorio y los mapas obtenidos sean iguales.
- Forma hexagonal de la rejilla, así la distancia entre centros de las neuronas vecinas es el mismo.
- Forma del mapa en forma de plano.
- Función de vecindad gaussiana.

- Algoritmo de aprendizaje por lotes, en el que los pesos sinápticos se actualizan después de evaluar las salidas de la red para todos los patrones de entrenamiento por lo que se consigue un ahorro en tiempo de computación.

Los únicos parámetros cuya configuración deseada no se considera “por defecto” son el “tamaño del mapa” y la “inicialización de pesos”, quedando la llamada a la función de la forma:

```
sM = som_make(sD_norm, 'mapsize', 'big', 'init', 'lininit');
```

#### 4.9 Normalización de la matriz de datos.

La normalización es un método de preprocesamiento que, en general, mejora el rendimiento de los algoritmos de clasificación, especialmente cuando los atributos del problema toman valores en rangos diferentes. En nuestro caso tenemos la edad de los pacientes que varía de 36 a 94 mientras que otras variables tan solo de 1 a 3.

Incluida en la SOM Toolbox se encuentra la instrucción *som\_normalize* utilizada para inicializar, añadir, rehacer y aplicar normalización de los datos y matrices que se van a presentar a la RNA, dispone de varios métodos de normalización. Se optó por el método de normalización de la varianza a uno, en el que los datos son uniformados haciendo que los valores de todos los parámetros de la base de datos presenten varianza 1 y una media 0. Generándose una nueva matriz de datos que es la utilizada para entrenar la red neuronal.

Si se desea ver cómo quedan los datos una vez normalizados se puede acceder a la matriz de datos a través de la ventana workspace de MATLAB abriendo el *struct sD\_norm.data*, una vez ejecutado el script *SOM\_euoqol.m* o el *SOM\_temores.m*, ambos adjuntos en los anexos.

#### 4.10 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (en español ACP, en inglés, PCA) es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Intuitivamente la técnica sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia.

En este proyecto, esta técnica se ha utilizado para localizar aquellos elementos de la matriz de datos que se presenta a la red neuronal y que pueden afectar a su resultado al tratarse de personas que están muy alejadas del resto y que su inclusión en el entrenamiento provocaría distorsión en el mapa final.

Para realizarlo se ha recurrido a la herramienta incluida en la SOM Toolbox mediante la instrucción *pcaproj*.

Esta función trabaja con la matriz de datos y un escalar que determina cuantos vectores principales se usan como argumentos de entrada. Una vez ejecutada devuelve cuatro parámetros:

- La matriz de proyecciones con tantas filas como elementos hubiera en la matriz de datos y columnas como componentes principales haya.
- La matriz de vectores propios o *eigenvectors*. Son los vectores no nulos que determina completamente la transformación realizada.
- El vector que marca el punto medio de la matriz de datos.
- Los valores propios o *eigenvalues*. Importante para determinar qué componentes tienen más peso dentro de la matriz.

Este cálculo va seguido de una representación gráfica que representa una componente frente a otra para ver cómo se distribuyen los datos.

En los scripts realizados se encontrara el código que lo genera de la siguiente forma:

```
[P1,V1,me1,L1] = pcaproj(EncuestaTemores, size(EncuestaTemores,2));  
  
muesnt=P1';  
  
figure;  
plot(muesnt(1,:),muesnt(2:,:), 'k.', 'markersize',10);  
  
grid;  
xlabel('Comp.1');  
ylabel('Comp.2');  
  
for i = 1:size(EncuestaTemores,1)
```

```
text (muesnt(1,i),muesnt(2,i),['\color{black}'  
sprintf('%s',num2str(preocupacion_m_escalada(i))]);  
end
```

#### 4.11 Encuesta de temores procesada con el SOM

Un primer análisis con el SOM apenas mostró ningún rasgo o resultado claro o interesante, se puede ver en la Figura 13 como el mapa aparece de un gris casi uniforme, sin marcarse ningún grupo o cluster característico.

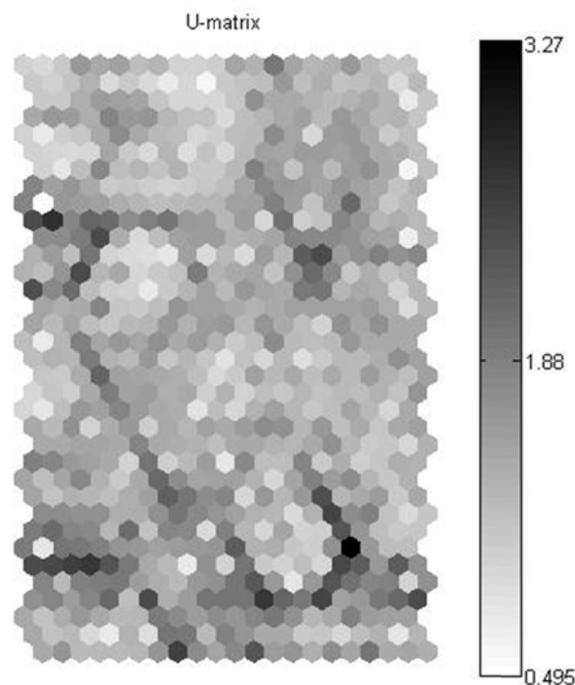


Figura 13. SOM entrenado con los 27 parámetros del cuestionario de temores

Es por ello que se hizo necesario recortar el número de variables y orientar el objetivo a hallar el temor global a perder calidad de vida:

- Al parecer la gran mayoría de los pacientes admitió no estar preocupado por el hábito de fumar, se puede observar en los histogramas adjuntos, por ello se eliminó esta variable de la base de datos a procesar por la red neuronal.

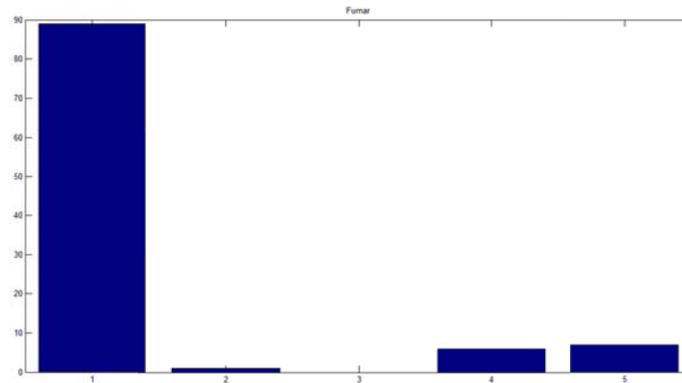


Figura 14. Preocupación por fumar

- El 88,3% de los encuestados se encontraba jubilado en el momento de realización de la encuesta, es por ello que al no haber una preocupación manifiesta por la reincorporación al trabajo se considera esta variable de poca relevancia y es eliminada al igual que la preocupación por fumar.

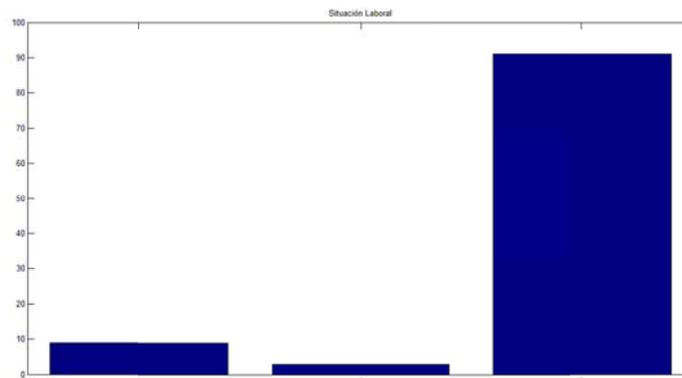


Figura 15. Situación laboral

- También se elimina la variable “País” al resultar el 99% de los encuestados procedentes de España, por ello no puede ser un parámetro relevante en el estudio.

A continuación, del total de parámetros, se separó de forma subjetiva y valorando la posibilidad de que dicho temor o parámetro se relacione con una preocupación más general a perder calidad de vida, a 9 de las 27 variables iniciales, quedando finalmente las siguientes:

- El cambio en la forma y hábitos de alimentación.
- El esfuerzo al realizar las deposiciones.
- Su capacidad para realizar la higiene personal.
- El descanso nocturno.
- El cambio en su forma de disfrutar del ocio.

- Disfrutar de la compañía de sus amigos y familiares.
- El cambio en la realización de las actividades cotidianas.
- Perder su autonomía.
- Permanecer ingresado.

Una vez entrenado el SOM se etiquetó el mapa con la preocupación media escalada entre 0 y 100 y se observó como la red ordena la preocupación media de mayor a menor en sentido descendente y de izquierda a derecha (Figura 16), también se descartó la eliminación de algún paciente que se pudiera considerar apartado del resto y que pudiera introducir alguna información engañosa (outlier).

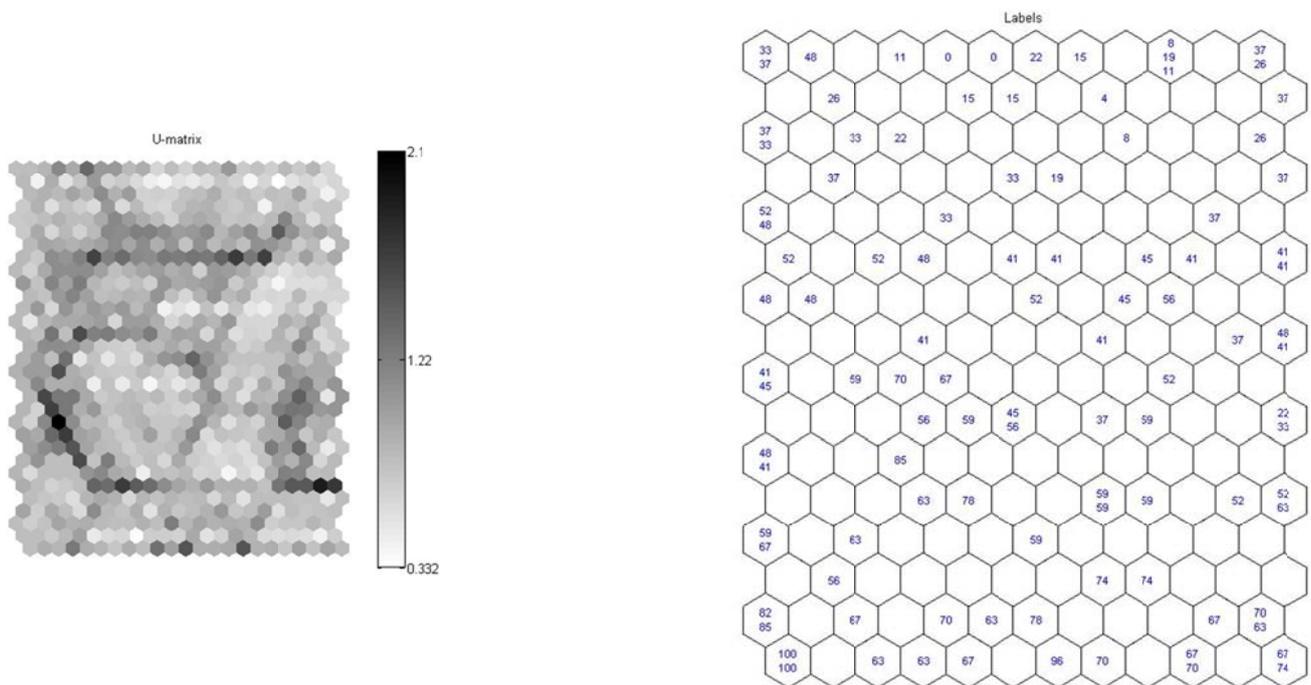


Figura 16.SOM entrenado con 9 temores y etiquetado con la preocupación media

Además mostró algún cluster que puede ser significativo, (detallados en la Figura 17) contrastándolo con los planos de componentes (Figura 18) se puede hacer una descripción de dichos grupos:

- Grupo 1: Caracterizado por una preocupación muy alta por el esfuerzo para realizar las deposiciones, su preocupación media no es especialmente alta, no llegando a sobrepasar la mitad de la escala.

- Grupo 2: Aquí se agrupan los pacientes con una preocupación global baja, se podría decir que no temen que su calidad de vida empeore tras haber sufrido al menos un segundo episodio cardíaco.
- Grupo 3: En esta zona se pueden encontrar a los pacientes con gran temor a la pérdida de autonomía, parámetro que parece no estar ligado a las actividades cotidianas ya que la preocupación por este otro aspecto es marginal.
- Grupo 4: Quizá se trate de uno de los clústeres más marcados, viene determinado por el temor al cambio en los hábitos alimenticios, en general se trata de pacientes más preocupados globalmente que los anteriormente descritos.
- Grupo 5: En esta zona baja del SOM se agrupan los pacientes con una alta preocupación por los cambios en sus actividades cotidianas, este grupo destaca además por ser el más preocupado globalmente. Efecto que seguramente sea potenciado por el temor al esfuerzo al hacer de vientre, temor que potencia la aparición de un subgrupo a la izquierda de este donde se localizan los pacientes con la mayor preocupación media obtenida.

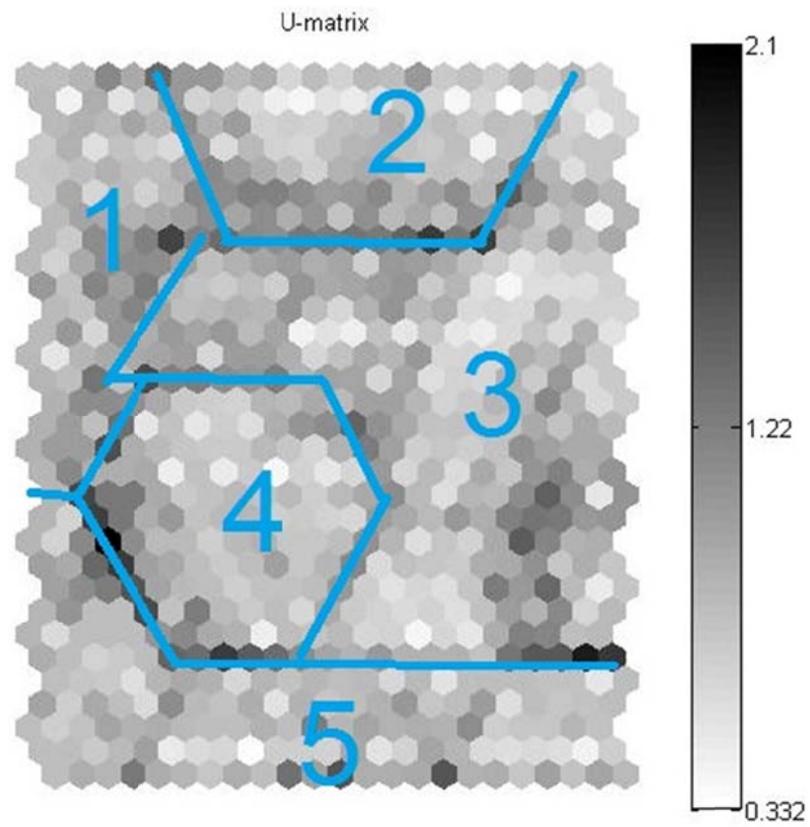


Figura 17. Detalle de los cluster del SOM

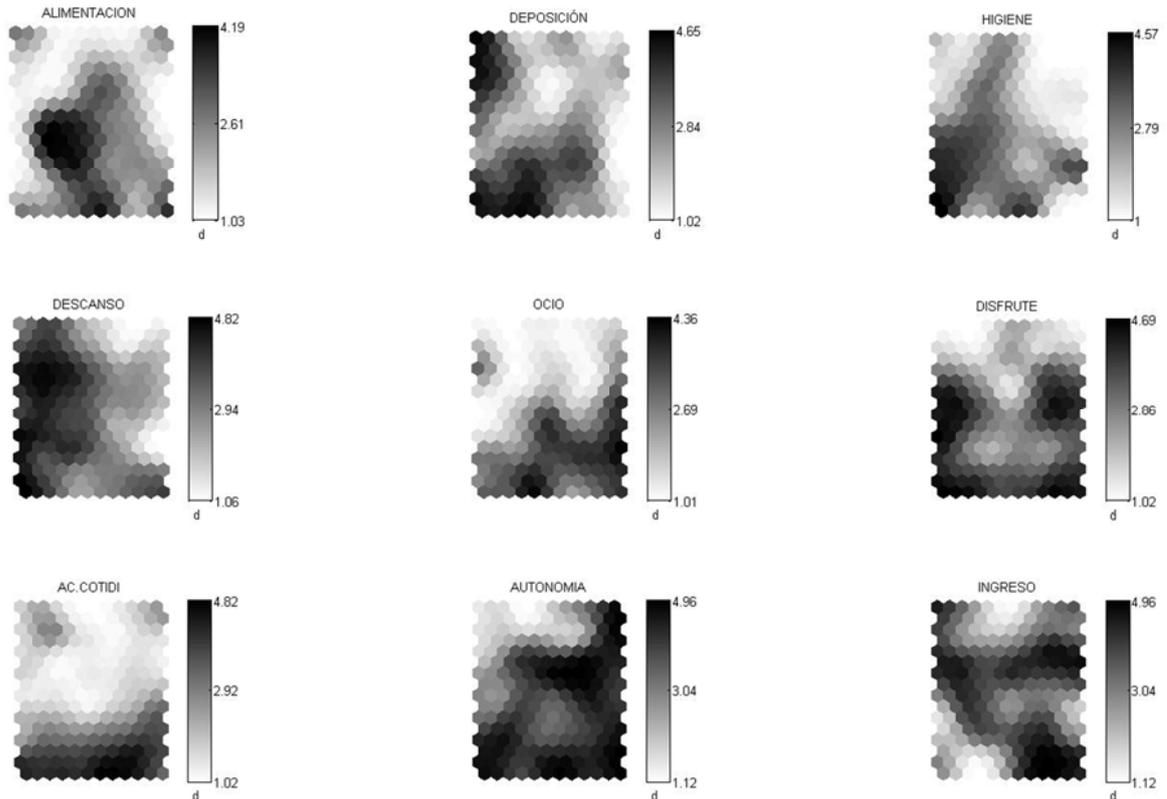


Figura 18. Planos de las 9 componentes entrenadas.

Este análisis podría corroborar los estudios realizados por el grupo de enfermeras, en el momento de la finalización de este proyecto y a falta de más revisiones, al obtener significación estadística en el temor por el esfuerzo para hacer de vientre y por otro lado la baja significación estadística del temor a no disfrutar de la vida en compañía de amigos y familiares, se puede ver que sí que es un temor generalizado pero la red no forma ningún cluster en el que cobre especial importancia.

Así mismo, se ha podido descartar una relación directa de los temores y preocupaciones con el número de infartos previos y con el índice de calidad de vida actual al constatar que pacientes con índices similares de EuroQoL o mismo número de infartos no se sitúan cercanos en el SOM (Figura 19).

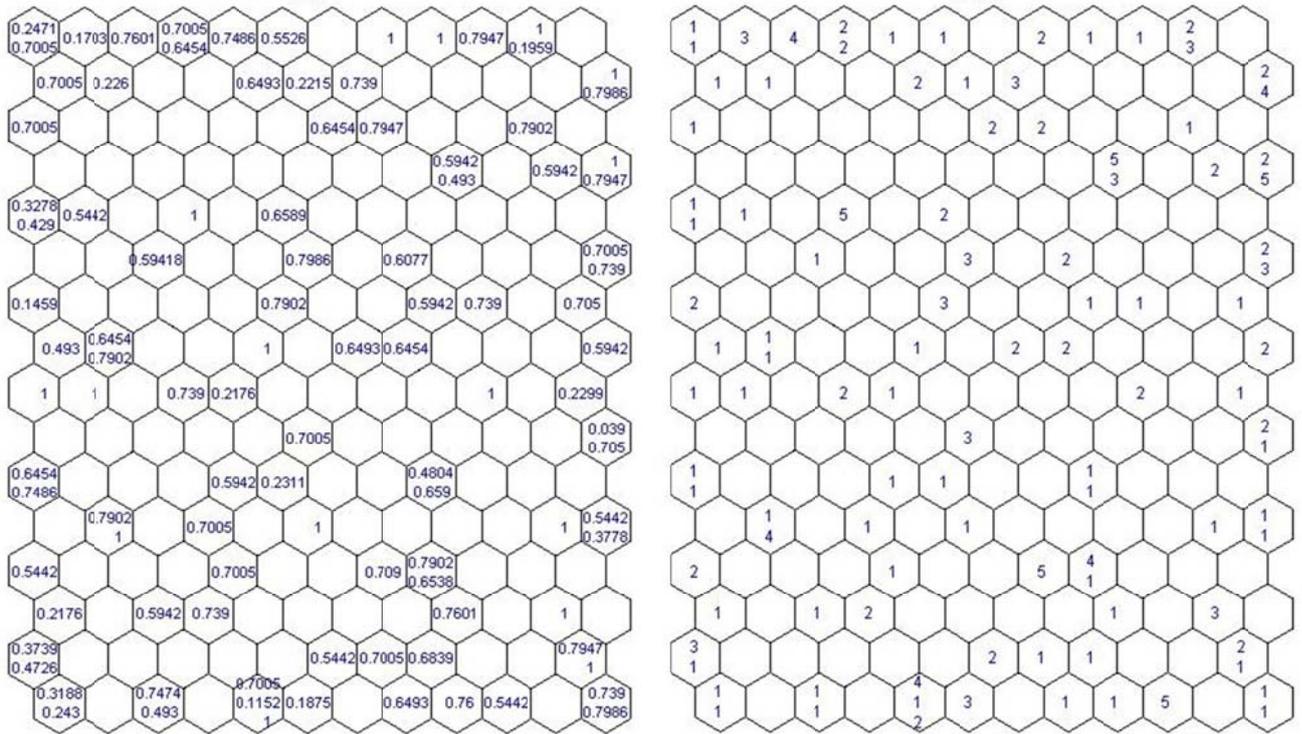


Figura 19. SOM etiquetado con el resultado EuroQoL y el n° de infartos

#### 4.12 EuroQoL 5D procesado con el SOM

Se introdujeron las 5 variables que componen el test del EuroQoL sin la escala de autovaloración, por recomendación del Grupo EuroQoL, ya que se trata de una medida muy subjetiva que debe ser analizada por separado.

Un primer análisis del PCA (Figura 20) muestra que los datos están muy dispersos, es por ello que debe realizarse la eliminación de los denominados *outlier*, aquellos datos que están numéricamente distantes del resto.

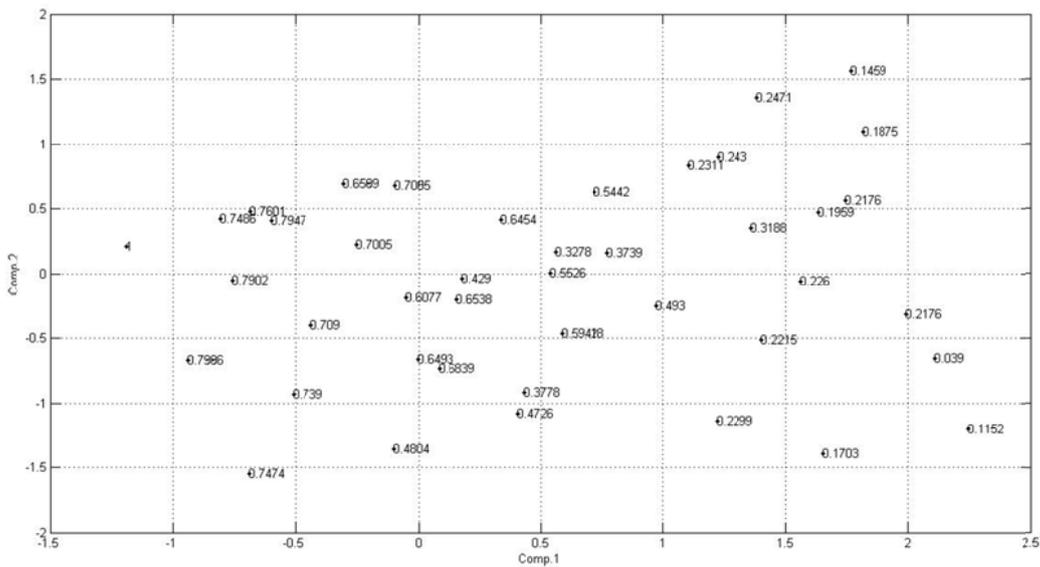


Figura 20. PCA EuroQoL con todos los pacientes

De forma sucesiva se fueron eliminando los pacientes 15, 30, 48, 63, 67, 78, 96 y 102, hasta conseguir un PCA más uniforme (Figura 21)

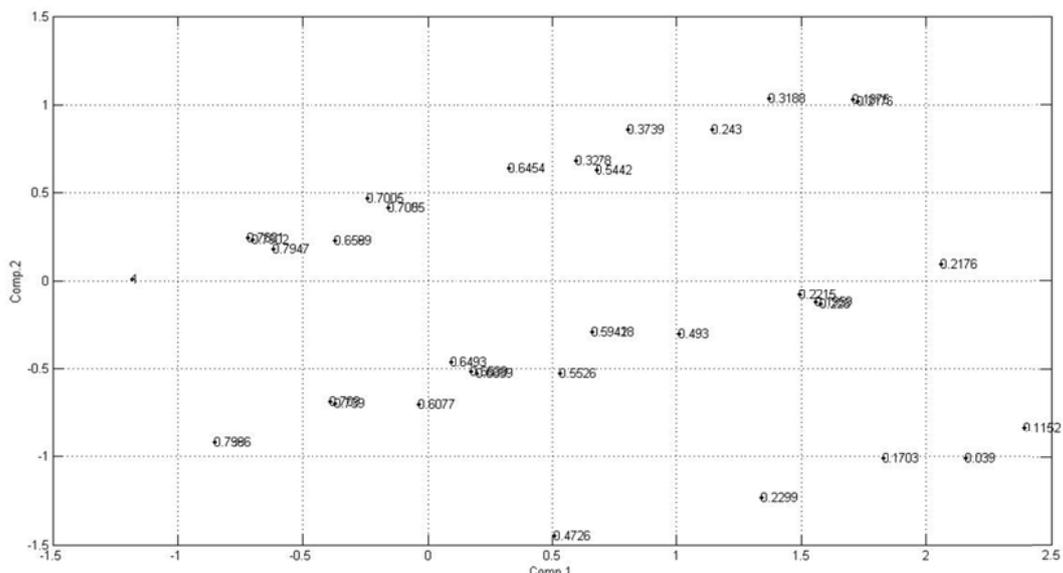


Figura 21. PCA EuroQoL sin outliers

En las figuras 22 y 23 adjuntas se puede ver que una vez eliminados los pacientes conflictivos los clusters aparecen más uniformes en cuanto a su puntuación en el test del EuroQoL. En las etiquetas sobre la red neuronal se puede observar que no aparecen todos los pacientes con su puntuación, esto es debido a que se encuentran superpuestos en la misma neurona al tener la misma puntuación en el test.

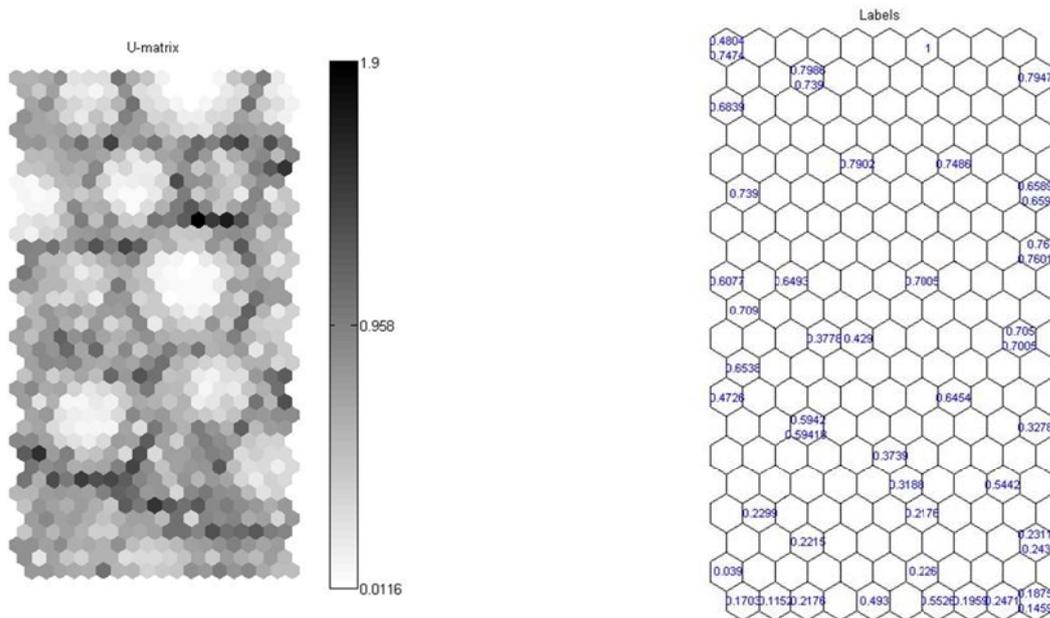


Figura 22. SOM entrenada con el EuroQoL con todos los pacientes.

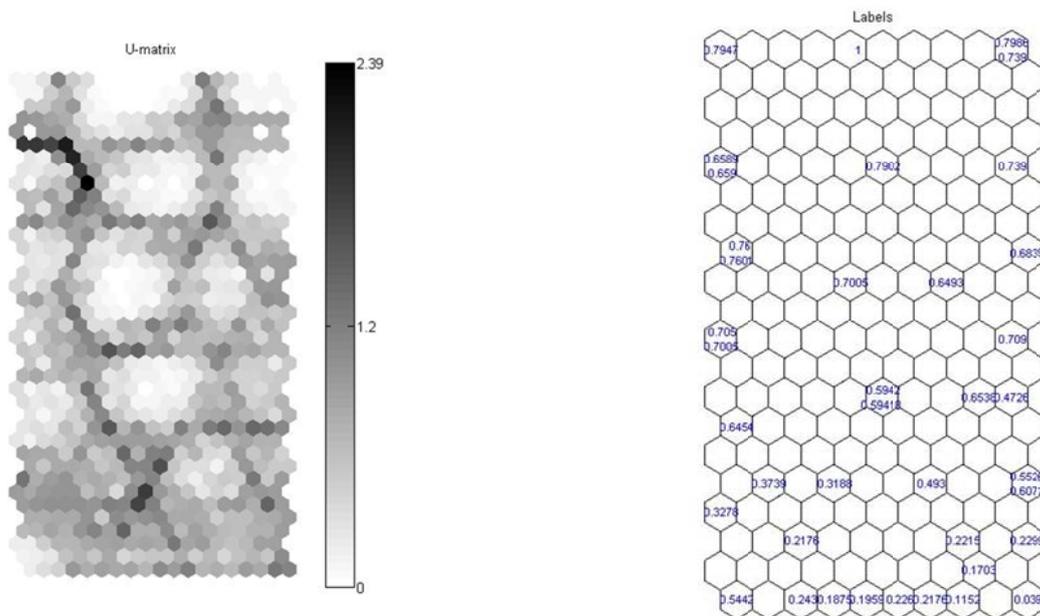


Figura 23. SOM entrenada con el EuroQoL sin outliers

En la U-matrix se puede observar como para puntuaciones altas las neuronas aparecen más cercanas (colores más blancos) y en cambio para puntuaciones bajas aparece una zona bastante homogénea gris en la parte inferior, esto es debido a que pequeñas variaciones en el test cuando la puntuación tiende a ser baja conducen a puntuaciones muy diferentes, en cambio.

Se puede observar claramente varios clusters, zonas blancas con unas líneas limítrofes más oscuras, en las u-matrix, esto es debido a que muchos pacientes tienen el mismo índice de calidad de vida EuroQoL y por ello una única neurona es sensible a todos ellos.

A partir de este punto se podrían determinar diferentes niveles indicados en la Figura 24 de Calidad de Vida, determinados por puntuaciones similares y factores comunes entre los clústeres.

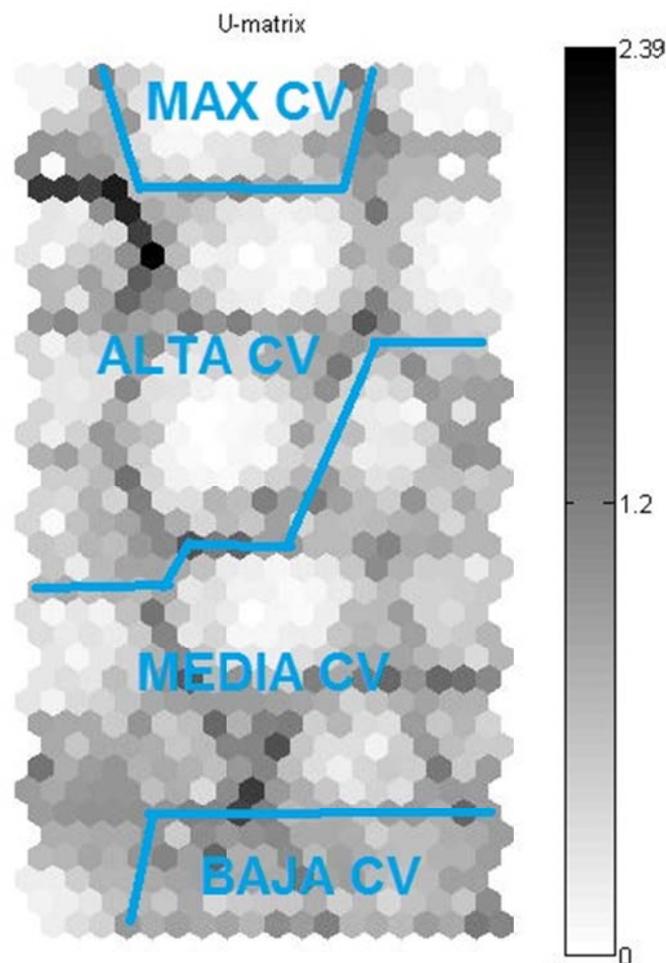


Figura 24. Niveles de CV

- 0.039 a 0.247; se podría calificar como **baja o pobre calidad de vida**, se caracterizan por grandes problemas para la realización de las actividades cotidianas y por padecer gran dolor o malestar.
- 0.318 a 0.6454; **calidad de vida media**, grupo con disminución en los problemas para el cuidado personal respecto al anterior grupo, aunque cabría cierta discusión al aparecer dos subgrupos observables a través de los planos de componentes (Figura 25), con algo de ansiedad o depresión y sin ella.
- 0.659 a 0.7947; **calidad de vida alta**, caracterizado por una ausencia casi total de problemas para el cuidado personal y de realización de actividades cotidianas pero con algo de dolor y malestar.
- 1; **calidad de vida muy alta u óptima**, aquellos pacientes que manifiestan no tener ningún problema, no tener dolor y no sentirse deprimidos.

A través de los planos de componentes se pueden observar con más detalle las características comunes de los grupos descritos.

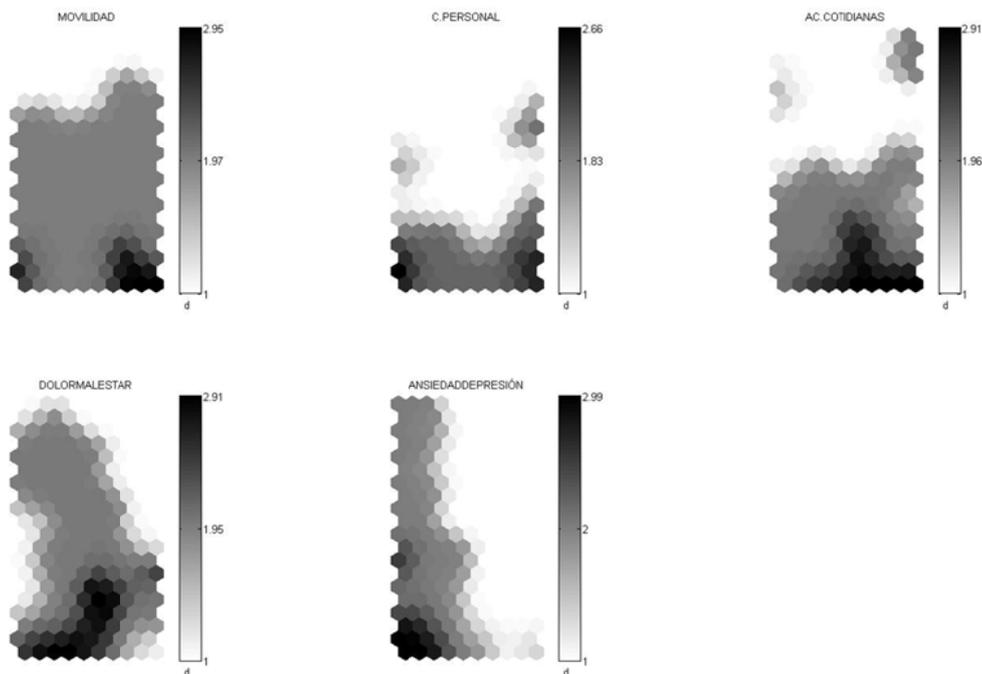


Figura 25. Planos de componentes EuroQoL sin outliers.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 Resultados.

Tras la finalización de este proyecto se puede decir que se ha cumplido con los objetivos propuestos tal y como se describe a continuación.

#### Estado del arte:

Uno de los resultados principales de este proyecto es el trabajo de búsqueda de investigaciones y artículos relacionados con la materia, que establece un marco general sobre los trabajos que se están realizando en la integración de las redes neuronales en el campo de la calidad de vida y en particular a la calidad de vida relacionada con salud y evidencia la falta de estudios de esta índole dentro de nuestras fronteras por lo que cualquier avance sería pionero.

#### Encuesta EuroQoL:

A partir de la encuesta del EuroQoL se han podido establecer varios niveles de calidad de vida en cuanto a su cercanía en el mapa neuronal, aunque sería conveniente que dichos niveles fueran contrastados con otros estudios y encuestas.

Se constató la necesidad de no procesar conjuntamente las 5 preguntas principales del test con la Escala Analógica Visual, al tratarse esta última de una medida completamente subjetiva solo da una idea de cómo el paciente percibe su calidad de vida frente a la medida objetiva.

Sobre el manejo del EuroQoL 5D cabe destacar que es una encuesta sencilla, fácil de manejar y estudiar, pero debido al bajo número de preguntas, tan solo 5, y que solo cuentan con 3 posibles respuestas se propicia la formación de grupos de personas con exactamente las mismas respuestas y por consiguiente el mismo resultado en el test, hecho que dificulta enormemente la búsqueda de otros patrones. También hay que mencionar la facilidad con la que para fines docentes se puede solicitar ayuda a organizaciones como el Grupo EuroQoL, que facilitó la documentación y cierta orientación en el uso de su cuestionario y en la obtención de resultados.

### Cuestionario “Temores, preocupaciones y afectación de la calidad de vida diaria de pacientes post infarto agudo de miocardio”.

Inicialmente, se partió con la idea de poder establecer la “Encuesta de temores y preocupaciones” como una herramienta para evaluar la calidad de vida pero no se ha conseguido obtener una relación directa, esto es debido a que el temor o preocupación por la afección de un aspecto de la vida cotidiana no implica el sufrir de una baja calidad de vida y viceversa aunque después de replantear el objetivo sí que se pudo obtener algunos patrones del grupo de encuestados a partir de la selección de ciertos temores que puedan implicar una preocupación más global a perder calidad de vida.

Por otro lado, la encuesta de temores y preocupaciones es una buena herramienta para elaborar una información útil para el paciente de cara a dar respuesta a sus preocupaciones y paliarlas en la medida de lo posible evitando así una posible pérdida de calidad de vida.

#### Herramientas y conceptos:

Se ha aprendido a manejar las herramientas características de la búsqueda bibliográfica, se han adquirido las habilidades y conocimientos necesarios para el manejo de MATLAB, la SOM Toolbox, IBM SPSS Statistics y los cuestionarios de calidad de vida involucrados directa o indirectamente en este proyecto (EuroQoL 5D-3L, MLHFQ, SF-36,...). Todo ello acompañado de la necesaria incorporación de nuevos conceptos como redes neuronales y calidad de vida.

## **5.2 Trabajos futuros.**

Del análisis de los resultados se pueden plantear algunos trabajos futuros para continuar en la línea de lo investigado hasta ahora y así obtener unas conclusiones más sólidas.

- Dado que el resultado de la encuesta del EuroQoL no se obtiene mediante una fórmula lineal podría ser conveniente la elaboración de una **herramienta de regresión** capaz de estimar la calidad de vida a partir de las respuestas. Esta herramienta sería un **perceptrón multicapa**, ya que daría la facilidad de calcular la calidad de vida de un paciente nuevo después de ser entrenado.

- Otro trabajo posible sería la **realización de una segunda encuesta** para así poder analizar si finalmente dichas preocupaciones se han visto confirmadas con un descenso en la CVRS además de para valorar la evolución del paciente y ver qué parámetros se asocian a una mejoría o empeoramiento de la CVRS de los pacientes post-infartados.

### 5.3 Conclusiones personales.

Realizar este proyecto me ha supuesto adentrarme en el mundo de la investigación, aprendiendo a utilizar las herramientas y a manejar conceptos ajenos a lo visto durante la carrera: MATLAB, redes neuronales, calidad de vida,... muchos conceptos que han ampliado mi visión de lo que un trabajo de ingeniería puede ser también.

La fase de este proyecto que para mí destaca como la que pudo ser la más dificultosa de completar es la fase de documentación, percibiendo que la mayor dificultad de esta etapa es el aprender a diferenciar entre la información útil de la que no lo es, labor enormemente dificultada al encontrarse la gran mayoría de las publicaciones en un inglés muy técnico y que en muchos casos fue redactado por gente cuyo idioma nativo es otro.

Algo que me ha resultado muy positivo es el haberme enfrentado a un proyecto que partía de una pequeña idea y que fue creciendo y cambiando conforme se obtenía nueva información. Quizá no quede reflejado en esta memoria, pero puede llegar a ser algo duro y desorientador el intentar encaminarse hacia un objetivo algo difuso e impreciso, por otra parte típico de los proyectos de investigación pero gracias al apoyo recibido he conseguido la conclusión de este proyecto.



## 6. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a todo aquel que de forma más o menos directa ha ayudado y colaborado en la realización de este proyecto, empezando por mi tutor Antonio Bono al que debo agradecer el brindarme esta oportunidad única y el introducirme en el mundo de las Redes Neuronales Artificiales.

Al grupo de investigación de enfermería compuesto por Alicia Ballarín, M<sup>a</sup> Fernanda Susín y Laura Royo, les doy las gracias por permitirme trabajar a su lado además de por su inestimable apoyo.

A mis compañeros de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura por los ánimos recibidos.

Y finalmente a mis padres, a mi novia y demás familia porque sin su paciencia y comprensión no hubiera llegado hasta aquí.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Preguntas más frecuentes,» [En línea]. Available: <http://www.who.int/suggestions/faq/es/>.
- [2] Felce D., Perry J., «Quality of Live, Its Definition and Measurement,» *Research in Developmental Disabilities*, vol. 16, nº 1, pp. 51-74, 1995.
- [3] Herdman M., Baró E., «La Medición de la Calidad de Vida: Fundamentos Teóricos, 1ª ed. Madrid: Jarpyo Editores,» *Calidad de vida asociada a la salud e infección por el VIH*, pp. 19-33, 2000.
- [4] Instituto Nacional de Estadística, «Defunciones según la Causa de Muerte. Año 2011,» *Notas de prensa*, 27 Febrero 2013.
- [5] «IEEE Xplore,» [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>.
- [6] «Google Académico,» [En línea]. Available: <http://scholar.google.es/>.
- [7] «Elsevier,» [En línea]. Available: <http://www.elsevier.es/es>.
- [8] «Biblioteca de la Universidad de Zaragoza,» [En línea]. Available: <http://biblioteca.unizar.es/>.
- [9] «Repositorio del Hospital Universitario Miguel Servet,» [En línea]. Available: [z-hms.c17.es/](http://z-hms.c17.es/).
- [10] Ermes M., Pärkkä J., Mäntyjärvi M., Korhonen I., «Detection of Daily Activities and Sports With Wearable Sensors in Controlled and Uncontrolled Conditions,» *IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine*, vol. 12, nº 1, January 2008.
- [11] Pärkkä J., Ermes M., Korpipää P., et al, «Activity Classification Using Realistic Data From Wearable Sensors,» *IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine*, vol. 10, nº 1, January 2006.

- [12] Djuric-Jovicic M., Jovicic N. S., et al, «Classification of Walking Patterns in Parkinson's Disease Patients Based on Inertial Sensor Data,» *10th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, pp. 3-10, 2010.
- [13] Rivera-Illingworth F., Callaghan V., Hagraas H., «A Neural Network Agent Based Approach to Activity Detection in Ami Environments,» *The IEE International Workshop on Intelligent Environments (Ref. No. 2005/11059)*, 2005.
- [14] Juang C. F., Lin C. T. , «Human Body Posture Classification by a Neural Fuzzy Network and Home Care System Application,» *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 37, pp. 984-994, 2007.
- [15] Juang C. F., Lin C. T., «An online self-constructing neural fuzzy inference network and its applications,» *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 6, nº 1, pp. 12-32, 1998.
- [16] Behloul H., Feldman D. E., et al, «Identifying relative Cut-Off Scores with Neural Networks for Interpretation of the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire,» *31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, 2009*.
- [17] «Universidad de Minnesota,» [En línea]. Available: <http://www1.umn.edu/twincities/index.html>.
- [18] Hon-Yi Shi, Jinn-Tsong Tsai, Wen-Hsien Ho, Ming-Feng Hou, «Application of Artificial Neural Networks for the Prediction of Quality of Life in Breast Cancer,» *SICE Annual Conference 2011 , Waseda University, Tokyo, Japan, September 13-18, 2011*.
- [19] Lundin M., Lundin J., Burke H. B., Toikkanen S., Pylkkänen L., Joensuu H., «Artificial neural networks applied to survival prediction in breast cancer,» *Oncology*, vol. 57, pp. 281-286, 1999.
- [20] Gharehchopoghi F. S., Khalifelu Z. A., «Neural Network Application in Diagnosis of Patient: A Case Study,» *Conference on Computer Networks and Information Technology (ICCNIT)*, 2011.

- [21] Ghavami, P. , Kapur, K., «Prognostics & Artificial Neural Network Applications in Patient Healthcare,» *Conference on Prognostics and Health Management (PHM)*, 2011.
- [22] Kay I Penny, Graeme D Smith, «The Use of Data-Mining to Identify Indicators of Health Related Quality of Life in Patients with Irritable Bowel Syndrome,» *Information Technology Interfaces, 2009. ITI '09. Proceedings of the ITI 2009 31st International Conference on*, pp. 87-92, 22-25 June, 2009.
- [23] Badia X., Roset M., Montserrat S.; Herdman M., Segura A., «The Spanish version of EuroQol a description and its applications,» *Medicina Clínica*, vol. 112 Suplemento 1, pp. 79-85, 1999.
- [24] Garina O., Soriano N., et al, «Validación de la versión española del Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire,» *Revista Española de Cardiología*, nº 61(3), pp. 251-259, 2008.
- [25] Velasco J.A., del Barrio V., Mestre M.V., PenasC. y Ridocci F., «Validación de un nuevo cuestionario para evaluar la calidad de vida en pacientes postinfarto,» *Revista Española de Cardiología*, nº 46, pp. 552-558, 1993.
- [26] Soto M., Failde I., «La Calidad De Vida Relacionada Con La Salud Como Medida De Resultados En Pacientes Con Cardiopatía Isquémica,» *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, nº 11, pp. 505-514, 2004.
- [27] Jiménez M., Gómez C., «Calidad de Vida y Apoyo Social en Pacientes con Infarto Agudo de Miocardio No Complicado,» *Revista Española De Cardiología*, vol. 52, nº 7, Julio 1999.
- [28] Argüeso A., Escudero T., Méndez J. M. y Izquierdo M. J., *Alternativas en la construcción de un indicador multidimensional de calidad de vida*, Instituto Nacional de Estadística, Enero de 2013.
- [29] Seeman TE, Berkman LF., «Structural characteristics of social networks and their relationship with social support in the elderly: who provides support,» *Social Science & Medicine*, nº 7, pp. 737-749, 1988.
- [30] Trujillano J., March J., Badia M., Rodríguez A., Sorribas A., «Aplicación de las redes neuronales artificiales para la estratificación de riesgo de mortalidad hospitalaria,» *Gaceta Sanitaria*, vol. 17, nº 6, 2003.

- [31] Arana E., Martí-Bonmatí L., Bautista D., Paredes R., «Diagnóstico de las lesiones de la calota. Selección de variables por redes neuronales y regresión logística,» *Neurocirugía*, vol. 14, nº 5, pp. 377-384, 2003.
- [32] Salgueiro M., «Discriminación de dos subgrupos de pacientes de SFM mediante mapas auto-organizados a partir de la dimensión afectivo-motivacional del cuestionario de dolor McGill,» de *Características clínicas en el síndrome de fibromialgia: asociación con la calidad de vida relacionada con la salud y contribución a la caracterización de subgrupos*, Universidad del País Vasco, 2012, pp. 133-146.
- [33] SEPAR, Grupo de trabajo de la, «Herramientas para la medida de la calidad de vida relacionada con la salud,» de *Manual SEPAR de procedimientos*, Barcelona, novartis Farmacéutica S.A., 2007, pp. 23-28.
- [34] Gobierno de Aragón, Departamento de Salud y Consumo, «Escala de valoración funcional y cognitiva.,» de *Programa de atención a enfermos crónicos dependientes*, Zaragoza, 2006, pp. 316-323.
- [35] Olivella M., Patricia C., Bastidas CV., «Fomento del autocuidado en la insuficiencia cardíaca,» *Enfermería Global*, nº 25, pp. 282-286, 2012.
- [36] «Grupo EuroQoL,» [En línea]. Available: <http://www.euroqol.org/>.
- [37] Mathworks, «Documentación de Matlab,» [En línea]. Available: [http://www.mathworks.es/help/?s\\_cid=global\\_nav](http://www.mathworks.es/help/?s_cid=global_nav).
- [38] Mathworks, «Tutoriales de Matlab.,» [En línea]. Available: [http://www.mathworks.es/academia/student\\_center/tutorials/?s\\_cid=global\\_nav](http://www.mathworks.es/academia/student_center/tutorials/?s_cid=global_nav).
- [39] Mathworks, «Foro de preguntas y respuestas sobre Matlab,» [En línea]. Available: [http://www.mathworks.es/matlabcentral/answers/?s\\_cid=global\\_nav](http://www.mathworks.es/matlabcentral/answers/?s_cid=global_nav).
- [40] Grupo FMI, Departamento de matemática aplicada, Universidad de Zaragoza., Un curso de Matlab.
- [41] Casado M. C., Servicios informáticos U.C.M. apoyo a investigación y docencia., Manual básico de Matlab.

- [42] García J., Rodríguez J. I., Vidal J.. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid., Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero.
  
- [43] Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, «SOM Toolbox 2.0 downloadables,» [En línea]. Available: <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/download/>.
  
- [44] Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, «SOM toolbox home,» [En línea]. Available: <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/>.
  
- [45] Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, «SOM Toolbox, Ayuda y ejemplos,» [En línea]. Available: <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/package/docs2/somtoolbox.html>.
  
- [46] IBM, «SPSS Neural Networks,» [En línea]. Available: <http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/products/statistics/>.
  
- [47] Martín del Brío B., Sanz Molina A., Redes Neuronales y Sistemas Borrosos, RA-MA 2006, 2006.
  
- [48] T. Kohonen, Self-Organizing Maps, Springer-Verlag, 3ª Edición, 2001.
  
- [49] T. Kohonen, «Engineering applications of the self-organizing map,» *Proceedings of the IEEE*, vol. 84, pp. 1358-1384, 1996.



## 8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infarto Agudo de Miocardio .....	11
Figura 2. Tablas de confusión entre actividades .....	17
Figura 3. Estructura de la red .....	20
Figura 4. Diagrama de flujo propuesto .....	22
Figura 5. Red neuronal propuesta.....	26
Figura 6. Calidad de vida inicial y 6 meses después.....	30
Figura 7. U-matrix donde se observa la existencia de dos clústeres.....	31
Figura 8. Ejemplo de PCA.....	44
Figura 9. Clasificación de las RNA según aprendizaje y topología .....	51
Figura 10. Arquitectura de un SOM.....	52
Figura 11. Ejemplo de U-matrix.....	54
Figura 12. Ejemplos de Planos de Componentes .....	55
Figura 13. SOM entrenado con los 27 parámetros del cuestionario de temores .....	60
Figura 14. Preocupación por fumar .....	61
Figura 15. Situación laboral.....	61
Figura 16. SOM entrenado con 9 temores y etiquetado con la preocupación media.....	62
Figura 17. Detalle de los cluster del SOM .....	64
Figura 18. Planos de las 9 componentes entrenadas. ....	65
Figura 19. SOM etiquetado con el resultado EuroQoL y el nº de infartos .....	66
Figura 20. PCA EuroQoL con todos los pacientes .....	67
Figura 21. PCA EuroQoL sin outliers .....	67
Figura 22. SOM entrenada con el EuroQoL con todos los pacientes.....	68
Figura 23. SOM entrenada con el EuroQoL sin outliers .....	68
Figura 24. Niveles de CV .....	69
Figura 25. Planos de componentes EuroQoL sin outliers. ....	70



## 9. GLOSARIO Y ABREVIATURAS.

Se añaden en este capítulo las palabras, abreviaturas y conceptos que han podido aparecer a lo largo de este trabajo cuya aclaración ayude a la comprensión del texto.

**Árbol de decisión:** es un modelo de predicción que sirve para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva para la resolución de un problema.

**BMU:** Best-Matching Unit, en los mapas auto-organizados es el nombre que se da a aquella neurona cuyo vector de pesos es más similar a la entrada.

**Cluster:** castellanizado como clúster, su definición es la misma que la de conjunto, totalidad de los elementos o cosas poseedores de una propiedad común, que los distingue de otros.

**Coefficiente de correlación de Pearson:** En estadística, es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

**Coefficiente de correlación de Spearman:** En estadística, es una medida de la correlación (la asociación o interdependencia) entre dos variables aleatorias continuas. La interpretación de coeficiente de Spearman es igual que la del coeficiente de correlación de Pearson. Oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 cero, significa no correlación pero no independencia.

**Correlación:** En probabilidad y estadística, indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra.

**CV:** Calidad de Vida.

**CVRS:** Calidad de Vida Relacionada con la Salud.

**Distancia euclídea:** es la distancia ordinaria entre dos puntos de un espacio.

**Distribución t de Student:** En probabilidad y estadística, es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Aparece de manera natural al realizar la prueba t de Student para la determinación de las diferencias entre dos medias muestrales y para la construcción del intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de dos poblaciones cuando se desconoce la desviación típica de una población y ésta debe ser estimada a partir de los datos de una muestra.

**Escala Likert:** Es una escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios, y es la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación, principalmente en ciencias sociales. Al responder a una pregunta de un cuestionario elaborado con la técnica de Likert, se especifica el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración (elemento, ítem o reactivo o pregunta).

**IAM:** infarto Agudo de Miocardio.

**IC:** Intervalo de Confianza, en estadística, se llama a un par o varios pares de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto.

**Interface:** En castellano interfaz, es el medio con que el usuario se comunica con una máquina o computadora.

**K nearest neighbours:** método de clasificación de objetos basado en un entrenamiento mediante ejemplos cercanos en el espacio de los elementos. Es un tipo de entrenamiento donde la función se aproxima solo localmente y todo el cómputo es diferido a la clasificación.

**K-means:** es un método de agrupamiento, que tiene como objetivo la partición de un conjunto en varios grupos en el que cada observación pertenece al grupo más cercano a la media.

**LVQ:** Learning Vector Quantization, se trata de un modelo precursor al SOM inventado también por Teuvo Kohonen en el que se realiza un entrenamiento de refuerzo del vencedor.

**MLHFQ:** Minnesota Living With Heart Failure Questionnaire.

**Odds ratio:** En español razón de momios (RM), es una medida estadística utilizada en estudios epidemiológicos transversales y de casos y controles, así como en los meta-análisis. En términos formales, se define como la posibilidad de que una condición de salud o enfermedad se presente en un grupo de población frente al riesgo de que ocurra en otro. En epidemiología, la comparación suele realizarse entre grupos humanos que presentan condiciones de vida similares, con la diferencia de que uno se encuentra expuesto a un factor de riesgo ( $m_i$ ) mientras que el otro carece de esta característica ( $m_o$ ). Por lo tanto, la razón de momios o de posibilidades es una medida de tamaño de efecto.

**Outlier:** en castellano se denomina **valor atípico**, se trata de una observación que es numéricamente distante del resto de los datos, pueden ser indicativos de datos que pertenecen a un conjunto diferente al resto de la muestra.

**PCA:** Principal Component Analysis, en español Análisis de Componentes Principales (ACP).

**Perceptrón multicapa:** Es una red neuronal compuesta generalmente por 3 capas, de entrada, oculta y de salida, entrenada habitualmente mediante el algoritmo de retropropagación de errores, su uso potencial es el de aproximador universal de funciones.

**Prueba U de Mann-Whitney:** En estadística, es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes.

**QLQ-C30 y QLQ-BR23:** Cuestionarios de calidad de vida que se realizan a pacientes con cáncer.

**RNA:** Red Neuronal Artificial, en inglés **ANN**.

**Script:** En informática, es un conjunto de instrucciones, generalmente almacenadas en un archivo de texto plano, que permite la automatización de tareas o cálculos.

**SOM:** Self-Organized Map, en español Mapa Auto-Organizado.

**Struct:** en programación, tipo de dato que bajo una misma etiqueta acoge varios objetos de diferentes tipos.

