

SISTEMA DE CONTROL DIFUSO PARA UNIDADES DE CUIDADO INTENSIVO (UCI)

JEFFERSON STEVEN SOTO MEDELLIN

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
BOGOTA D.C
2013

SISTEMA DE CONTROL DIFUSO PARA UNIDADES DE CUIDADO INTENSIVO
(UCI)

JEFFERSON STEVEN SOTO MEDELLIN

Trabajo de Grado modalidad Proyecto de Investigación para optar por el título de
Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.

Director del proyecto:

Ing. GUSTAVO PÉREZ HOYOS

PhD. Sistemas y Control

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

BOGOTA D.C

2013



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Noviembre 2013

Que la prosperidad sea tu guía y el esfuerzo tu camino.

AGRADECIMIENTOS

A esas dos personas incondicionales, que se encuentran en cada logro y cada decepción de nuestras vidas. Por el apoyo con lo que va hacer parte fundamental de nuestras vidas, el comienzo de un nuevo camino se forja aquí. Solo me queda decirles muchas gracias y muchas bendiciones por acompañarme en esta meta que hoy culmina. Gracias a Mis Padres

Al Ingeniero Gustavo Pérez, quien nos guio durante todo el trayecto para la culminación de nuestro proyecto y poder obtener el título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	14
1. GENERALIDADES	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2.1 Definición Del Problema.	17
1.2.2 Formulación Del Problema.	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo General.	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 JUSTIFICACION	18
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	19
1.5.1 Tiempo.....	19
1.5.2 Espacio.	19
1.5.3 Contenido.	19
1.5.4 Alcance.	19
1.6 MARCO DE REFERENCIA	19
1.6.1 Aplicaciones de Ingeniería:.....	20
1.7 METODOLOGIA.....	24
1.7.1 Tipo de Investigación.	24
1.7.2 Ingeniería de Conocimiento.	24
1.7.3 Fuentes de Información.	25
2. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS.....	26
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA UCI	26
2.2 INGRESO, EGRESO Y SELECCIÓN DE PACIENTES	27
3. CONTROL DIFUSO.....	33
3.1 APLICACIONES EN TELEMEDICINA.....	33
3.1.1 Telemedicina: La Salud Del Futuro.....	33
3.1.2 Telemedicina Grupo Saludcoop.....	34
3.1.3 Telecomunicaciones al Servicio de la Salud.....	34
3.1.4 Clasificador Difuso Para Diagnóstico Del Mal De Parkinson Vía Telefónica	35

3.2 IMPACTO EN LA UCI.....	36
4. CONTROL DE MEDICAMENTOS ESPECIFICOS PARA LA ESTABILIDAD CARDIORESPIRATORIA DE UN PACIENTE	37
4.1 VARIABLES DE ENTRADA	37
4.1.1 Frecuencia Cardiaca.....	37
4.1.2 Frecuencia Respiratoria.....	38
4.1.3 Peso.....	40
4.1.4 Tensión Arterial.....	41
4.2 VARIABLES DE SALIDA.....	43
4.3 MOTOR DE INFERENCIA	52
4.4 BASE DE REGLAS	59
4.5 PRUEBAS	65
5. CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFIA.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características de un conjunto difuso	15
Figura 2. Estructura genérica de un Controlador Difuso	20
Figura 3. Sistema de Lógica Difusa	21
Figura 4. Conjuntos difusos de la Frecuencia Cardíaca.....	38
Figura 5. Conjuntos difusos de la Frecuencia Respiratoria.....	40
Figura 6. Conjuntos difusos del Peso	41
Figura 7. Conjuntos difusos de la Presión Arterial Diastólica.....	42
Figura 8. Conjuntos difusos de la Presión Arterial Sistólica	43
Figura 9. Conjuntos difusos para la Dosis de la CLONIDINA	45
Figura 10. Conjuntos difusos para la Dosis de la DOBUTAMINA.....	46
Figura 11. Conjuntos difusos para la Dosis de la DOPAMINA.....	48
Figura 12. Conjuntos difusos para la Dosis de la NORADRENALINA	49
Figura 13. Conjuntos difusos para la Dosis del FENTANILO.....	51
Figura 14. Conjuntos difusos para la FRECUENCIA	52
Figura 15. Motor de Inferencia CLONIDINA	56
Figura 16. Motor de Inferencia DOBUTAMINA	57
Figura 17. Motor de Inferencia DOPAMINA.....	57
Figura 18. Motor de Inferencia NORADRENALINA	58
Figura 19. Motor de Inferencia FENTANILO	58
Figura 20. Clonidina.....	65
Figura 21. Dobutamina	66
Figura 22. Dopamina	66
Figura 23. Noradrenalina	67
Figura 24. Fentanilo	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Vademecum Clonidina clorhidrato	43
Tabla 2. Vademecum Dobutamina Clorhidrato	45
Tabla 3. Vademecum Dopamina Clorhidrato	47
Tabla 4. Vademecum Noradrenalina	48
Tabla 5. Vademecum Fentanilo Citrato.....	50
Tabla 6. Base de Reglas para la DOBUTAMINA	60
Tabla 7. Base de Reglas para la FENTANILO	61
Tabla 8. Base de Reglas para la NORADRENALINA	62
Tabla 9. Base de Reglas para la DOPAMINA.....	63
Tabla 10. Base de Reglas para la CLONIDINA	64

GLOSARIO

ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC): es la relación que resulta de dividir el peso (kg) sobre la estatura elevada al cuadrado (m^2). Se considera normal hasta $25 \text{ kg}/m^2$.

LÓGICA DIFUSA: la lógica difusa (también llamada lógica borrosa o lógica heurística) se basa en lo relativo de lo observado como posición diferencial. Este tipo de lógica toma dos valores aleatorios, pero contextualizados y referidos entre sí. Así, por ejemplo, una persona que mida 2 metros es claramente una persona alta, si previamente se ha tomado el valor de persona baja y se ha establecido en 1 metro. Ambos valores están contextualizados a personas y referidos a una medida métrica lineal.

PRESIÓN ARTERIAL: es la fuerza o presión que lleva la sangre a todas las partes del cuerpo. Al medir la presión arterial, se conoce el resultado de la presión que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias.

PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA: es la presión mínima que registra la arteria, que coincide con la diástole del ventrículo derecho, es un cambio patológico.

PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA: es la máxima presión, que registra el sistema circulatorio, coincidiendo con la sístole del ventrículo. La presión sistólica mínima hace referencia al funcionamiento del corazón y al estado de los grandes vasos.

TELEMEDICINA: se define como telemedicina la prestación de servicios de medicina a distancia. Para su implementación se emplean usualmente tecnologías de la información y las comunicaciones. La palabra procede del Griego $\tau\epsilon\lambda\epsilon$ (tele) que significa 'distancia' y medicina. La telemedicina puede ser tan simple como dos profesionales de la salud discutiendo un caso por teléfono hasta la utilización de avanzada tecnología en comunicaciones e informática para realizar consultas, diagnósticos y hasta cirugías a distancia y en tiempo real.

UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS: una unidad de cuidados intensivos (UCI), unidad de vigilancia intensiva (UVI) o centro de tratamiento intensivo (CTI) o Unidad de terapia intensiva (UTI) es una instalación especial dentro del área hospitalaria que proporciona medicina intensiva. Los pacientes candidatos a entrar en cuidados intensivos son aquellos que tienen alguna condición grave de salud

que pone en riesgo la vida y que por tal requieren de una monitorización constante de sus signos vitales y otros parámetros, como el control de líquidos. Muchos hospitales han habilitado áreas de cuidados intensivos para algunas especialidades médicas.

RESUMEN

La investigación presentada tomo el marco de la lógica difusa y se aplicó a la medicina, con el propósito de diseñar un sistema de control difuso que permita reducir los riesgos de muerte en paciente ingresados a Unidad de cuidados intensivos.

Se tiene en cuenta que, los pacientes que ingresan a una UCI son personas que han sufrido una grave lesión que requiere intervención quirúrgica y de medicamentos que ayuden a estabilizar las condiciones normales de un ser humano.

Para que el campo de la lógica difusa entrara en este campo fue necesario estudiar con anesthesiólogos, intensivista y enfermeras que medicamentos en conjunto pueden salvar la vida de una persona, además en el diccionario medico VADEMECUM esta especificado las dosis que se deben tener en cuenta a la hora de suministrarlas a un paciente, allí se encontraron los siguientes medicamentos que están descritos en este documento y está desarrollado todo el proceso que se les hizo para que el sistema de lógica difusa pudiera ser eficaz en un caso como estos.

En este documento se presenta la estructura que se le dio a cada medicamento una base de reglas donde se utiliza los signos vitales, el peso y la edad para tener una referencia para la dosis que se debe aplicar al paciente, basándonos en las descritas en el VADEMECUM.

Palabras Claves: VADEMECUM, Unidad de cuidados intensivos, Intensivista, Lógica Difusa, Base de reglas.

INTRODUCCION

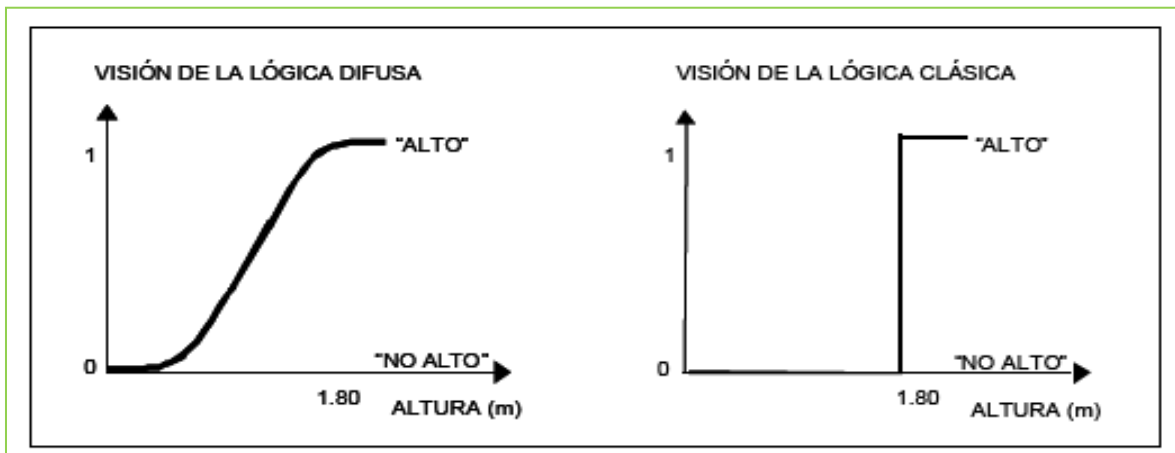
El control difuso, técnica derivada del razonamiento difuso y la lógica difusa. Desde la invención de la tecnología el ser humano siempre ha buscado la manera de crear sistemas automáticos que controlen necesidades básicas para el bienestar de la sociedad y necesidades industriales para el bien del común, pero la tecnología busca una respuesta afirmativa o negativa no a medias ahí es donde entra el control difuso y comienza a coger instancias ni completamente verdaderas ni completamente falsas creando proposiciones difusas pero su resultado es exacto, así de esta manera vemos que la salud es un tema solucionable para la lógica difusa por que un paciente puede estar en términos críticos , pero no ha fallecido y con el control difuso se quiere solucionar la estabilidad de un paciente en estas condiciones de riesgo inminente de muerte creando pautas lingüísticas que ayudaran a restablecer los signos vitales del mismo.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad la mayoría de los fenómenos que encontramos cada día son imprecisos, es decir, tienen implícito un cierto grado de difusidad en la descripción de su naturaleza. Esta imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que son.

Figura 1. Características de un conjunto difuso



Fuente. GUNT HAMBURG. Sistema de Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: [citado 8 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.gunt.de/download/fuzzy_control_spanish.pdf>

En muchos casos el mismo concepto puede tener diferentes grados de imprecisión en diferentes contextos o tiempo. Un día cálido en invierno no es exactamente lo mismo que un día cálido en primavera. La definición exacta de cuando la temperatura va de templada a caliente es imprecisa no podemos identificar un punto simple de templado, así que emigramos a un simple grado, la temperatura es ahora considerada caliente. Este tipo de imprecisión o difusidad asociado continuamente a los fenómenos es común en todos los campos de estudio: sociología, física, biología, finanzas, ingeniería, oceanografía, psicología, etc. El control difuso parte del principio de lógica difusa la cual fue formulada en 1965 por el ingeniero y matemático Lofti Zadeh, que principalmente se basa en lo relativo de lo observado como posición diferencial. Este tipo de lógica toma dos valores aleatorios, pero contextualizados y referidos entre sí. Así, por ejemplo, una persona que mida 2 metros es claramente una persona alta, si previamente se ha

tomado el valor de persona baja y se ha establecido en 1 metro. Ambos valores están contextualizados a personas y referidos a una medida métrica lineal.

Los procesos de reforma del sector salud se han concentrado principalmente en los cambios estructurales, financieros y organizacionales de los sistemas de salud y en los ajustes a la prestación los servicios de atención a las personas. La salud pública ha sido descuidada como una responsabilidad social e institucional, justamente cuando más atención requiere y cuando más se precisa de apoyo de parte de los gobiernos a fin de modernizar la infraestructura necesaria para su ejercicio. La reinserción de la salud pública en la agenda de transformación del sector pasa por la definición clara de su papel, así como por la operacionalización de los conceptos que le dan fundamento, entre ellos el de funciones esenciales de salud pública.

La unidad de cuidados intensivos (UCI) es un servicio de alta complejidad cuyo objetivo es brindar un cuidado integral a aquellas personas en condiciones críticas de salud, que fueron internados allí, bien sea por un trauma , en el postoperatorio o en la agudización de la insuficiencia renal o de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, entre otras. Las diferentes unidades de cuidado intensivo tienen características particulares a diferencia de otros servicios hospitalarios. Es así como su distribución puede variar de unas a otras unidades; encontrándose algunas circulares con el puesto de enfermería en el centro y otras lineales pero de igual manera el puesto de enfermería es central y en frente de los cubículos donde se encuentran los pacientes, otras conservan la estructura de los servicios de hospitalización con habitaciones similares pero con la adecuación eléctrica y tecnológica necesarias. Todas estas características sumadas a la restricción en el ingreso de la familia, el ruido constante de los equipos, el frío ocasionado por el aire acondicionado y la iluminación, hacen de la permanencia en la UCI una experiencia poco placentera además que está cargada de incertidumbre afectando la condición del paciente. Con respecto a la tecnología de la UCI hay diversidad de equipos que permiten conocer algunas variables fisiológicas, contribuir a la interpretación de la situación clínica del paciente y enfocar la terapéutica, los cuales pueden ocasionar discomfort en el paciente debido a que están adheridos a la piel, algunos pueden transgredir las barreras naturales y limitar la autonomía, la movilidad y el bienestar¹.

¹ UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. La UCI [en línea]. Medellín: [citado 7 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/42/3/03_Contentido.pdf

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Definición Del Problema. El control difuso representa actualmente una novedosa e importante rama de la técnica de regulación. Los procedimientos convencionales no se sustituyen, sino que se complementan de forma considerable en función del campo de aplicación. Los mayores éxitos en el campo de las aplicaciones industriales y comerciales de los métodos difusos los ha logrado hasta la fecha el regulador difuso. Los reguladores difusos son reguladores no-lineales. Por medio de la selección adecuada de funciones de pertenencia y del establecimiento de una base de reglas se pueden compensar no-linealidades en el sistema de regulación de procesos. Las funciones de pertenencia son modelos matemáticos para los términos lingüísticos, como por ejemplo: las funciones de pertenencia triangulares, trapezoidales o gaussianas. Como en el caso de un regulador convencional, en el regulador difuso se transforman variables de entrada en variables de salida, que actúan en el proceso o en el sistema de control. Múltiples variables de entrada y salida se pueden enlazar entre sí de forma que sistemas complejos se pueden regular fácilmente. Los valores de entrada y salida son valores exactos en forma de señales. La imprecisión típica de los métodos difusos desempeña un papel sólo dentro del regulador. En un regulador difuso se ejecutan tres pasos de procesamiento: fuzzificación, inferencia y defuzzificación. El diseño de un regulador difuso contiene la selección de variables de entrada/salida, el establecimiento de funciones de pertenencia y la disposición de la base de reglas.

La experiencia de trabajar con unidades de cuidado intensivo en medio de una serie de equipos y procesos de enfermedad complejos, donde el paciente se aísla temporalmente de su grupo familiar para ser observado individualmente, quedando al cuidado de un personal desconocido para él, conduce a reflexionar acerca de sus necesidades de carácter emocional, sensitivo y de confort, que pueden experimentar durante su permanencia en dicha unidad.

1.2.2 Formulación Del Problema. El presente estudio, explora los diferentes métodos que se pueden aplicar con técnicas de Control Difuso a una Unidad de Cuidados Intensivos, obteniendo las respectivas variables de entrada y sus resultados de salida, para que la estadía de los pacientes sea de alguna manera cómoda y placentera teniendo en cuenta que encontrarse en una Unidad de Cuidados Intensivos no es de placer de ningún ser humano. Por la cual se encuentran debilidades que deben ser suplidas que implican directamente al paciente con su estado de conciencia el cual influye en posteriores enfermedades si no es tratado a tiempo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General.

Plantear un método de Control Difuso en una Unidad de Cuidados Intensivos siguiendo las normas establecidas para la atención correcta de un paciente residente en ella, controlando la posología en medicamentos específicos que mantendrán con signos vitales al paciente en el ingreso a la UCI.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar a profundidad las debilidades que se encuentran en una Unidad de Cuidados Intensivos de una empresa prestadora de salud, observándola desde el marco funcional y emocional.
- Establecer uno o varios métodos de Control Difuso aplicables a las diferentes situaciones que se presenten en una Unidad de Cuidados Intensivos para así lograr que la posología sea la más adecuada para el paciente.
- Diseñar un método de Control Difuso preciso para las diferentes situaciones que se presenten en una Unidad de Cuidados Intensivos, estableciendo parámetros difusos que permitan la adecuación de la posología y den parámetros de recuperación de signos vitales del paciente.

1.4 JUSTIFICACION

Dado que el Control Difuso es un tema relativamente nuevo, principalmente es la base de las redes neuronales y la inteligencia artificial se pretende que no solo se encuentre en el campo matemático sino que pase a ser utilizado en todas las ramas de la ciencia en general. Su uso es muy extenso debido a que se basa en lo NO exacto realizando así proposición difusas que resultan en una señal exacta.

Viendo las debilidades que se encuentran en una Unidad de Cuidados Intensivos se ha decidido optar por el control difuso para mejorar las instalaciones y aumentar el grado de comodidad del paciente.

A través del tiempo se ha visto que el control difuso se puede utilizar en cualquier rama y abarca gran campo cotidiano, social y tecnológico por estas razones se desea implementar en el ámbito de la salud el cual en Colombia es el más afectado por razones de política.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Tiempo. La elaboración de este Proyecto de Investigación se realizará en el segundo semestre del año 2013, el cual según el cronograma académico para la asignatura Trabajo de Grado expedido por la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, es el tiempo comprendido entre el 22 de julio de 2013 hasta 30 de Noviembre de 2013.

1.5.2 Espacio. La redacción y ejecución tanto de este documento como de sus objetivos tendrá lugar en las entidades prestadoras de salud (Hospitales, Clínicas) que se encuentren ubicadas en la ciudad de Bogotá D. C., y en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia sede El Claustro ubicada en la Diagonal 47 No. 15 – 50.

1.5.3 Contenido. El presente anteproyecto contiene el título del proyecto, introducción, antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcances y limitaciones, marco referencial, metodología, diseño metodológico, cronograma, entregables del proyecto, instalaciones y equipo requerido, presupuesto y por ultimo referencias bibliográficas. El documento final contendrá los siguientes componentes: título del proyecto, antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, justificación, delimitación, marco referencial, metodología, diseño metodológico; adicional a esto contendrá el desarrollo del tema del proyecto que se dividirá en los capítulos que sean necesarios, conclusiones, y recomendaciones finales.

1.5.4 Alcance. Este proyecto inicia con definiciones parciales de la temática a tratar para profundizar al cabo de la realización del Proyecto de Investigación, va seguida de objetivos en los cuales no planteamos la problemática y le damos solución parcial o total. Utilizando cronogramas para establecer fechas donde realizamos entregas de los avances del Proyecto de Investigación y culminamos con un resultado de todo el trabajo realizado.

1.6 MARCO DE REFERENCIA

La lógica difusa se adapta mejor al mundo real en el que vivimos, e incluso puede comprender y funcionar con nuestras expresiones, del tipo "hace mucho calor", "no es muy alto", "el ritmo del corazón está un poco acelerado", etc.

La clave de esta adaptación al lenguaje, se basa en comprender los cuantificadores de nuestro lenguaje (en los ejemplos de arriba "mucho", "muy" y "un poco").

En la teoría de conjuntos difusos se definen también las operaciones de unión, intersección, diferencia, negación o complemento, y otras operaciones sobre conjuntos, en los que se basa esta lógica.

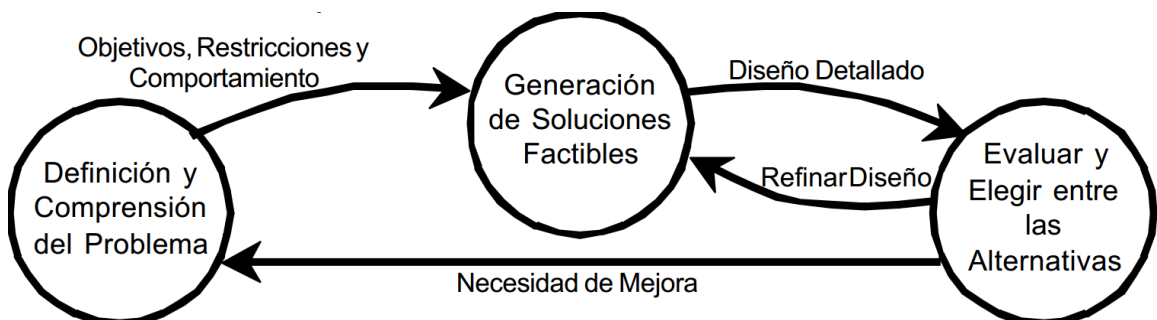
Para cada conjunto difuso, existe asociada una función de pertenencia para sus elementos, que indican en qué medida el elemento forma parte de ese conjunto difuso. Las formas de las funciones de pertenencia más típicas son trapezoidales, lineales y curvas².

1.6.1 Aplicaciones de Ingeniería:

Consisten en un objetivo que debe conseguirse bajo restricciones de diverso tipo (técnicas, económicas, sociales...). Deben tomarse decisiones en situaciones donde los criterios de decisión no son evidentes y la incertidumbre es mayor de la deseable. Incorporan dos tareas principales para la planificación, organización y desarrollo: Análisis y Diseño.

- Análisis: Definir y comprender un problema determinado para conseguir, de forma clara y explícita, expresar: Los objetivos deseados, las restricciones y las características del comportamiento del sistema.
- Diseño: Idear soluciones factibles, evaluarlas y elegir entre las alternativas planteadas.

Figura 2. Estructura genérica de un Controlador Difuso



Fuente: GUNT HAMBURG. Estructura genérica de un Controlador Difuso (presentada por Lee, 1990) Sistema de Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: [citado 16

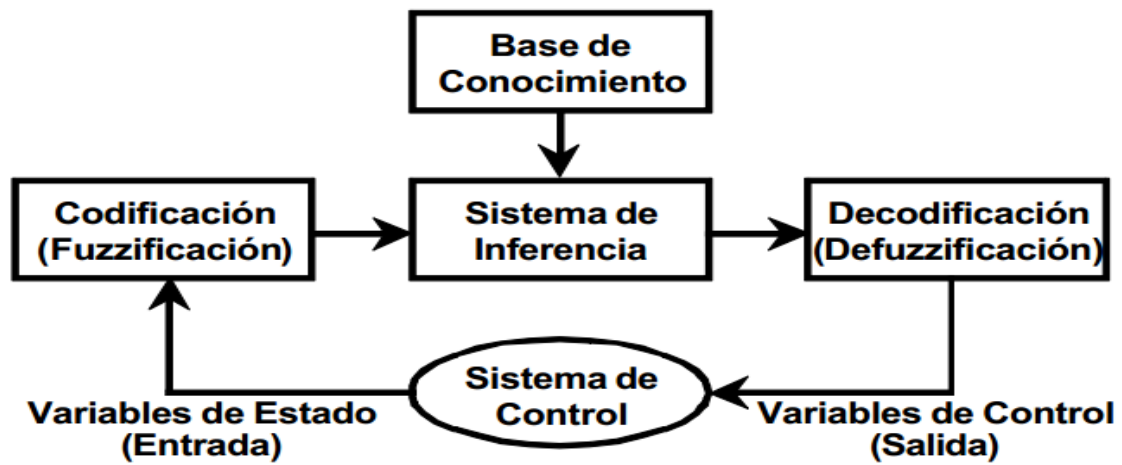
² GUNT HAMBURG. Sistema de Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: [citado 8 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.gunt.de/download/fuzzy_control_spanish.pdf>

agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.gunt.de/download/fuzzy_control_spanish.pdf>

Tiene 4 componentes principales (Driankov, Hellendoorn,. Reinfrank, 1993; Pedrycz, 1993; Yager, Filev, 1994):

- Base de Conocimiento. Sistema de Inferencia.
- Sistema de Codificación. Sistema de Decodificación.

Figura 3. Sistema de Lógica Difusa



Fuente: GUNT HAMBURG. Sistema de Fuzzificación y Difuminación en Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: [citado 24 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: <http://archivos.labcontrol.cl/SI/fuzzy.pdf>>

- **Sistema de Codificación, Difuminación o Fuzzificación:**
 - Obtiene los valores de las variables de entrada al controlador difuso.
 - Convierte los datos reales (crisp) de entrada en conjuntos difusos, lo cual permite ser tratados como tales.
 - La función de Codificación más simple consiste en no difuminar (el valor crisp será el único valor del soporte y del núcleo del conjunto difuso): Conjunto difuso de tipo “singleton”.
 - Lo más usual es difuminar mediante un conjunto difuso triangular.
- **Ventajas de la Difuminación (fuzzification):**
 - Permite minimizar posibles cambios ligeros en las variables de entrada. Por ejemplo, si medimos 25°C de temperatura, ésta puede variar mientras se efectúa la inferencia, por lo que puede ser más exacto considerar que la temperatura es “aproximadamente 25°C”.

- Permite minimizar los posibles errores al tomar los datos
 - Permite suavizar el comportamiento del sistema: Ampliando el rango de influencia de la variable.
- **Sistema de Inferencia:**
 - Es el núcleo del controlador difuso: Infiere las acciones de control simulando el proceso de decisión humano usando una implicación difusa y las reglas de inferencia de la lógica difusa.
 - Utiliza las técnicas de los Sistemas Basados en Reglas para la inferencia de los resultados.
 - **Sistema de Decodificación, Concisión o Defuzzificación:**
 - Convierte los valores difusos de las variables de salida en valores concretos dentro del universo de discurso correspondiente.
 - Genera una acción no difusa a partir de la acción difusa resultante del sistema de inferencia.
 - **Existen diversos métodos, estudiados anteriormente (defuzzification methods):**
 - Usando la agregación de todos los conjuntos difusos resultantes de todas las reglas: Centro de Gravedad (CoG), Punto de Máximo Criterio (PMC o Media de Máximos), Centro de Area...
 - Usando los conjuntos difusos resultantes de cada regla individualmente: CoG (o PMC) ponderado por el área o por la altura, Media de PMC, Media del mínimo y máximo PMC, CoG (o PMC) del de mayor área o del de mayor altura...

El desarrollo de las unidades de cuidados intensivos hizo posible la atención de los pacientes más gravemente enfermos. Esto permitió la utilización de herramientas orientadas técnicamente para monitorear y obtener información al instante sobre cualquier cambio de los parámetros fisiológicos del paciente y las nuevas estrategias desarrolladas para salvar la vida. Por otro lado, plantea cuestiones éticas y profesionales relacionadas con algunos pacientes que tenían intratables condiciones médicas o los que sufrieron daños irreversibles a sus órganos vitales.

- **Descripción de una Unidad de Cuidados Intensivos**

Estas unidades son unidades especiales en las que el esfuerzo se concentra en una localidad en el hospital y en el cuidado de los pacientes que se consideran recuperables pero que necesitan supervisión y la necesidad o la probabilidad de

necesitar técnicas especializadas por personal cualificado. Dentro de esta técnica especializada podemos enumerar ventilación artificial continua, el apoyo a la circulación, la gestión de la diálisis para problemas renales. Las unidades tienen las siguientes características principales: (1) el espacio, equipo y personal que trabaja y (2) servicio continuo y la atención de todo el reloj 24 horas incluyendo todo lo siguiente: seguimiento instantáneo de los parámetros cardiovasculares, la función respiratoria, la función renal y la el estado del sistema nervioso. Estos ajustes no se ven en ningún otro lugar del hospital. Categorías del paciente que pueden beneficiarse de esta unidad son:

- Los pacientes de infarto de miocardio que normalmente requieren un seguimiento continuo cardiovascular.
- Los pacientes que necesitan ventilación artificial, soporte cardiovascular y soporte renal.
- Los pacientes con importantes alteraciones metabólicas como paciente con diabetes mellitus o el paciente no controlado después de las cirugías abdominales.
- Los pacientes con un traumatismo importante como los pacientes con lesiones en la cabeza, lesiones en el pecho y otras lesiones múltiples.

➤ **El espacio y el diseño**

Existe la tendencia de que el espacio por cama que se acerca a 20 metros cuadrados y un espacio similar para los equipos por un total de 40 metros cuadrados. Debe haber suficiente luz natural blanco o rosa blanca. No debe haber aire acondicionado. Hay también posibilidad para tener un poco de entretenimiento como música suave o televisión.

➤ **Equipo**

En la unidad de abastecimiento de centrales de gases medicinales como el oxígeno y Entonox de vacío para la aspiración de los instrumentos. Se necesitan enchufes eléctricos para facilitar el uso de aparatos eléctricos. También se necesitan lavamanos y platos de monitoreo.

➤ **Monitoreo**

Permite un seguimiento a:

- Para supervisar las actividades eléctricas del corazón y otros resultados relacionados.
- Para medir diversas presiones de sangre de lado arterial o venosa. En ciertas situaciones el cálculo del gasto cardíaco y medir otros índices cardíacos se realizan para guiar el manejo del paciente.

➤ Ventilación

Al lado de cada cama un ventilador independiente capaz de trabajar continuamente y exclusivamente de un paciente hasta su recuperación y capaz de generar todos los tipos de modos de ventilación, el paciente puede necesitar durante su enfermedad aguda.

➤ Dotación de personal

Se necesita personal técnico. Se compone de dos enfermeras cabeza de trabajo en turnos. Deben proporcionar los residentes médicos de guardia. Los consultores son a cargo de la unidad de cuidados intensivos para gestionar y organizar una consulta entre otras subespecialidades en el hospital y hacer las rondas de pacientes en la mañana y la tarde. No debe haber una enfermera por cada cama que cubre 24 horas de cambio y debe haber un equipo de terapeutas respiratorios y fisioterapeutas. También hay necesidad de auxiliar de laboratorio, porteros y demás trabajadores manuales³.

1.7 METODOLOGIA

1.7.1 Tipo de Investigación. Al encontrar en el marco investigativo se necesita tener una base de estudios ya realizados para que la investigación del método que se escoge sea satisfactoria así no cubran todas las expectativas de las que se puede sacar provecho. Se ejecutaran métodos de diseño que complazcan la necesidad que se desea suplir otorgando las mejores prestaciones para el correcto desempeño del trabajo final.

Se expresa que el marco investigativo no tiene como objeto un prototipo físico dado que no es parte de la naturaleza de la investigación. Comprendemos que investigar requiere estudios previos si los hay o solo la iniciativa de hacerlo.

1.7.2 Ingeniería de Conocimiento. Se tiene una investigación que se refiere a un campo establecido con normas vigentes en el cual podemos incurrir mediante un

³ APUNTES AUXILIAR ENFERMERIA. Unidad de Cuidados Intensivos [en línea]. Bogotá: [citado 9 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: <http://apuntesauxiliarenfermeria.blogspot.com/2011/01/la-unidad-de-cuidados-intensivosuci.html> >

profesional capacitado para conocer a su punto de vista la problemática que afecta el campo, en este caso la Unidad de Cuidados Intensivos.

1.7.3 Fuentes de Información. Ya que no es un tema muy conocido las fuentes son limitadas y los puntos de vista cambian al ser un tema de alto desempeño, con lo cual se quiere trabajar es con documentos realizados por expertos en el tema.

2. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA UCI

➤ **¿Para usted que es una Unidad de Cuidados Intensivos?**

Es una unidad donde se manejan pacientes en estado crítico refiriéndose a estado crítico como: Traumas severos, inconsciencia, paro cardíaco, amputación de miembros del cuerpo, pérdida importante de sangre.

➤ **¿En general, que debilidades cree que tiene una Unidad de Cuidados Intensivos?**

Se requiere de bastante atención emocional al paciente ya que las siguientes son factores que deprimen moralmente tanto a la familia como al paciente.

- Interacción entre paciente y familiar
- Visitas reducidas
- Alto riesgo de contaminación hacia el paciente.

➤ **¿Qué se monitorea en la Unidad de Cuidados Intensivos?**

- Aptitud del paciente
 - Difícil expresión por grado de inconciencia
- Estado de conciencia
 - Afecto (humor), alerta, conciencia, estado de coma, orientado (tres esferas: tiempo, lugar, espacio), reflejos, despierto, ansiedad, se debe llevar hoja neurológica obligatoriamente donde se observa los antes mencionados.
- Signos de dolor
 - Quejidos, frecuencia cardíaca alta (taquicardia).
- Control de signos vitales
 - Tensión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura(alta: infección, baja: hipotermia)
- Control del líquidos
 - Administrados: Catéter para líquidos endovenosos, sonda para administración de líquidos parenterales de alimentación.

- Variables cardíacas
 - Arritmia cardíaca: Trastorno en el ritmo cardíaco y no de la estructura cardíaca.
 - Electrocardiograma: Representación visual de la actividad eléctrica del corazón, es donde se presencian los cambios como infarto, paro cardíaco, ritmo cardíaco y otros trastornos⁴.

2.2 INGRESO, EGRESO Y SELECCIÓN DE PACIENTES

La decisión de admisión a UCI puede estar basada en tres modelos a saber:

- Priorización.
- Diagnostico.
- Modelos por parámetros objetivos.

➤ **Modelo Por Prioridades**

Este sistema define aquellos que se beneficiaran más de la UCI (Prioridad 1) y aquellos que no se beneficiaran (Prioridad 4).

- **Pacientes prioridad 1**

Son aquellos críticamente en enfermos, inestables y que requieren tratamiento intensivo y monitoria que no puede ser provista fuera de la UCI. Estos pacientes prioridad 1 no tiene restricciones en la terapia que requiere. Ejemplos:

- Paciente en POP de cirugía cardiovascular
- Paciente con Falla respiratoria aguda que requiera Ventilación mecánica.
- Paciente hemodinámicamente inestable que requiera monitoria invasiva y/o drogas vasoactivas.

⁴ MARTÍNEZ DELGADILLO, Alexander. Dialogo con Médico de Clínica CAFAM y Hospital San Rafael, Anestesiólogo, 3 años de experiencia en UCI.

- **Pacientes prioridad 2**

Pacientes que requieren monitoria intensiva y pueden potencialmente necesitar intervención inmediata, No hay limitaciones terapéuticas estipuladas para estos pacientes. Al ingreso no son paciente críticos, pero su condición de base requiere monitoreo y están en alto riesgo de requerir tratamiento intensivo. Ejemplos:

- Pacientes con comorbidades crónicas, quienes desarrollan enfermedades médicas ó quirúrgicas agudas severas.

- **Pacientes prioridad 3**

Ingresan críticamente enfermos e inestables pero que tienen reducidas posibilidades de recuperación por su enfermedad de base o la naturaleza de su enfermedad aguda, Los pacientes prioridad 3 pueden recibir tratamiento intensivo para aliviar su enfermedad aguda pero con esfuerzos terapéuticos limitados tales como intubación o reanimación cardio-cerebro – pulmonar. Ejemplos:

- Ca. Metastático complicado por infección, taponamiento cardiaco ó obstrucción de la vía aérea.

- **Pacientes prioridad 4.**

Son pacientes quienes generalmente no son apropiados para su admisión a UCI. La admisión de esos pacientes deberá hacerse sobre una base individual, bajo circunstancias inusuales y con la discrecionalidad del coordinador ó jefe de la UCI. Estos pacientes pueden ubicarse en dos categorías

Pacientes con poco o ningún beneficio anticipado del cuidado en UCI, basados en bajo riesgo de intervención activa que no puede ser seguramente administrado en un escenario distinto a la UCI. (Demasiado bien para beneficiarse. Los ejemplos incluyen: Pacientes con cirugía vascular periférica, cetoacidosis diabética hemodinámicamente estable, falla cardiaca leve, sobredosis de drogas en paciente consciente, etc.

Pacientes con enfermedades terminales e irreversibles con riesgo inminente de muerte (Demasiado enfermos para beneficiarse. Ejemplos, daño cerebral irreversible severo, falla orgánica multisistémica irreversible, cáncer metastásico que no responde a quimio y/o radioterapia, pacientes capaces quienes declinan monitoria invasiva y/o cuidado en UCI, muerte cerebral no donante de órganos, estado vegetativo persistente, etc.

De acuerdo con estos criterios, se sugiere que en unidades en sobre-cupo, los pacientes prioridad 1 se reciban en primera instancia, luego los de prioridad 2 y en ultimas los pacientes prioridad 3 y 4. En caso de solicitarse una cama para los pacientes prioridad 1 se intentara agilizar el egreso de los posibles pacientes en prioridad 3 o 4, para poder recibir el paciente que se va a beneficiar más del manejo de UCI con un ingreso oportuno.

➤ **Modelo Por Diagnósticos**

Este modelo utiliza condiciones específicas ó enfermedades para determinar apropiadamente la admisión a UCI. El Ministerio de Salud en la Resolución 5261 de 1994, articulo 29, define los tipos de pacientes que se admitirán en la Unidad de Cuidados Intensivos así:

- **Orden Cardiovascular**

- Pacientes con infarto agudo del miocardio complicado.
- Pacientes con cor-pulmonar agudo
- Pacientes con re-infarto complicado.
- Pacientes con cuadro clínico de angina inestable
- Pacientes con bloqueo A.V. completo
- Pacientes con bloqueo A.V.II grado tipo Mobitz II
- Pacientes con extrasistolia ventricular multifocal
- Pacientes con enfermedad del nódulo sinusal, "síndrome de taqui-bradi-arritmia".
- Pacientes para cardioversión y/o desfibrilación
- Pacientes con franca inestabilidad hemodinámica
- Pacientes con cardiomiopatías congestivas de difícil manejo, bajo gasto cardíaco y/o falla de bomba.
- Pacientes con Shock séptico, cardiogénico, hipovolémico y/o neurogénico, que presenten posibilidad de recuperación según valoración conjunta con el médico tratante y/o grupo de especialistas.
- Pacientes con falla ventricular izquierda aguda
- Pacientes post-cirugía cardiovascular
- Pacientes post-reanimación cardiopulmonar hemodinámicamente inestables, sometidos a dichas maniobras en áreas distintas a cuidado intensivo.

- **De Orden Neurológico**

- Pacientes con enfermedades neurológicas del tipo polirradículo neuromielopatías agudas de cualquier etiología, cuando exista compromiso de la función respiratoria.
- Pacientes con porfiria aguda (P.I.A) con compromiso hemodinámico.
- Pacientes con cuadro de edema cerebral post-trauma con signos de riesgo, tales como inconsciencia, deterioro de su cuadro neurológico en forma progresiva o empeoramiento de sus signos vitales y que no presenten signos de muerte cerebral.
- Pacientes con status convulsivo, al cual se considere necesario asistencia ventilatoria.
- Accidentes cerebro vasculares hemorrágicos y oclusivos con signos de hipertensión endocraneana, edema cerebral y que a juicio del médico de la U.C.I., en relación con la historia clínica, edad, estado cardiovascular, complicaciones y patologías concomitantes del paciente, ofrezca posibilidades para su recuperación.

- **De Orden Infeccioso**

- Pacientes con cuadro clínico de tétanos
- Shock séptico de cualquier etiología
- Pacientes con hipertermia maligna.
- Pacientes con leucemias agudas que requieran asistencia ventilatoria
- De orden neumológico.
- Pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda severa de cualquier etiología que requieran asistencia ventilatoria.

- **Tóxicos**

- Pacientes intoxicados que requieran asistencia ventilatoria.

- **Metabólico**

- Pacientes con trastornos metabólicos severos que requieran asistencia ventilatoria.

- Los pacientes en cetoacidosis diabética y/o estados hiperosmolares, deberán ser manejados en principio en el servicio de medicina interna según normas convencionales.
- La misma resolución establece en el artículo 30 los pacientes que no se admitirá en la Unidad de Cuidados intensivos
- Pacientes en estado terminal de cualquier etiología.
- Pacientes poli traumatizados mientras no se haya definido la conducta quirúrgica o neuroquirúrgica.
- Pacientes con signos de muertes cerebrales o descerebradas.

➤ **Modelo Por Parámetros Objetivos**

La admisión a UCI por parámetros objetivos, lista una serie de criterios específicos para su admisión, por ejemplo Pulso < 40 o > de 150 por minuto, PAM < 60, Sodio < 110 o > 170 mEq/L etc. Estos criterios no han podido ser concertados y los actuales son de hospitales individuales y necesariamente arbitrarios, los mismos podrán ser definidos en esta institución, mientras este consenso se logra, el modelo de parámetros objetivos no se utilizara como criterio de admisión.

➤ **Criterios De Egreso**

El estado del paciente admitido a la UCI, debe ser revisado continuamente a fin de identificar los pacientes que no requieren por más tiempo de cuidado en UCI, se identifican dos situaciones para el egreso de pacientes:

- Cuando el estado fisiológico del paciente se ha estabilizado y la necesidad para monitoria y cuidado en UCI no es necesaria por más tiempo.
- Cuando el estado fisiológico se ha deteriorado y las intervenciones activas no se planean por más tiempo, la salida a un nivel inferior de cuidado es apropiada.
- Los criterios de salida de la UCI deben ser similares a los criterios de admisión para el siguiente nivel de cuidado tal como unidad de cuidados intermedios, cuando esta esté disponible. Se aclara que no todo paciente requiere cuidado intermedio después de su salida de UCI.

Se aclara el concepto referente a cuales son los pacientes que no se beneficiaran más del tratamiento UCI, pues considero que esto puede acelerar la toma de decisiones en casos determinados:

- Paciente con edad avanzada con daño de tres o más órganos que no responde luego de 72 horas de tratamiento.
- Pacientes estables con bajo riesgo de requerir UCI
- Paciente en muerte cerebral o en coma, NO traumático que evoluciona a un estado vegetativo con muy bajas probabilidades de recuperación.
- Pacientes que se trasladaron en UCI para que estuviesen más cómodos
- Pacientes con enfermedad respiratoria o hematológica maligna que no responden luego de 72 horas de tratamiento.
- Pacientes con enfermedades crónicas que no responden a tratamiento intensivo y sin restricciones que se ha realizado por 72 horas.

➤ **Criterio de no-admisión:**

Existen casos especiales que no deben ser admitidos en la unidad de cuidado intensivo a saber:

- Pacientes con evidencia de muerte prioridad que no sean candidatos a donación de órganos.
- Pacientes en pleno uso de sus facultades que se rehúsen a la terapia de UCI
- Pacientes con coma no traumática que evolucionaron a un estado vegetativo permanente.
- Estos pacientes solo deben ser admitidos en casos especiales a prioridad del director del UCI y deberán ser egresados si se requieren camas disponibles para pacientes con prioridad 1, 2, 3⁵.

⁵ HOSPITAL LA VICTORIA. PROTOCOLO VIGENTE EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL LA VICTORIA. ATENCIÓN Y CUIDADOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD Y HOSPITALIZACIÓN HOSPITAL LA VICTORIA. [en línea]. Bogotá: [citado 15 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL:http://www.esevictoria.gov.co/sitio2/Guias_Protocolos/HOSPITALIZACION/CRONICOS/INGR ESO,%20EGRESO%20Y%20SELECCION%20UCI.pdf>

3. CONTROL DIFUSO

3.1 APLICACIONES EN TELEMEDICINA

- **¿Cree que es factible implementar una Unidad de Cuidados Intensivos controlada remotamente, por qué?**

Remotamente: Refiriéndose a monitorear por enlace terrestre o satelital pacientes en áreas de acceso crítico, como lo son: selvas, alta mar, desiertos.

Es posible adaptar una UCI en un lugar de acceso crítico pero debido a limitaciones de presupuesto en Colombia no se puede llevar a cabo dicha tarea, el costo del enlace es muy elevado para una entidad hospitalaria privada además no se cuenta con el debido presupuesto gubernamental para implementarla en una división del gobierno como puede ser las fuerzas armadas. La telemedicina es aplicable y muy efectiva con una buena inversión se pueden lograr una atención remota de profesionales a pacientes sin necesidad de hacerlo presencial y respaldados por personal capacitado que se encuentre en la zona⁶.

3.1.1 Telemedicina: La Salud Del Futuro. La telemedicina es la práctica de la medicina y la planeación de sistemas de salud, a distancia, por medio de sistemas de comunicación. Su característica principal es la separación geográfica entre dos o más agentes implicados: ya sea un médico y un paciente o un médico y otro médico.

La telemedicina tiene beneficios como la disminución de los tiempos de atención y diagnósticos, tratamientos más oportunos y apropiados, mejora la calidad del servicio, reduce los costos de transporte, brinda atención continuada y disminuye los riesgos profesionales. Además posibilita la interconsulta, ofrece mayor cobertura y por medio de ella se pueden adelantar campañas de prevención oportunas, entre otros.

El concepto de red de Telemedicina involucra básicamente tres aspectos: red de salud, red de telecomunicaciones y aplicaciones para servicios de medicina

⁶ MARTÍNEZ DELGADILLO, Alexander. Dialogo con Médico de Clínica CAFAM y Hospital San Rafael, Anestesiólogo, 3 años de experiencia en UCI.

automatizados y red en línea, con el fin de beneficiar a todo el sector rural colombiano que no cuenta con los servicios médicos especializados⁷.

3.1.2 Telemedicina Grupo Saludcoop. El avance de la Internet ha permitido la evolución de la medicina a distancia o Telemedicina, innovador modelo de especial importancia para países donde la falta de especialistas y las grandes extensiones de territorio se convierten en complejos problemas para el sistema de salud.

El Grupo SaludCoop es pionera en la aplicación de esta tecnología en Colombia. Actualmente, se ofrecen servicios de telemedicina en todas las especialidades. Las de mayor demanda son Hematooncología, Neuropediatría, Endocrinología Pediátrica, Ginecología Pediátrica, Cardiología Pediátrica, Infectología Pediátrica y del Adulto (VIH), Neumología, Osteoarticular y Oncología.

3.1.3 Telecomunicaciones al Servicio de la Salud. Actualmente, el Grupo SaludCoop cuenta con 31 puntos con cámara de telemedicina en 19 departamentos del país, los cuales se apoyan en las clínicas de mayor complejidad para mejorar su capacidad resolutive. Se está ampliando la cobertura de este servicio a un total de 52 puntos en el territorio nacional, con mejoramiento de la tecnología utilizada.

Siendo la Telemedicina una herramienta que permite poner los avances en telecomunicaciones y en informática al servicio de la salud, esta tecnología está soportada en el Proyecto Tecnológico de SaludCoop.

La Telemedicina permite a los profesionales de la salud atender a un paciente a miles de kilómetros de distancia, mediante enlaces por televisión, vía microondas.

El Grupo SaludCoop, pionero en la aplicación de la Telemedicina en Colombia. Telemedicina es un término que combina cualquier tipo de actividad médica que implique un elemento de distancia. Esta herramienta evita colapsos en las clínicas, ya que el especialista puede estar en cualquier lugar y en tan sólo unos minutos disponer, físicamente, de los exámenes del paciente (radiografías y electrocardiogramas, entre otros).

El vertiginoso avance de los medios tecnológicos en la sociedad actual ha facilitado la evolución de la Telemedicina, instrumento permite al médico atender un paciente a cientos de kilómetros de distancia.

⁷ UNIVERSIDAD JAVERIANA. TELEMEDICINA: LA SALUD DEL FUTURO [en línea]. Bogotá [citado 21 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x_imprimir.php?id=29452>

Mediante un enlace de telecomunicaciones, se logra contacto virtual con la persona, se conoce su estado de salud, se puede orientar su tratamiento y se monitorea su evolución. El Grupo SaludCoop es pionero en la aplicación de esta tecnología en Colombia.

El programa de Telemedicina se inició en abril de 2002, como soporte a la gran dispersión geográfica de sus usuarios y a la baja oferta de algunas especialidades y subespecialidades en diversas zonas de nuestro país.

En estos ocho años de funcionamiento se han realizado más de 146.000 consultas de las siguientes sub-especialidades: Hematooncología, Neuropediatría, Endocrinología Pediátrica, Ginecología Pediátrica, Cardiología Pediátrica, Infectología Pediátrica y del Adulto, (VIH), Neumología, Osteoarticular, Oncología, Reumatología, Ortopedia y Endocrinología.

En los puntos más alejados se han efectuado consultas en especialidades como Pediatría, Medicina Interna y Valoraciones Iniciales Pre-anestésicas. Este instrumento ha permitido el mejoramiento de la cobertura y la oportunidad de servicios para los usuarios y ha optimizado los costos de desplazamiento, pues los pacientes se trasladan cuando realmente se requiere y en condiciones óptimas y seguras⁸.

3.1.4 Clasificador Difuso Para Diagnóstico Del Mal De Parkinson Vía Telefónica. La enfermedad de Parkinson es una enfermedad degenerativa del sistema nervioso, un trastorno que afecta las células nerviosas, o neuronas, en una parte del cerebro que controla los movimientos musculares. Esto es ocasionado por la disminución en la producción de una sustancia química llamada dopamina debido a la muerte paulatina de las neuronas que producen. La dopamina se encarga de enviar señales que ayudan a coordinar los movimientos.

Los síntomas de la enfermedad de Parkinson pueden incluir: temblor en las manos, los brazos, las piernas, la mandíbula y la cara; rigidez en los brazos, las piernas y el tronco; lentitud de los movimientos y problemas de equilibrio y coordinación.

A medida que los síntomas empeoran, puede presentarse otros problemas como depresión, trastornos del sueño o dificultades para masticar, tragar o hablar. El diagnóstico de un paciente con la enfermedad de Parkinson se hace tomando como base los síntomas de la persona y su historial médico. No existe ninguna

⁸ SALUDCOOP. TELEMEDICINA GRUPO SALUDCOOP [en línea]. Bogotá: [citado 21 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.saludcoop.coop/index.php?option=com_content&view=article&id=179&Itemid=204 >

prueba de sangre ni ninguna radiografía que pueda mostrar si una persona tiene la enfermedad de Parkinson, aunque algunos tipos de rayos x pueden ayudar al especialista para asegurarse que no es algo más lo que está causando los síntomas presentes en el paciente.

Estudios muestran que el 90% de los pacientes afectados con la enfermedad de Parkinson presentan trastorno de la voz (Ho et al., 1998), o disfonía, por lo que ese trastorno puede ser considerado como un indicador temprano del mal de Parkinson (Duffy, 2005). Es decir, la medida de la voz puede ser útil para descubrir y rastrear la progresión de los síntomas del parkinson (Rosen et al, 2006), lo que ha motivado un creciente número de investigaciones para detectar esta enfermedad a partir de un análisis de la voz (Little et al., 2008; Sakar and Kursun, 2009;), con el fin de poder diagnosticar al paciente de manera remota evitándole el traslado al sitio de atención médica⁹.

3.2 IMPACTO EN LA UCI

➤ ¿DONDE QUEDA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS?

Al manejar distintas áreas no se abarca la totalidad de la medicina, se propone en este documento un comienzo para la Unidad de Cuidados Intensivos en la telemedicina optando por estudiar el comportamiento de los pacientes en el ingreso a la unidad y administrando la cantidad y que frecuencia deben tener los medicamentos propuestos. Además se propone entrenar un sistema de lógica difusa según los parámetros específicos del paciente como lo son sus signos vitales, de ahí partimos para formular un sistema de control remoto vigilado por especialistas y manipulado por practicantes o personas capacitadas para tal fin. Debido a que la Unidad de Cuidados Intensivos es un lugar de actuación rápida el sistema permite con gran rapidez dar respuesta inmediata de la medicación que se debe utilizar según los signos vitales del paciente.

⁹ UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. CLASIFICADOR DIFUSO PARA DIAGNÓSTICO DEL MAL DE PARKINSON VÍA TELEFÓNICA [en línea]. Pamplona: [citado 21 octubre, 2013]. Disponible en Internet: <

URL:http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/revista_tec_avanzada/2010/numero2/03112010/16_articulo_juan_antonio_cont.pdf>

4. CONTROL DE MEDICAMENTOS ESPECIFICOS PARA LA ESTABILIDAD CARDIORESPIRATORIA DE UN PACIENTE

4.1 VARIABLES DE ENTRADA

4.1.1 Frecuencia Cardíaca. La frecuencia cardíaca, es decir, el número de latidos del corazón en un minuto, es regulado por varios elementos:

Mecanismos intrínsecos del corazón: son mecanismos de autoregulación, en los que – a grandes rasgos – si el corazón se llena más, también se vacía más.

Mecanismos extrínsecos: son principalmente el sistema nervioso (el sistema nervioso parasimpático “frena” el corazón, y el simpático lo “acelera”), bioquímicos (según la composición de la sangre) y mecánicos (relacionados, por ejemplo, con la tensión arterial). Durante la actividad física, la frecuencia cardíaca aumenta conforme aumenta el tiempo y la intensidad del ejercicio. Al llegar a un nivel determinado, el corazón no puede aumentar el número de pulsaciones porque si lo hiciera no le daría tiempo a llenarse adecuadamente, y es en este momento cuando se alcanza la frecuencia cardíaca máxima.

4.1.1.1 La “fórmula de Astrand”. La fórmula que más frecuentemente se utiliza para establecer la frecuencia cardíaca máxima de un sujeto se conoce como fórmula de Astrand, y se basa en restar la edad del individuo a 220. Por ejemplo, una persona de 40 años debería tener una frecuencia cardíaca máxima de 180 latidos por minuto. Sin embargo, al tratar de encontrar en los textos científicos la referencia de esta fórmula, la sorpresa estriba en que el propio Astrand reconoce que nunca la publicó... por lo que el término “fórmula de Astrand” debe cuestionarse. La primera referencia documentada de la fórmula de Fox data del año 1971, cuando S.M. Fox III realizó un estudio con (sólo) 35 pacientes, y concluyó que la fórmula $220 - \text{edad}$ podría definir una línea “no demasiado lejana” a los datos que había recogido, reconociendo la inexactitud de la fórmula universalmente utilizada desde entonces... Por lo tanto, la fórmula de Fox no parece ser muy fiable, de manera que los esfuerzos de los investigadores han continuado para ofrecer aproximaciones más exactas al cálculo teórico de la frecuencia cardíaca máxima. Probablemente la fórmula que resiste mejor el análisis crítico es la fórmula de Inbar, del año 1994, basada en la observación de 1.424 personas sanas de 20 a 70 años. Inbar estableció que la frecuencia cardíaca máxima puede estimarse con la fórmula $205.8 - 0.685(\text{edad})$. Volviendo al ejemplo, para una persona de 40 años la frecuencia cardíaca máxima sería $205.8 - 0.685 \times 40$, es decir, 178 latidos por minuto, con un error estimado (según

el propio Inbar) de ± 6.4 latidos. Es decir, que a pesar de utilizar la fórmula que actualmente se reconoce como la más fiable, nos movemos en un rango de error de 12 latidos (en el ejemplo anterior, entre 172 y 184 latidos por minuto)¹⁰.

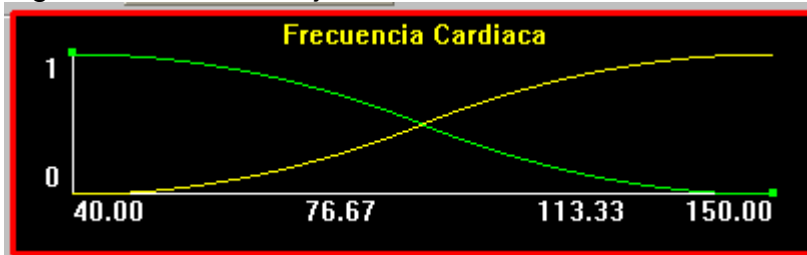
El rango que se empleó para la frecuencia cardiaca fue de 40 a 150 latidos por minuto teniendo en cuenta un rango bajo y alto.

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de entrada fueron dos:

- BAJO de tipo Z
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 4. Conjuntos difusos de la Frecuencia Cardiaca



Fuente: Autor

4.1.2 Frecuencia Respiratoria. Es el número de veces que una persona respira por minuto.

La frecuencia normal es de 12/14 a 20/22, ya que existe diversidad entre los diferentes autores, consideraremos normal una frecuencia que se encuentre entre 14 y 20 movs, por minuto.

➤ **Factores que alteran los valores de la FR**

Hay factores que hacen variar el número de respiraciones, entre ellas se encuentran:

- **El ejercicio:** la actividad muscular produce un aumento temporal de la frecuencia respiratoria.

¹⁰ Centrooberon. Frecuencia Cardiaca [en línea]. Bogotá. [citado 4 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.centrooberon.com/docs/oberon/FT67-medicina.pdf>

- **Actividad Sexual:** en la mujer la respiración tiende a ser más rápida que en el hombre.
- **La hemorragia:** aumenta la respiración.
- **La edad:** a medida que se desarrolla la persona la frecuencia respiratoria tiende a disminuir.

➤ **Frecuencia respiratoria normal por edad**

- Recién nacidos: alrededor de 30-45 respiraciones por minuto
- Niño: 25 – 30 respiraciones por minuto
- Pre Adolescente: 20-30 respiraciones por minuto
- Adolescente: 18-28 respiraciones por minuto
- Adulto: 12-20 respiraciones por minuto (hombre: 16 movimientos respiratorios, mujer: 18 movimientos respiratorios por minuto)
- Adultos a ejercicios moderados: 35–45 respiraciones por minuto

➤ **Características de la Frecuencia Respiratoria**

Debemos tener en cuenta al momento de valorar la frecuencia respiratoria, las siguientes características:

- **Frecuencia:** Es el número de respiraciones por minuto que presenta el paciente, intervalos entre los mismos.
- **Profundidad:** Hace referencia al volumen de aire que se mueve en cada respiración.
- **Ritmo:** Se refiere al tiempo de las inspiraciones y las espiraciones, puede ser regular o irregular.

➤ **Determinación de la Frecuencia Respiratoria**

La determinación consiste en precisar la cantidad de ciclos respiratorios que se producen en el término de un minuto, observando el tórax de la persona para apreciar la profundidad de sus movimientos. Para controlar la respiración, se debe contar los movimientos respiratorios (inspiración y espiración) como una sola respiración.

El método más usado para controlar la frecuencia respiratoria es por medio de la observación y palpación. Aunque en los servicios de cuidados intensivos y donde se necesita extremo monitoreo y precisión, se realiza por medio de la ventilación mecánica y el cable de ECG.

Cuando se cuenta la frecuencia respiratoria, conviene que la persona no se dé cuenta. Para esto se simula estar tomando el pulso, pero en realidad se está observando la respiración¹¹.

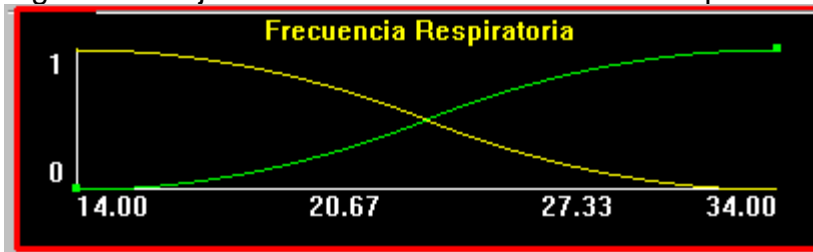
El rango que se empleó para la frecuencia respiratoria fue de 14 a 34 respiraciones por minuto teniendo en cuenta un rango bajo y alto.

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de entrada fueron dos:

- BAJO de tipo Z
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 5. Conjuntos difusos de la Frecuencia Respiratoria



Fuente. Autor

4.1.3 Peso. El Índice de Masa Corporal es un índice del peso de una persona en relación con su altura. A pesar de que no hace distinción entre los componentes grasos y no grasos de la masa corporal total, éste es el método más práctico para evaluar el grado de riesgo asociado con la obesidad.

Entre 25 y 30 se observa un aumento de riesgo. Los pacientes con este peso son considerados con "sobre peso" o "exceso de peso".

Entre 30 y 35 se considera "obesidad leve", entre 35 y 40 se considera "obesidad moderada".

Por encima de 40 se considera "obesidad mórbida".

¹¹ Todosobremedicina. Frecuencia Respiratoria [en línea]. Bogotá. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.todosobremedicina.com/2012/10/frecuencia-respiratoria/>

Bajo los 20 Kg/m² también se observa mayores índices de dolencias pulmonares y desnutrición. Están en esta lista, por ejemplo, quienes padecen de anorexia nerviosa.

El índice ideal, por tanto, se sitúa entre los 20 y 25 Kg/m²¹².

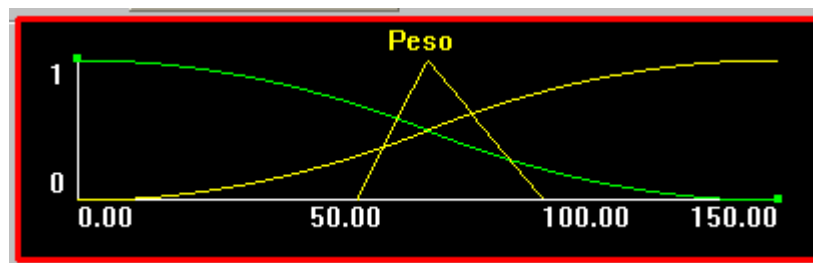
El rango que se empleó para el peso fue de 0 a 150 kg. Tomando como término medio un peso entre 55kg a 85kg.

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de entrada fueron tres:

- BAJO de tipo Z
- MEDIO de tipo Triangulo
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 6. Conjuntos difusos del Peso



Fuente Autor

4.1.4 Tensión Arterial

➤ Presión Arterial Diastólica (Pad)

La presión sanguínea es la fuerza que ejerce el pulso sanguíneo contra las paredes de las arterias. La presión que se registra entre cada latido cardiaco, cuando el corazón reposa, se conoce como diastólica y corresponde a la cifra más baja. La presión arterial alta (hipertensión) ocurre cuando aumenta la presión que ejerce la sangre contra las paredes arteriales. En una persona mayor de 18 años,

¹² Buena Salud. Calculadora del Índice de Masa Corporal. [en línea]. Bogotá. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.buenasalud.com/tools/bmicalc.cfm>>

se considera que la presión arterial es normal cuando es menor a 85 milímetros de mercurio (mmHg) y alta si es mayor a 90 mmHg.¹³

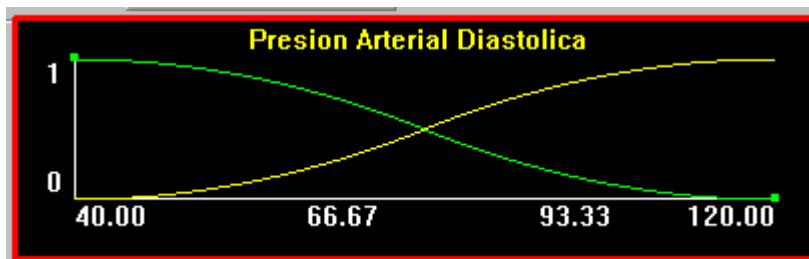
El rango que se empleó para la presión arterial diastólica fue de 40 a 120 mmHg.

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de entrada fueron dos:

- BAJO de tipo Z
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 7. Conjuntos difusos de la Presión Arterial Diastólica



Fuente. Autor

➤ **Presión Arterial Sistólica (Pas)**

La presión del latido cardiaco se denomina sistólica, y corresponde a la cifra más alta del registro de presión sanguínea. En una persona adulta, se considera que la presión arterial es normal cuando es menor a 135 mmHg y alta si es mayor a 150 mmHg.

Para el sistema de lógica difusa el rango que se empleó para la presión arterial sistólica fue de 80 a 150 mmHg.

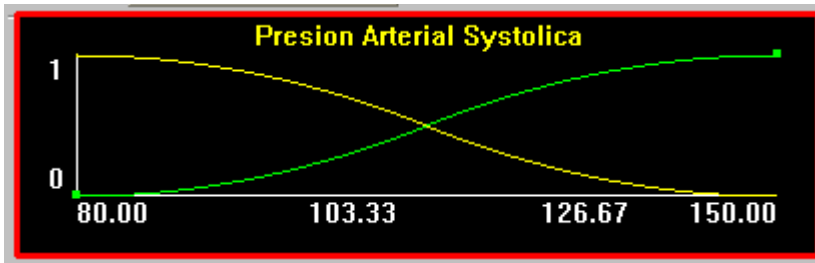
Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de entrada fueron dos:

- BAJO de tipo Z
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

¹³ MENDOZA, Roberto. Su médico de cabecera. México. Instituto Politécnico Nacional, 2010. p 83.

Figura 8. Conjuntos difusos de la Presión Arterial Sistólica



Fuente. Autor

4.2 VARIABLES DE SALIDA

Se tomaron como variables de salida DOSIS y FRECUENCIA las cuales están especificados por el diccionario medico llamado VADEMECUM, allí se encuentran específicamente explicadas todos los medicamentos existentes donde podemos encontrar la dosis y la frecuencia utilizada por los intensivistas en UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS, de allí partimos para generar las reglas de cada medicamento escogido los cuales son esenciales para la supervivencia del paciente entrante a la UCI.

Tabla 1. Vademecum Clonidina clorhidrato

Nombre Genérico	Clonidina clorhidrato
Nombre Comercial	C. Drawer; C. Larjan; Clonidural; Preparación magistral
Grupo	APARATO CARDIOVASCULAR
Subgrupo	HIPOTENSORES
Comentario de Acción Terapéutica	Antihipertensivo, agonista alfa 2-adrenérgico. Para sedación, dolor, prevención de síndrome de abstinencia de opiáceos.
Dosis	Hipertensión grave: 2 a 18 años: E.V.: 2-6 µg/kg dosis única día, máximo 300 µg; V.O.: inicial 0,5-1 µg/kg cada 8 hs e ir aumentando si fuese necesario hasta un máximo 25 µg/kg/día en dosis divididas (no exceder 1,2 mg/día) Sedación, dolor, prevención de síndrome de abstinencia de opiáceos: E.V.: inicial: 0,25 µg/kg/hora, aumentar de a 0,1 µg/kg/hora hasta lograr una adecuada sedación (en la mayoría de los niños debería observarse el efecto con 1 µg/kg/hora); V.O.: 1-3 µg/kg cada 8 hs, dosis máxima 5 µg/kg cada 8 hs. Ajustar la dosis con

	filtrado glomerular < 10 ml/min.
Vías de Aplicación	E.V. V.O.
Efectos Adversos	Dermatitis de contacto, eritema, prurito, constipación, náuseas, xerostomía, mareos, fatiga, somnolencia, sedación, depresión, retención de líquido, bradicardia, síndrome de Raynaud, cefalea.
Forma de Presentación	Ampollas de 1 ml: 0,150 mg/ml
Observación	Debe monitorearse la presión sanguínea y el pulso. No suspender abruptamente (crisis hipertensiva)

Fuente. VADEMECUM. Vademecum Enciclopedia Medica[en linea]. <URL: <http://www.vademecum.es/>>

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron tres:

- BAJO de tipo L
- MEDIO de tipo Triangulo
- ALTO de tipo L

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 9. Conjuntos difusos para la Dosis de la CLONIDINA



Fuente. Autor

Tabla 2. Vademecum Dobutamina Clorhidrato

Nombre Genérico	Dobutamina Clorhidrato
Nombre Comercial	Dobuject; D. Fabra; D. Gemepe; D. Richet; D. Scott-Cassarà; Dobutrex; Duvig; E.M.C.; Tamibud
Grupo	APARATO CARDIOVASCULAR
Subgrupo	DROGAS VASOACTIVAS
Comentario de Acción Terapéutica	Catecolamina sintética con actividad inotrópica. Acción selectiva sobre receptores β 1.
Dosis	2-20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{minuto}$ Dosis máxima en adultos: 40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{minuto}$
Vías de Aplicación	E.V.
Efectos Adversos	Ansiedad, confusión, debilidad, náuseas, vómitos, bradicardia refleja. Arritmias y taquicardia con altas dosis.

Forma de Presentación	F.A.: 250 mg
Observación	Para la administración E.V. diluir en solución fisiológica o dextrosa 5% con una concentración máxima de 5 mg/ml. La dilución es estable 24 hs. Incompatible con soluciones alcalinas. Compatible con: dopamina, adrenalina, vecuronio, isoproterenol y lidocaína. No administrar a pacientes con obstrucción dinámica de salida de ventrículo izquierdo. La coloración rosácea indica leve oxidación pero no pérdida de potencia

Fuente. VADEMECUM. Vademecum Enciclopedia Medica[en línea]. <URL: <http://www.vademecum.es/>>

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron tres:

- BAJO de tipo Z
- MEDIO de tipo Triangulo
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 10. Conjuntos difusos para la Dosis de la DOBUTAMINA



Fuente. Autor

Tabla 3. Vademecum Dopamina Clorhidrato

Nombre Genérico	Dopamina Clorhidrato
Nombre Comercial	D. Richmond; D. Ahimsa; D. Fabra; D. Northia; Dopatropín; Hettytropin; Inotropín; Megadose
Grupo	APARATO CARDIOVASCULAR
Subgrupo	DROGAS VASOACTIVAS
Comentario de Acción Terapéutica	Efecto inotrópico positivo. Aumenta flujos renal, coronario y cerebral. Incrementa la diuresis, dosis dependiente.
Dosis	2-20 µg/kg/minuto por infusión continua. Dosis máxima: 50 µg/kg/minuto.
Vías de Aplicación	E.V.
Efectos Adversos	Taquicardia, palpitaciones, hipotensión, vasoconstricción, cefalea, ansiedad, confusión, debilidad, náuseas, vómitos, disnea, midriasis.
Forma de Presentación	Ampollas: 100-200-250 mg Jeringa prellenada: 200 mg
Observación	Diluir con solución fisiológica o dextrosa 5 % para su administración. Incompatible con soluciones alcalinas. Los efectos cardíacos de la dopamina son antagonizados por los beta-bloqueantes y la vasoconstricción periférica causada por altas dosis de dopamina es antagonizada por bloqueantes alfa-adrenérgicos. La administración E.V de difenilhidantoína en pacientes que están recibiendo dopamina produce hipotensión y bradicardia.

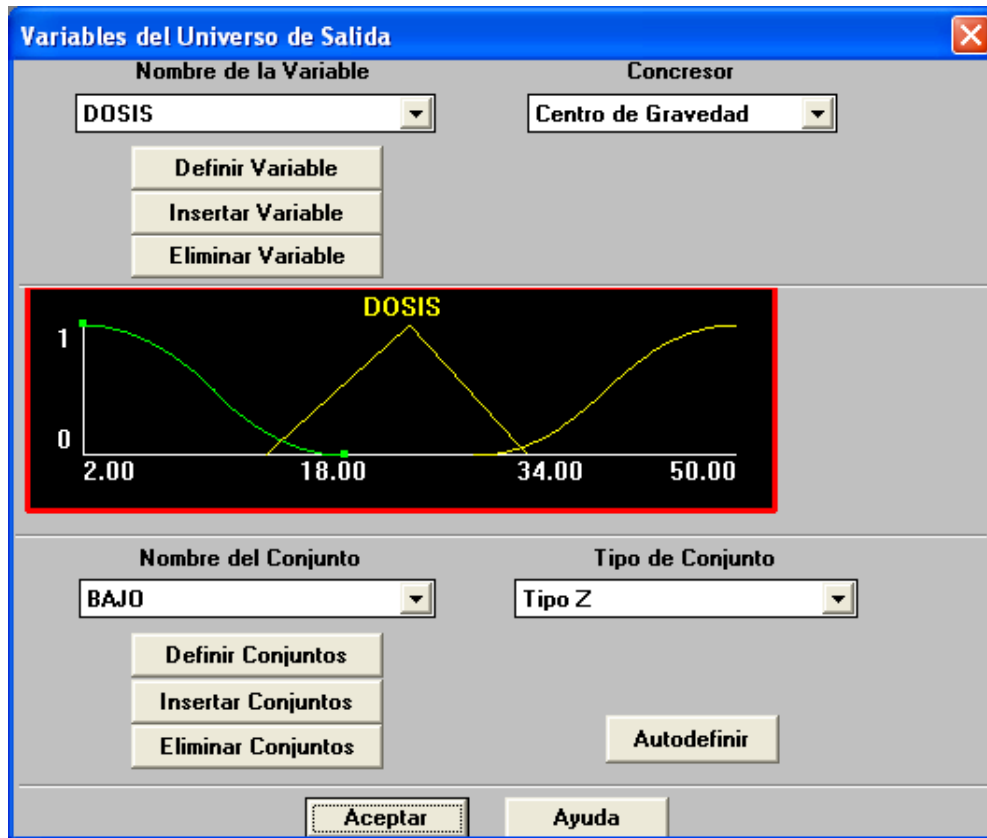
Fuente. VADEMECUM. Vademecum Enciclopedia Medica[en linea]. Bogotá: [citado 16 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.vademecum.es/>>

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron tres:

- BAJO de tipo Z
- MEDIO de tipo Triangulo
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 11. Conjuntos difusos para la Dosis de la DOPAMINA



Fuente. Autor

Tabla 4. Vademecum Noradrenalina

Nombre Genérico	Noradrenalina
Nombre Comercial	Fioritina; N. Biol; N. Richet; N. Northia
Grupo	APARATO CARDIOVASCULAR
Subgrupo	DROGAS VASOACTIVAS
Comentario de Acción Terapéutica	Simpaticomimético. Shock cardiogénico o séptico con hipotensión refractaria con baja resistencia periférica.
Dosis	0,05-1 µg/kg/minuto, dosis máxima: 2 µg/kg/min Adultos: iniciar 4 µg/minuto Infusión: 8-12 µg/minuto
Vias de Aplicación	E.V.
Efectos Adversos	Hipertensión
Forma de	Ampollas de 4 ml: 1 mg/ml

Presentación

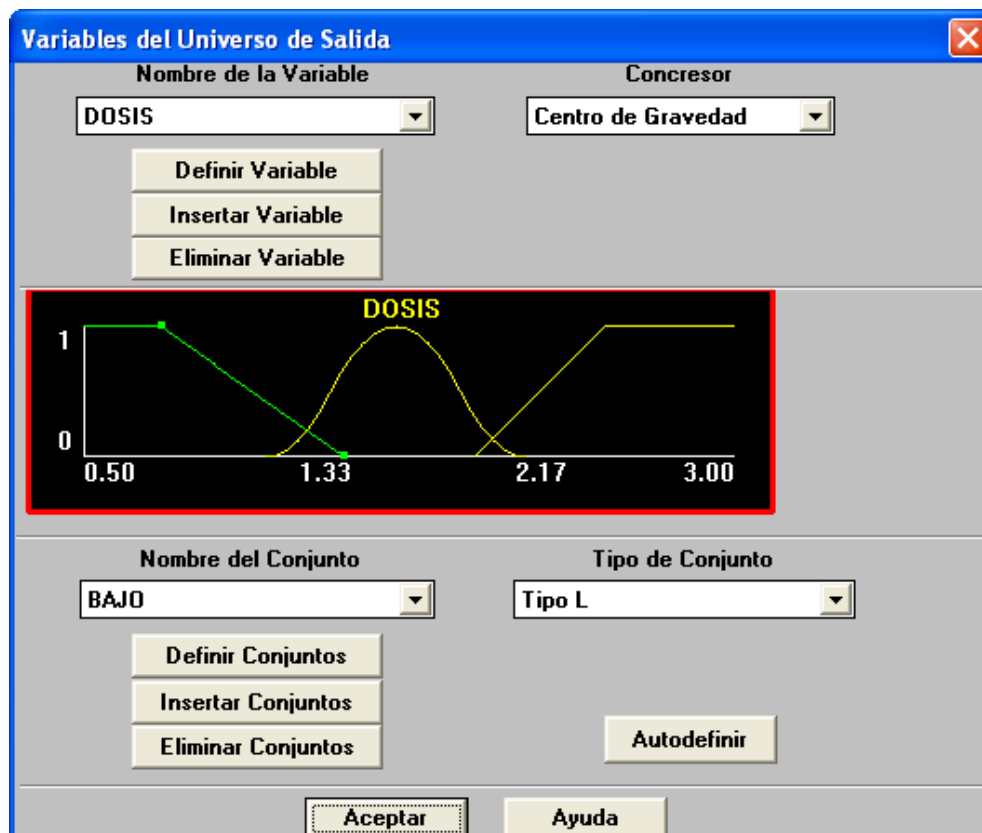
Fuente. VADEMECUM. Vademecum Enciclopedia Medica[en linea]. <URL: <http://www.vademecum.es/>>

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron tres:

- BAJO de tipo Z
- MEDIO de tipo Campana
- ALTO de tipo S

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 12. Conjuntos difusos para la Dosis de la NORADRENALINA



Fuente. Autor

Tabla 5. Vademecum Fentanilo Citrato

Nombre Genérico	Fentanilo Citrato
Nombre Comercial	Sublimaze; F. Astra; F. Richmond
Grupo	AGENTES UTILIZADOS EN ANESTESIA
Subgrupo	ANESTÉSICOS GENERALES
Comentario de Acción Terapéutica	Mecanismo de acción similar a la morfina. Coadyuvante de la anestesia general.
Dosis	1 - 12 años: 1 - 2 µg/kg/dosis, > 12 años y adultos: 0,5 - 1 µg/kg/dosis Intubación endotraqueal: 5-10 µg/kg Pacientes en A.R.M.: infusión continua: 1-2 µg/kg/hora. <u>Ver tabla de ajuste de dosis en I.R.</u>
Vías de Aplicación	E.V.
Efectos Adversos	Bradycardia, tórax rígido. <u>Ver apartado de Analgésicos opiáceos.</u>
Forma de Presentación	Ampollas: 0, 05 mg/ml
Observación	Uso exclusivo del especialista. Si pasa en goteo puro se debe proteger de la luz. Push: administrar en 3-5 minutos. La sobredosis puede ser tratada con naloxona. Equivalencia analgésica: 1 µg de fentanilo = 0,1 mg de morfina ¹⁴

Fuente. *VADEMECUM*. Vademecum Enciclopedia Medica[en línea]. <URL: <http://www.vademecum.es/>>

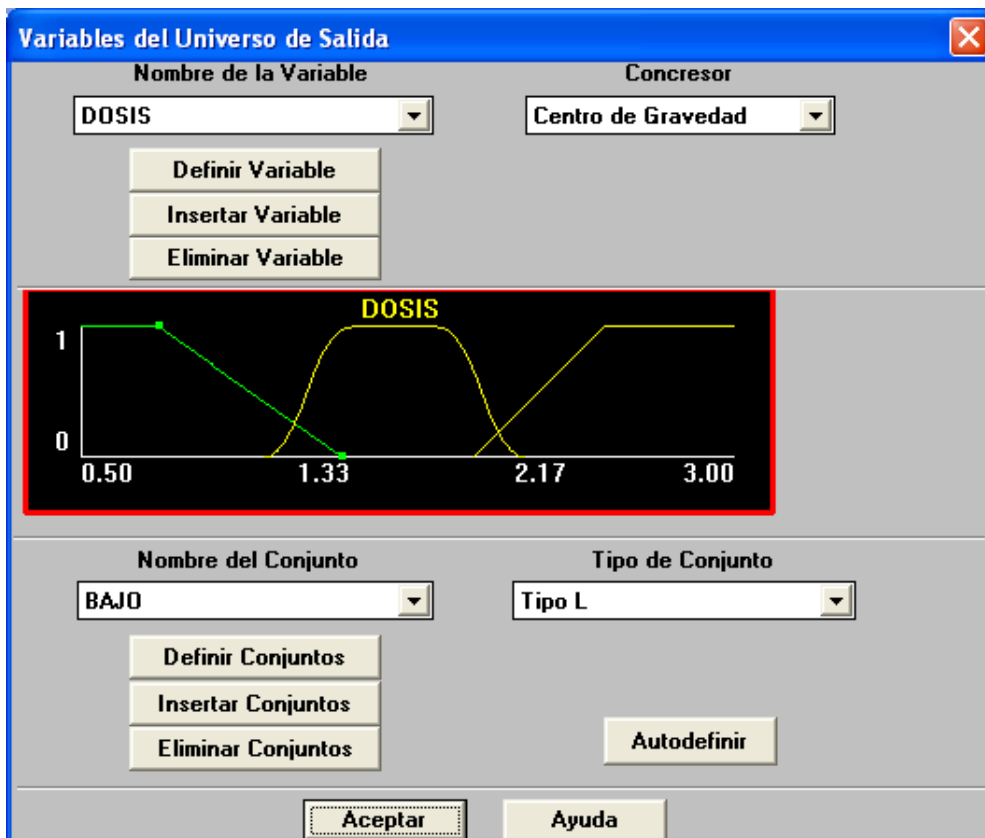
Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron tres:

¹⁴ HOSPITAL DE PEDIATRIA SAMIC. Vademecum [en línea]. Argentina. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.garrahan.gov.ar/vademecum/vademecum.php>>

- BAJO de tipo L
- MEDIO de tipo Pi-Campana
- ALTO de tipo L

Todas las variables de entrada, se analizaron por el difusor Singleton con un punto de evaluación por simplicidad y rapidez de cálculo.

Figura 13. Conjuntos difusos para la Dosis del FENTANILO

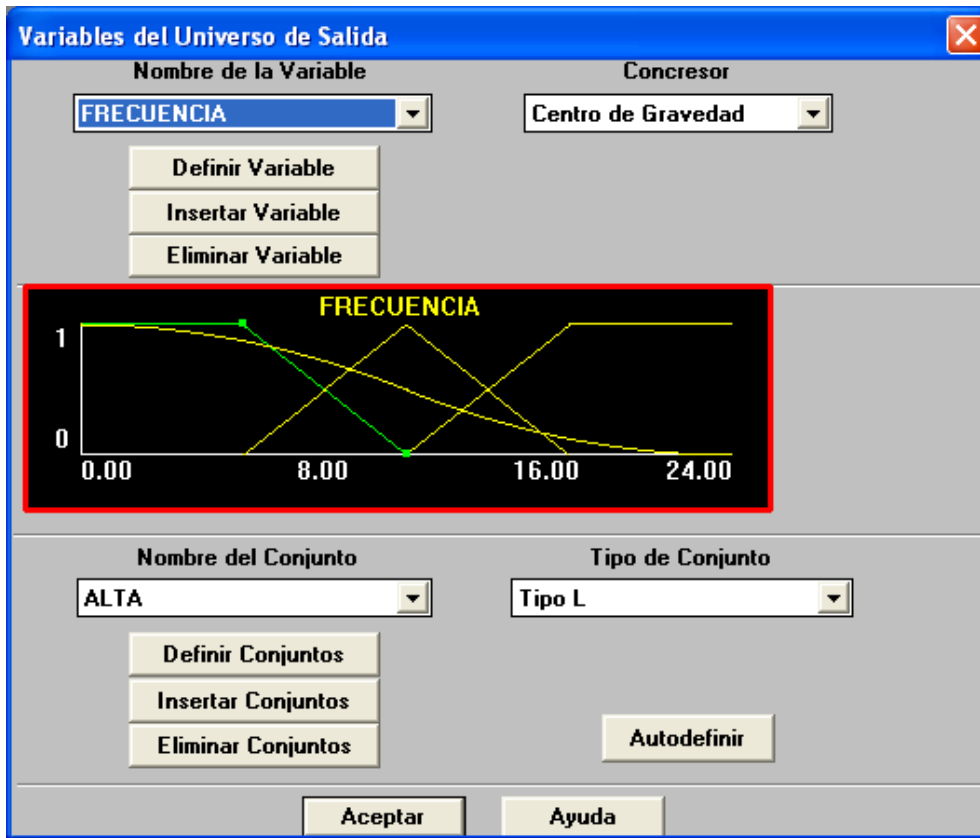


Fuente. Autor

Los conjuntos o números difusos utilizados para la variable de salida fueron cuatro:

- BAJO de tipo L
- MEDIO de tipo Pi-Campana
- ALTO de tipo L
- CONTINUO de tipo Z

Figura 14. Conjuntos difusos para la FRECUENCIA



Fuente. Autor

4.3 MOTOR DE INFERENCIA

El Motor de Inferencia recibe los p conjuntos difusos producidos por el Difusor, y los aplica a cada una de las m reglas de la Base de Reglas, para producir $m \times q$ Conjuntos Difusos (un conjunto difuso por cada variable de salida en cada una de las reglas) definidos sobre los Universos de las Variables Lingüísticas de salida.

La forma en que se define la función de pertenencia de cada uno de los $m \times q$ Conjuntos Difusos producidos es la siguiente:

Se supone que el Difusor produce p conjuntos difusos

$$Dif_1, Dif_2, \dots, Dif_p$$

Con funciones de pertenencia

$$\mu_{Dif_1}(x_1), \mu_{Dif_2}(x_2), \dots, \mu_{Dif_p}(x_p)$$

Además que la regla número i es de la forma

IF (entrada 1 es etiqueta e_{i1} **AND** ... **AND** entrada p es etiqueta e_{ip})
THEN (salida 1 es etiqueta f_{i1} **AND** ... **AND** salida q es etiqueta f_{iq})

En donde las etiquetas e_{ik} y f_{ik} tienen asociados los conjuntos difusos c_{ik} y d_{ij} respectivamente, cuyas funciones de pertenencia son

$$\mu_{c_{i1}}(x_1), \mu_{c_{i2}}(x_2), \dots, \mu_{c_{ip}}(x_p)$$

$$\mu_{d_{i1}}(y_1), \mu_{d_{i2}}(y_2), \dots, \mu_{d_{iq}}(y_q)$$

Se supone que el conjunto B_{ij} es uno de los $m \times q$ conjuntos difusos generados por el Motor de Inferencia, correspondiente a la regla i y a la variable de salida j . Dicho conjunto B_{ij} tendrá por función de pertenencia:

$$\mu_{B_{ij}}(y_j) = \text{composicion}(\mu_{Dif}(X), \mu_{Imp}(X, y_j))$$

$$\mu_{B_{ij}}(y_j) = \max_X(\mu_{Dif}(X) \otimes \mu_{Imp}(X, y_j))$$

En donde X corresponde a un vector de las P variables de entrada $[x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$; \otimes corresponde a un operador T-Norma, y $\mu_{Dif}(X)$, $\mu_{Imp}(X, y_j)$ se definen a continuación:

$$\mu_{Dif}(X) = \mu_{Dif_1}(x_1) \text{ AND } \dots \text{ AND } \mu_{Dif_p}(x_p)$$

$$\mu_{Imp}(X, y_j) = (\mu_{Antecedente}(X) \Rightarrow \mu_{Consecuente}(y_j))$$

$$\mu_{Antecedente}(X) = \mu_{c_{i1}}(x_1) \text{ AND } \dots \text{ AND } \mu_{c_{ip}}(x_p)$$

$$\mu_{Consecuente}(y_j) = \mu_{d_{ij}}(x_j)$$

En donde el operador *AND* corresponde a un operador T-Norma, y el operador \Rightarrow corresponde a una Implicación.

En caso de que la regla *i* incluya los modificadores $mod_{i1} \dots mod_{ip}$ para cada una de las etiquetas del antecedente el único cambio que debe hacerse para la determinación de las funciones de pertenencia es el siguiente:¹⁵

$$\mu_{Antecedente}(X) = (\mu_{c_{i1}}(x_1))^{mod_{i1}} \text{ AND } \dots \text{ AND } (\mu_{c_{ip}}(x_p))^{mod_{ip}}$$

➤ Implicación difusa

La evaluación de proposición condicional difusa genera una relación difusa que se denomina IMPLICACIÓN.

$V[\text{Si } p \text{ ENTONCES } q]$

Se representan con $V[p \rightarrow q]$

$V[p \rightarrow q]$ Genera una superficie multidimensional de m entradas más n salidas más uno. El control de medicamentos contiene cinco entradas y dos salidas por medicamento lo que nos resulta una superficie multidimensional de ocho dimensiones.

Para calcular las salidas, se emplean cortes (C_i) para las superficies multidimensional de n salidas más uno, es decir de siete dimensiones para la aplicación del control de medicamentos.

Las implicaciones más utilizadas son las siguientes:

¹⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sistema de lógica difusa [en línea]. Bogotá: [citado 29 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.ing.unal.edu.co/~ogduarte/Htextos/maestro/node20_mn.html>

➤ **Implicaciones Kleene - Dienes**

Genera la relación difusa R_b tomando como base la implicación clásica:

$$V [p \rightarrow q] = \neg p \vee q$$

Y por tanto

$$\neg p \vee q = \max[1 - p, q]$$

Utilizando la s-norma del máximo¹⁶.

➤ **Implicación Lukasiewicz**

Genera la relación difusa R_a tomando igualmente la implicación clásico, avaluando $\neg p \vee q$ con la s-normas: **min (1,1-p+q)** conocida como las suma acotada¹⁷.

Por tanto:

$$\neg p \vee q = \min[1, 1 - p + q]$$

➤ **Implicación Zadeh**

Genera la relación difusa R_m utilizando $V [p \rightarrow q] = (p \wedge q) \vee \neg p$ de la lógica clásica. De esa forma, con s-norma max y t-norma min.

$$(p \wedge q) \vee \neg p = \max[\min(p, q), 1 - p, q]$$

Verificación de $\neg p \vee q = (p \wedge q) \vee \neg p$ por¹⁸

➤ **Implicación Goguen**

Goguen propuso $V [p \rightarrow q] = \min [1, p/q]$ para satisfacer el requerimiento $p \wedge [p \rightarrow q] \leq q$ que se presenta en la lógica multivaluada¹⁹. Esto genera la relación difusa R_Δ :

$$V [p \rightarrow q] = \min[1, \frac{p}{q}]$$

¹⁶ I PEREZ, Gustavo. Notas del curso, Control II, Bogotá, 2013., p. 32

¹⁷ Ibid., p. 32.

¹⁸ Ibid., p. 33.

¹⁹ PEREZ, Gustavo. Notas del curso, Control II, Bogotá, 2013., p. 33.

➤ **Implicación Gödel**

Genera la relación difusa R_G :

$$\mu_{R_G}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \mu_B(y) & \text{si } \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases}$$

➤ **Implicación Aguda**

Aún más restrictiva que la de Gödel, genera la relación R_S por medio de:

$$\mu_{R_S}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ 0 & \text{si } \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases}$$

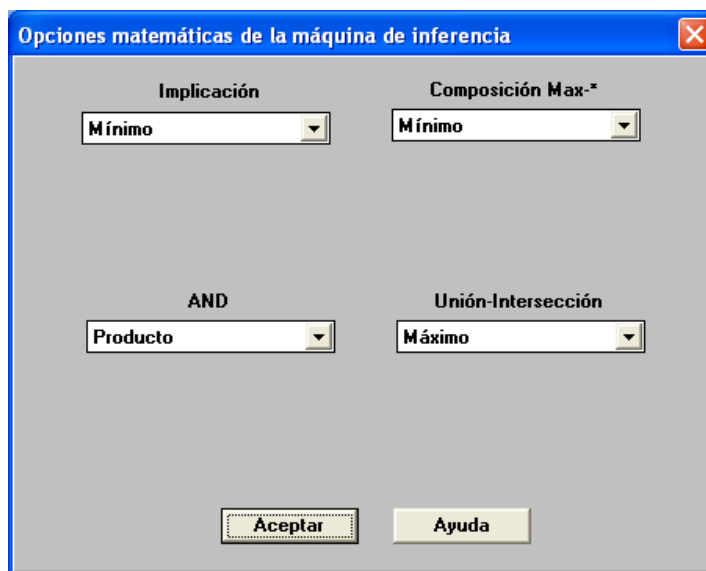
➤ **Implicación Mínimo o Mandani**

Genera la relación difusa R_C y es la implicación más popular²⁰.

$$\mu_{R_C}(x, y) = \min [\mu_A(x), \mu_B(y)]$$

Se tomaron las siguientes implicaciones y tipos de productos para cada medicamento:

Figura 15. Motor de Inferencia CLONIDINA



Fuente. Autor

²⁰ PEREZ, Gustavo. Notas del curso, Control II, Bogotá, 2013., p. 35.

Figura 16. Motor de Inferencia DOBUTAMINA

Opciones matemáticas de la máquina de inferencia

Implicación: Producto

Composición Max-*: Mínimo

AND: Producto

Unión-Intersección: Máximo

Aceptar Ayuda

Fuente. Autor

Figura 17. Motor de Inferencia DOPAMINA

Opciones matemáticas de la máquina de inferencia

Implicación: Producto

Composición Max-*: Producto Acotado

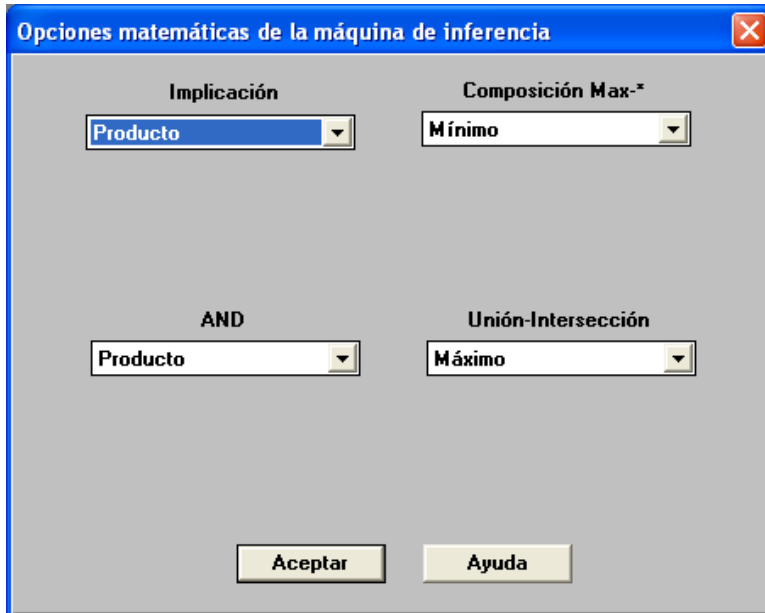
AND: Producto

Unión-Intersección: Máximo

Aceptar Ayuda

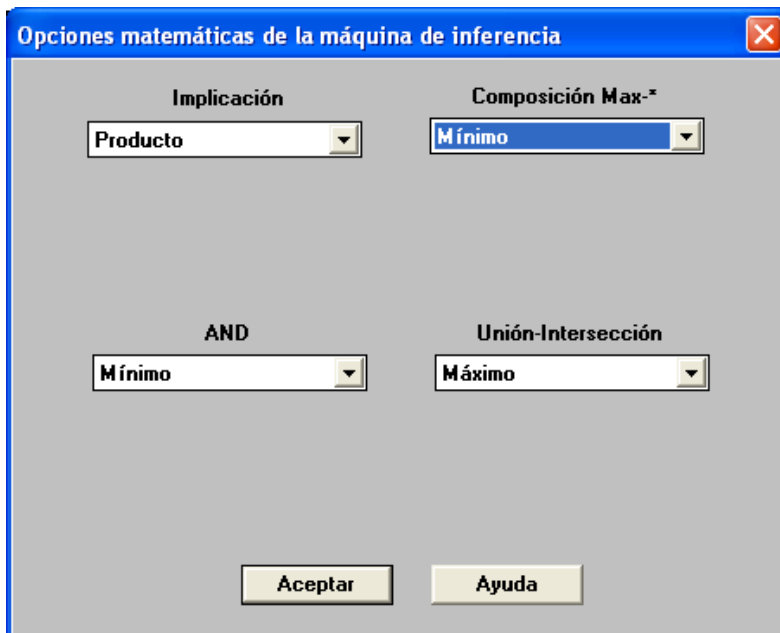
Fuente. Autor

Figura 18. Motor de Inferencia NORADRENALINA



Fuente. Autor

Figura 19. Motor de Inferencia FENTANILO



Fuente. Autor

4.4 BASE DE REGLAS

Reglas IF-THEN difusas:

Una regla IF-THEN difusa es de la forma

IF x is A THEN y is B

En la cual A y B son variables lingüísticas definidas por sets difusos en los universos X e Y. La parte IF x is A es llamada el antecedente o premisa, mientras la parte THEN y is B es la consecuencia o conclusión²¹.

Las 48 reglas se analizaron de la siguiente manera:

C	Continuo
N	Normal
B	Bajo
M	Medio
A	Alto

²¹ PROFESORES. Sistema de lógica difusa [en línea]. Bogotá: [citado noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20la%20Logica%20Difusa.pdf>>

Tabla 6. Base de Reglas para la DOBUTAMINA

DOBUTAMINA							
	Diastolica	Peso	F. Respiratoria	F. Cardiaca	Sistolica	DOSIS	FRECUENCIA
1	B	B	B	B	B	A	C
2	B	B	B	B	A	A	C
3	B	B	B	A	B	B	C
4	B	B	B	A	A	B	C
5	B	B	A	B	B	B	C
6	B	B	A	B	A	B	C
7	B	B	A	A	B	B	C
8	B	B	A	A	A	B	C
9	B	N	B	B	B	A	C
10	B	N	B	B	A	A	C
11	B	N	B	A	B	A	C
12	B	N	B	A	A	A	C
13	B	N	A	B	B	N	C
14	B	N	A	B	A	N	C
15	B	N	A	A	B	N	C
16	B	N	A	A	A	N	C
17	B	A	B	B	B	B	C
18	B	A	B	B	A	B	C
19	B	A	B	A	B	B	C
20	B	A	B	A	A	B	C
21	B	A	A	B	B	B	C
22	B	A	A	B	A	B	C
23	B	A	A	A	B	B	C
24	B	A	A	A	A	B	C
25	A	B	B	B	B	A	C
26	A	B	B	B	A	A	C
27	A	B	B	A	B	A	C
28	A	B	B	A	A	A	C
29	A	B	A	B	B	B	C
30	A	B	A	B	A	B	C
31	A	B	A	A	B	B	C
32	A	B	A	A	A	B	C
33	A	N	B	B	B	A	C
34	A	N	B	B	A	A	C
35	A	N	B	A	B	A	C
36	A	N	B	A	A	A	C
37	A	N	A	B	B	N	C
38	A	N	A	B	A	N	C
39	A	N	A	A	B	N	C
40	A	N	A	A	A	N	C
41	A	A	B	B	B	B	C
42	A	A	B	B	A	B	C
43	A	A	B	A	B	B	C
44	A	A	B	A	A	B	C
45	A	A	A	B	B	N	C
46	A	A	A	B	A	N	C
47	A	A	A	A	B	B	C
48	A	A	A	A	A	B	C

Fuente. Autor

Tabla 7. Base de Reglas para la FENTANILO

FENTANILO							
	Diastolica	Peso	F. Respiratoria	F. Cardiaca	Sistolica	DOSIS	FRECUENCIA
1	B	B	B	B	B	B	B
2	B	B	B	B	A	B	B
3	B	B	B	A	B	N	B
4	B	B	B	A	A	N	B
5	B	B	A	B	B	B	A
6	B	B	A	B	A	B	A
7	B	B	A	A	B	N	M
8	B	B	A	A	A	N	M
9	B	N	B	B	B	B	B
10	B	N	B	B	A	B	B
11	B	N	B	A	B	N	B
12	B	N	B	A	A	N	B
13	B	N	A	B	B	B	A
14	B	N	A	B	A	B	A
15	B	N	A	A	B	N	M
16	B	N	A	A	A	N	M
17	B	A	B	B	B	B	B
18	B	A	B	B	A	B	B
19	B	A	B	A	B	A	B
20	B	A	B	A	A	A	B
21	B	A	A	B	B	B	A
22	B	A	A	B	A	B	A
23	B	A	A	A	B	A	M
24	B	A	A	A	A	A	M
25	A	B	B	B	B	B	B
26	A	B	B	B	A	B	B
27	A	B	B	A	B	N	B
28	A	B	B	A	A	N	B
29	A	B	A	B	B	B	A
30	A	B	A	B	A	B	A
31	A	B	A	A	B	N	M
32	A	B	A	A	A	N	M
33	A	N	B	B	B	B	B
34	A	N	B	B	A	B	B
35	A	N	B	A	B	N	B
36	A	N	B	A	A	N	B
37	A	N	A	B	B	B	A
38	A	N	A	B	A	B	A
39	A	N	A	A	B	N	M
40	A	N	A	A	A	N	M
41	A	A	B	B	B	B	B
42	A	A	B	B	A	B	B
43	A	A	B	A	B	A	B
44	A	A	B	A	A	A	B
45	A	A	A	B	B	B	A
46	A	A	A	B	A	B	A
47	A	A	A	A	B	A	M
48	A	A	A	A	A	A	M

Fuente. Autor

Tabla 8. Base de Reglas para la NORADRENALINA

NORADRENALINA O NOREPINEFRINA							
	Diastolica	Peso	F. Respiratoria	F. Cardiaca	Sistolica	DOSIS	FRECUENCIA
1	B	B	B	B	B	A	B
2	B	B	B	B	A	B	B
3	B	B	B	A	B	N	M
4	B	B	B	A	A	N	M
5	B	B	A	B	B	B	B
6	B	B	A	B	A	B	B
7	B	B	A	A	B	N	M
8	B	B	A	A	A	B	M
9	B	N	B	B	B	A	B
10	B	N	B	B	A	B	B
11	B	N	B	A	B	N	M
12	B	N	B	A	A	N	M
13	B	N	A	B	B	B	B
14	B	N	A	B	A	B	B
15	B	N	A	A	B	N	M
16	B	N	A	A	A	B	M
17	B	A	B	B	B	A	B
18	B	A	B	B	A	B	B
19	B	A	B	A	B	N	M
20	B	A	B	A	A	N	M
21	B	A	A	B	B	B	B
22	B	A	A	B	A	B	B
23	B	A	A	A	B	N	M
24	B	A	A	A	A	B	M
25	A	B	B	B	B	A	B
26	A	B	B	B	A	B	B
27	A	B	B	A	B	N	M
28	A	B	B	A	A	N	M
29	A	B	A	B	B	B	B
30	A	B	A	B	A	B	B
31	A	B	A	A	B	N	M
32	A	B	A	A	A	B	M
33	A	N	B	B	B	A	B
34	A	N	B	B	A	B	B
35	A	N	B	A	B	N	M
36	A	N	B	A	A	N	M
37	A	N	A	B	B	B	B
38	A	N	A	B	A	B	B
39	A	N	A	A	B	N	M
40	A	N	A	A	A	B	M
41	A	A	B	B	B	A	B
42	A	A	B	B	A	B	B
43	A	A	B	A	B	N	M
44	A	A	B	A	A	N	M
45	A	A	A	B	B	B	B
46	A	A	A	B	A	B	B
47	A	A	A	A	B	N	M
48	A	A	A	A	A	B	M

Fuente. Autor

Tabla 9. Base de Reglas para la DOPAMINA

DOPAMINA							
	Diastolica	Peso	F. Respiratoria	F. Cardiaca	Sistolica	DOSIS	FRECUENCIA
1	B	B	B	B	B	B	C
2	B	B	B	B	A	N	C
3	B	B	B	A	B	B	C
4	B	B	B	A	A	B	C
5	B	B	A	B	B	A	C
6	B	B	A	B	A	N	C
7	B	B	A	A	B	B	C
8	B	B	A	A	A	N	C
9	B	N	B	B	B	B	C
10	B	N	B	B	A	N	C
11	B	N	B	A	B	B	C
12	B	N	B	A	A	B	C
13	B	N	A	B	B	A	C
14	B	N	A	B	A	N	C
15	B	N	A	A	B	B	C
16	B	N	A	A	A	N	C
17	B	A	B	B	B	B	C
18	B	A	B	B	A	N	C
19	B	A	B	A	B	B	C
20	B	A	B	A	A	B	C
21	B	A	A	B	B	A	C
22	B	A	A	B	A	N	C
23	B	A	A	A	B	B	C
24	B	A	A	A	A	N	C
25	A	B	B	B	B	B	C
26	A	B	B	B	A	N	C
27	A	B	B	A	B	B	C
28	A	B	B	A	A	B	C
29	A	B	A	B	B	A	C
30	A	B	A	B	A	N	C
31	A	B	A	A	B	B	C
32	A	B	A	A	A	N	C
33	A	N	B	B	B	B	C
34	A	N	B	B	A	N	C
35	A	N	B	A	B	B	C
36	A	N	B	A	A	B	C
37	A	N	A	B	B	A	C
38	A	N	A	B	A	N	C
39	A	N	A	A	B	B	C
40	A	N	A	A	A	N	C
41	A	A	B	B	B	B	C
42	A	A	B	B	A	N	C
43	A	A	B	A	B	B	C
44	A	A	B	A	A	B	C
45	A	A	A	B	B	A	C
46	A	A	A	B	A	N	C
47	A	A	A	A	B	B	C
48	A	A	A	A	A	N	C

Fuente. Autor

Tabla 10. Base de Reglas para la CLONIDINA

CLONIDINA							
	Diastolica	Peso	F. Respiratoria	F. Cardiaca	Sistolica	DOSIS	FRECUENCIA
1	B	B	B	B	B	B	B
2	B	B	B	B	A	N	B
3	B	B	B	A	B	B	M
4	B	B	B	A	A	N	M
5	B	B	A	B	B	B	B
6	B	B	A	B	A	N	B
7	B	B	A	A	B	A	M
8	B	B	A	A	A	A	M
9	B	N	B	B	B	B	B
10	B	N	B	B	A	N	B
11	B	N	B	A	B	B	M
12	B	N	B	A	A	N	M
13	B	N	A	B	B	B	B
14	B	N	A	B	A	N	B
15	B	N	A	A	B	A	M
16	B	N	A	A	A	A	M
17	B	A	B	B	B	B	B
18	B	A	B	B	A	N	B
19	B	A	B	A	B	B	M
20	B	A	B	A	A	N	M
21	B	A	A	B	B	B	B
22	B	A	A	B	A	N	B
23	B	A	A	A	B	A	M
24	B	A	A	A	A	A	M
25	A	B	B	B	B	B	B
26	A	B	B	B	A	N	B
27	A	B	B	A	B	B	M
28	A	B	B	A	A	N	M
29	A	B	A	B	B	B	B
30	A	B	A	B	A	N	B
31	A	B	A	A	B	A	M
32	A	B	A	A	A	A	M
33	A	N	B	B	B	B	B
34	A	N	B	B	A	N	B
35	A	N	B	A	B	B	M
36	A	N	B	A	A	N	M
37	A	N	A	B	B	B	B
38	A	N	A	B	A	N	B
39	A	N	A	A	B	A	M
40	A	N	A	A	A	A	M
41	A	A	B	B	B	B	B
42	A	A	B	B	A	N	B
43	A	A	B	A	B	B	M
44	A	A	B	A	A	N	M
45	A	A	A	B	B	B	B
46	A	A	A	B	A	N	B
47	A	A	A	A	B	A	M
48	A	A	A	A	A	A	M

Fuente. Autor

4.5 PRUEBAS

Para comprobar el control de medicamentos se especificó un caso en particular para un paciente de prioridad tipo 1 con las siguientes características:

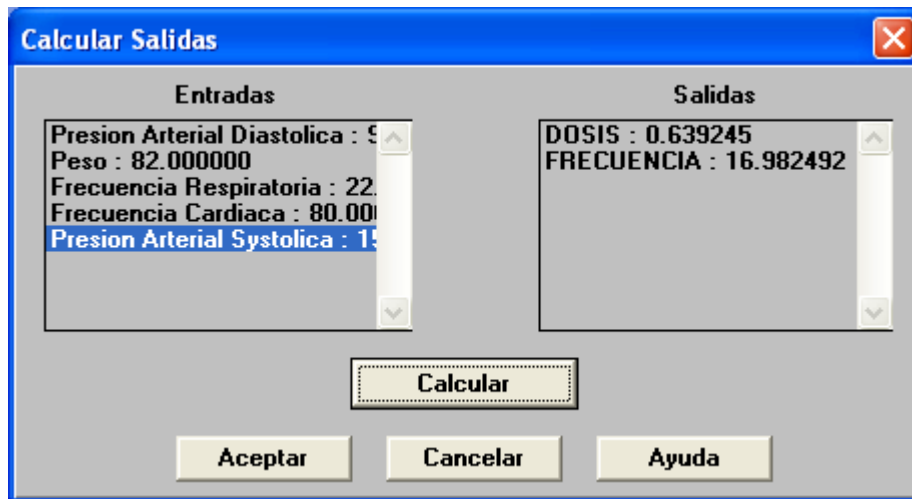
➤ Prueba con Paciente

Entradas:

- Peso: 82 kg
- Estatura: 1,60 m
- Presión Arterial Sistólica: 150mmHg
- Presión Arterial Diastólica: 98mmHg
- Edad: 65 años
- Frecuencia Respiratoria: 22 resp/min
- Frecuencia Cardíaca: 80 latidos/min

Calculo de las salidas:

Figura 20. Clonidina



The screenshot shows a software window titled "Calcular Salidas" with a close button in the top right corner. The window is divided into two main sections: "Entradas" (Inputs) and "Salidas" (Outputs). The "Entradas" section contains a list of input values: "Presion Arterial Diastolica : 98", "Peso : 82.000000", "Frecuencia Respiratoria : 22", "Frecuencia Cardíaca : 80.00", and "Presion Arterial Systolica : 150". The "Salidas" section contains the calculated results: "DOSIS : 0.639245" and "FRECUENCIA : 16.982492". Below the input and output lists is a "Calcular" button, and at the bottom of the window are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

Entradas	Salidas
Presion Arterial Diastolica : 98	DOSIS : 0.639245
Peso : 82.000000	FRECUENCIA : 16.982492
Frecuencia Respiratoria : 22	
Frecuencia Cardíaca : 80.00	
Presion Arterial Systolica : 150	

Fuente. Autor

DOSIS: 0.63 ug/Kg/dosis
Frecuencia: Cada 16 h

Figura 21. Dobutamina

Entradas	Salidas
Presion Arterial Diastolica : 9	DOSIS : 25.868488
Peso : 82.000000	FRECUENCIA : 6.976048
Frecuencia Respiratoria : 22	
Frecuencia Cardiaca : 80.00	
Presion Arterial Systolica : 15	

Fuente. Autor

DOSIS: 25.86 ug/Kg/Min
FERCUENCIA: 6 HORAS POR INFUSION CONTINUA

Figura 22. Dopamina

Entradas	Salidas
Presion Arterial Diastolica : 9	DOSIS : 22.344755
Peso : 82.000000	FRECUENCIA : 6.976050
Frecuencia Respiratoria : 22	
Frecuencia Cardiaca : 80.00	
Presion Arterial Systolica : 15	

Fuente. Autor

DOSIS: 22.34 ug/Kg/Min
FERCUENCIA: 6 HORAS POR INFUSION CONTINUA

Figura 23. Noradrenalina

Calcular Salidas

Entradas	Salidas
Presion Arterial Diastolica : 8	DOSIS : 1.067997
Peso : 82.000000	FRECUENCIA : 17.893410
Frecuencia Respiratoria : 22	
Frecuencia Cardiaca : 80.00	
Presion Arterial Systolica : 15	

Calcular

Aceptar **Cancelar** **Ayuda**

Fuente. Autor

DOSIS: 1.06 ug/Kg/Min
FERCUENCIA: CADA 17 HORAS

Figura 24. Fentanilo

Calcular Salidas

Entradas	Salidas
Presion Arterial Diastolica : 9	DOSIS : 1.461936
Peso : 82.000000	FRECUENCIA : 14.567651
Frecuencia Respiratoria : 22	
Frecuencia Cardiaca : 80.00	
Presion Arterial Systolica : 15	

Calcular

Aceptar **Cancelar** **Ayuda**

Fuente. Autor

DOSIS: 1.46 ug/Kg/Dosis por Entubación Endotraqueal
FERCUENCIA: CADA 14 HORAS

5. CONCLUSIONES

Se plasmaron objetivos fundamentales para la realización del proyecto lo que conlleva al estudio de la Unidad de Cuidados intensivos y obtener parámetros para poder formular un prototipo de control difuso manipulando los medicamentos esenciales para la reanimación y estabilidad de un paciente en una condición de tipo 1 y tipo 2 los cuales tienen riesgo inminente de muerte.

Al realizar un estudio más detallado sobre los medicamentos la lógica difusa puede abarcar el tema pero no con la precisión que podría tomar un especialista en el tema, se encontró que la administración de medicamentos se realiza de acuerdo a factores importantes como lo son: tensión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y peso. Hallamos también que la estabilidad depende de una red de muchos sistemas difusos, aquí presentamos los cinco esenciales para la reanimación cardiorrespiratoria de un paciente, donde se encontró que el suministro de acuerdo a unas reglas se debe hacer constante para unos medicamentos y por intervalos de tiempo para otros.

Se pretende proseguir con el estudio para formular un proyecto de magnitud con estándares de calidad para presentar como alternativa e involucrarlo en el campo de la telemedicina ya que la implementación de un sistema difuso se pueden obtener mejores y más precisos resultados que un sistema clásico, dando así la oportunidad de inaugurar una unidad de cuidados intensivos a distancia controlada por un sistema difuso.

BIBLIOGRAFIA

APUNTESAUXILIARENFERMERIA. Unidad de Cuidados Intensivos [en línea]. Bogotá: [citado 9 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: <http://apuntesauxiliarenfermeria.blogspot.com/2011/01/la-unidad-de-cuidados-intensivosuci.html> >

BUENA SALUD. Calculadora del Índice de Masa Corporal. [en línea]. Bogotá. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.buenasalud.com/tools/bmicalc.cfm> >

CATARINA. Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: Udlpa [citado 4 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL:

CENTROOBERON. Frecuencia Cardíaca [en línea]. Bogotá. [citado 4 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.centrooberon.com/docs/oberon/FT67-medicina.pdf>

DIETAS.NET. Calculo de índice de masa corporal [en línea]. Cartagena [citado 22 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/calculo-del-indice-de-masa-corporal/> >

GUNT HAMBURG. Sistema de Lógica Difusa [en línea]. Bogotá: [citado 8 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.gunt.de/download/fuzzy_control_spanish.pdf >

HOSPITAL DE PEDIATRIA SAMIC. Vademecum [en línea]. Argentina. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.garrahan.gov.ar/vademecum/vademecum.php> >

HOSPITAL LA VICTORIA. PROTOCOLO VIGENTE EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL LA VICTORIA. ATENCIÓN Y CUIDADOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD Y HOSPITALIZACIÓN HOSPITAL LA VICTORIA. [en línea]. Bogotá: [citado 15 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.esevictoria.gov.co/sitio2/Guias_Protocolos/HOSPITALIZACION/CRONICOS/INGRESO,%20EGRESO%20Y%20SELECCION%20UCI.pdf >

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/ramirez_r_o/capitulo3.pdf >

MARTÍNEZ DELGADILLO, Alexander. Dialogo con Médico de Clínica CAFAM y Hospital San Rafael, Anestesiólogo, 3 años de experiencia en UCI.

MENDOZA, Roberto. Su médico de cabecera. México. Instituto Politécnico Nacional, 2010. p 83.

PEREZ, Gustavo. Notas del curso, Control II, Bogotá, 2013.

TODOSOBREMEDICINA. Frecuencia Respiratoria [en línea]. Bogotá. [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.todosobremedicina.com/2012/10/frecuencia-respiratoria/>

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. La UCI [en línea]. Medellín: [citado 7 agosto, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/42/3/03_Contentido.pdf

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. CLASIFICADOR DIFUSO PARA DIAGNÓSTICO DEL MAL DE PARKINSON VÍA TELEFÓNICA [en línea]. Pamplona: [citado 21 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/revista_tec_avanzada/2010/numero2/03112010/16_articulo_juan_antonio_cont.pdf>

UNIVERSIDAD JAVERIANA. TELEMEDICINA: LA SALUD DEL FUTURO [en línea]. Bogotá [citado 21 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x_imprimir.php?id=29452>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sistema de lógica difusa [en línea]. Bogotá: [citado 29 octubre, 2013]. Disponible en Internet: < URL: http://www.ing.unal.edu.co/~ogduarte/Htextos/maestro/node20_mn.html>