

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

METODOS DE APRENDIZAJE DE MAQUINA PARA LA DETECCION DE ARRITMIAS CARDIACAS EN TIEMPO REAL

Estudiante: Jorge Humberto Gallego Orrego **Cédula:** 1037605813
Teléfono(s): 3128865530 **Id:** 000122441
E-mail: gallego155@gmail.com **Programa:** Ingeniería Electrónica

Estudiante: Carlos Andrés Rodríguez
Londoño **Cédula:** 1152439186
Teléfono(s): 3147533593 **Id:** 000145149
E-mail: candresrodiguez@hotmail.com **Programa:** Ingeniería Electrónica

Director: Ivan Dario Mora Orozco **Cédula:** 71642885
Teléfono(s): 4488388 ext. 14092 **Id:** 000007411
E-mail: ivan.mora@upb.edu.co **Programa:** Ingeniería Electrónica

Asesor: Andrés Felipe Orozco Duque **Cédula:** 71214302
Teléfono(s): 4488388 ext. 12401 **Id:** 000006754
E-mail: andres.orozco@upb.edu.co **Programa:** Ingeniería electrónica

Grupo de investigación Automática y Diseño A+D
Universidad Pontificia Bolivariana

Grupo de investigación Dinámica Cardiovascular
Universidad Pontificia Bolivariana

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
MEDELLIN-ANTIOQUIA
JULIO 2012

TABLA DE CONTENIDOS

1. Participantes.	3
1.1 Datos de los estudiantes	
1.2 Datos del director	
1.3 Datos del asesor	
1.4 Datos del grupo de investigación 1	
1.5 Datos del grupo de investigación 2	
2. Glosario	4
3. Modalidad	4
4. Tema del proyecto	5
4.1 Descripción	
4.2 Dedicación del proyecto	
4.3 Áreas a trabajar	
5. Justificación y beneficios	5
6. Objetivos	6
6.1 Objetivo general	
6.2 Objetivos específicos	
7. Marco teórico y estado del arte	6
7.1 Origen de la idea	
7.2 Estado del arte	
7.2.1 Aprendizaje de maquina	
7.2.1.1 Aprendizaje no supervisado	
7.2.1.2 Aprendizaje supervisado	
8. Productos esperados	13
9. Alcances	13
10. Metodología	13
11. Tabla preliminar de contenidos	15
12. Recursos, materiales y presupuesto	16
13. Financiación	17
14. Cronograma y dedicación	18
15. Referencias bibliográficas	19
16. Propiedad intelectual y destinación del proyecto	19
17. Anexos	20

METODOS DE APRENDIZAJE DE MAQUINA PARA LA DETECCION DE ARRITMIAS CARDIACAS EN TIEMPO REAL

1. PARTICIPANTES

1.1 Datos de los estudiantes

Nombre: Jorge Humberto Gallego Orrego

Facultad: Ingeniería electrónica

Fecha terminación de cursos: Junio de 2013

Nombre: Carlos Andrés Rodríguez Londoño

Facultad: Ingeniería electrónica

Fecha terminación de cursos: Diciembre de 2013

1.2 Datos del Director

Nombre: Iván Darío Mora Orozco

Facultad/Institución: Ingeniería Eléctrica y Electrónica/ UPB

Título(s): ingeniero electrónico – especialista en automática -

Magister en ingeniería énfasis automática UPB.

Fecha terminación pregrado: 1994.

Fecha de terminación de posgrado: 2007

1.3 Datos del Asesor:

Nombre: Andrés Felipe Orozco Duque

Facultad/Institución/Empresa: UPB

Título(s): Ingeniero Electrónico y especialista en ingeniería biomédica

Fecha terminación pregrado: 2002

Fecha terminación postgrado: 2009

1.4 Datos del Grupo de Investigación 1

Nombre: Grupo de Automática y diseño A+D

Facultad: Ingeniería Eléctrica y Electrónica – Ingeniería Mecánica

1.5 Datos del Grupo de Investigación 2:

Nombre: Grupo de Investigación en Dinámica Cardiovascular

Facultad: Ingeniería Electrónica

2. GLORASIO

Arritmia: Es una desviación o perturbación del ritmo sinusal normal.

ECG: grafica de trazado que representa la actividad eléctrica del corazón en función del tiempo (Goya, 2009)

Bradicardia: ritmo cardiaco lento y regular, normalmente de menos de 60 latidos por minuto. A esta frecuencia el corazón no puede bombear suficiente sangre con altos niveles de oxígeno al cuerpo (Medtronic, 2010)

Taquicardia: Ritmo cardiaco acelerado o irregular normalmente de más de 100 latidos por minuto y hasta 400 latidos por minuto. (Medtronic, 2010)

Fibrilación Ventricular (FV): Es un tipo de arritmia caracterizada por una frecuencia cardiaca muy rápida y la ausencia total de contracciones eficaces de los ventrículos lo que provoca que no llegue sangre a los órganos vitales. (Ormaechea, 2010)

Nodo Sinusal (SA): es un conjunto de células marcapasos situadas en la parte superior de la aurícula derecha, que se encargan de disparar un impulso eléctrico, iniciando el ciclo cardiaco.

Latido prematuro (PB): es un latido que ocurre antes del siguiente latido sinusal.

Ritmo Sinusal (SA): es un ritmo originado por el nodo sinusal que tiene un promedio de 50 a 100 latidos por minuto en reposo.

Latido prematuro supra ventricular (SVPB): es un latido prematuro que ocurre en la parte superior de los ventrículos.

Foco ectópico: refiere a un grupo de células, que durante ciertas condiciones pueden tomar precedencia sobre el nodo SA. Puede estar localizado en las aurículas o en los ventrículos. Determinan el ritmo del corazón cuando la descarga del ritmo del nodo SA cae por debajo de cierto nivel.

3. MODALIDAD

El proyecto se desarrollará en la modalidad de asistencia a la investigación.

4. TEMA DEL PROYECTO

4.1 Descripción:

El propósito de este proyecto es la exploración y evaluación de algoritmos que usan técnicas de inteligencia artificial, para la detección de arritmias cardíacas. Se evaluará la sensibilidad, especificidad y costo computacional para cuatro métodos: dos de aprendizaje supervisado y dos de aprendizaje no supervisado. Los métodos seleccionados se implementarán en MATLAB y se evaluarán con señales ECG de la base de datos MIT-BIH a partir de las cuales se determinará la especificidad y la sensibilidad, esto se realizará teniendo en cuenta los diagnósticos que tienen las señales en dicha base de datos.

4.2 Dedicación al proyecto (en porcentajes):

Tipo		%
Teórico	Búsqueda/estudio	25
	Desarrollo	5
Experimental		30
Aplicado	Prototipo	30
	De campo	5
Gestión		5
Total		100

4.3 Áreas a trabajar:

Área	%
Automática	20
Bioingeniería	20
Inteligencia Artificial	30
Sistemas y señales	30
Total	100

5. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS.

Los problemas cardíacos son la primera causa de mortalidad por causas naturales en el mundo, de ahí que en la actualidad la detección y el diagnóstico de enfermedades cardíacas son uno de los problemas más frecuentes a los que se enfrentan los profesionales de la salud.

El Centro de Bioingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) ha desarrollado equipos para el monitoreo de la señal Electrocardiográfica (ECG) y la detección de arritmias cardíacas en tiempo real, sin embargo, han estado limitados a la identificación de bradicardia, taquicardia y fibrilación ventricular, por lo cual es necesario el desarrollo de algoritmos que permitan la detección en

tiempo real de otro tipo de arritmias y a la vez mejorar la especificidad y la sensibilidad de los algoritmos ya existentes.

Ante la necesidad constante en el campo de la cardiología de desarrollar cada día nuevas tecnologías que permitan una rápida y eficaz detección de cierto tipo de arritmias cardiacas, se desarrollarán 4 algoritmos basados en inteligencia artificial que faciliten y suplan algunas de estas necesidades, todo esto se implementara en colaboración con el centro de bioingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en base al proyecto IACARDIO.

Este proyecto beneficiara a la Universidad Pontificia Bolivariana en su campo investigativo, abriendo puertas a nuevos proyectos e investigaciones en dicho campo, al igual que a la comunidad brindando información sobre avances para posibles implementaciones en la detección de arritmias cardiacas de manera no invasiva.

Los resultados de dichas investigaciones serán de gran valor en el tratamiento de pacientes con arritmias y serán divulgados en congresos.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño de 4 métodos de aprendizaje de máquina para la detección en tiempo real de arritmias cardiacas.

6.2 objetivos específicos

- Implementar 4 algoritmos para la detección de arritmias cardiacas basados en aprendizaje supervisado y no supervisado.
- Evaluar el desempeño de los algoritmos seleccionados en cuanto a especificidad y sensibilidad para la detección de arritmias cardiacas.
- Implementar en C el método con mejor relación entre desempeño y costo computacional para su posterior implementación en sistemas embebidos.

7. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

7.1 Origen de la idea

La idea surgió con base a la necesidad del Centro de Bioingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y del interés del semillero A+D, de poder identificar algunos tipos de arritmia empleando el procesamiento de señales para la detección de patologías que hasta el momento han sido difíciles de diagnosticar, pese a los desarrollos en equipos y tecnología.

7.2 Estado del arte

La señal ECG es la manifestación contráctil del corazón y se conforma por los complejos PQRST, la onda P se forma cuando se contraen las aurículas, este es un proceso lento que va de los 60-80ms y tiene una amplitud de 0.1 a 0.2 mV. Los complejos QRS se forman luego del disparo del nodo AV y su rápida propagación a los ventrículos, se produce una rápida despolarización y contracción de los mismos, esta onda dura alrededor de los 80 ms y tiene una amplitud de 1mV. Por último la onda T es causada a partir de la re-polarización de los ventrículos y dura de 120-160ms con un amplitud de 0.1 a 0.3mV. Algunas patologías como las arritmias cardiacas, producen cambios en la morfología y la frecuencia de la señal ECG, los sistemas de procesamiento de señales buscan detectar estos cambios con el fin de convertirse en herramientas de ayuda diagnostica para estas patologías .

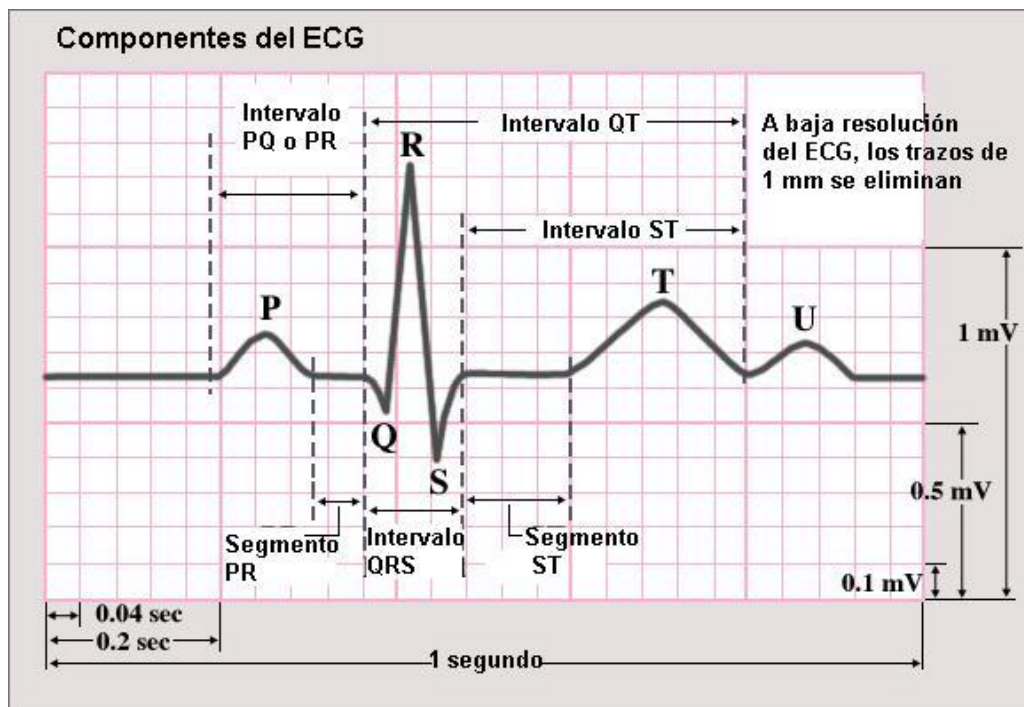


Fig. 1. Señal ECG

La arritmia puede presentarse cuando la despolarización es iniciada por otras células del corazón en vez de las del nodo SA, el cual altera la formación de los impulsos eléctricos. Otra causa de arritmia es cuando la conducción de los impulsos eléctricos es alterada. Los problemas con la formación de los impulsos crecen cuando un foco ectópico debajo del nodo SA se acelera automáticamente. Los problemas con la conducción de impulsos están asociados al área del corazón donde la conducción de las células es parcial o totalmente bloqueada. El fenómeno de re-entrada es otro problema de conducción, que es causado por cambios en el periodo refractario y velocidad de propagación del corazón (Sornmo y Laguna, 2005).

Las arritmias se clasifican con respecto a su velocidad. Se llama Bradi-arritmia cuando se tiene un lento ritmo del corazón (menos de 60 pulsaciones por minuto) y taqui-arritmia cuando se presenta un ritmo rápido (más de 100 pulsaciones por minuto). Si este ritmo veloz se origina en las aurículas entonces se le llama taqui-arritmia auricular. Una arritmia que de repente empieza y finaliza es referida como paroxística, de lo contrario se dice que es persistente o permanente (Sornmo y Laguna, 2005).

Un latido prematuro ventricular (VPB) puede originarse desde cualquier área más allá del punto donde el nodo común se ramifica en las ramas izquierda y derecha. El complejo QRS producido es prolongado anormalmente y tiene una morfología que se desvía bastante del latido sinusal. Un VPB usualmente inhibe el siguiente latido sinusal e introduce una pausa compensatoria el cual es dos veces la longitud de un intervalo normal RR (Sornmo y Laguna, 2005).

Las arritmias atriales se caracterizan por la presencia de ondas P anormales. Éstas aparecen cuando un foco ectópico se localiza muy lejos del nodo SA, cercano al nodo AV, desde que el impulso eléctrico luego se propaga en una dirección contraria a la normal, entonces una onda P normal llega a ser negativa.

Una taquicardia auricular es una arritmia producida por un incremento automático en las células marcapasos de uno o múltiples focos dentro de la aurícula (Sornmo y Laguna, 2005).

Aleteo y fibrilación auricular son dos taqui-arritmias, donde las aurículas están desincronizadas con los ventrículos y los latidos van a una velocidad que es más rápida que la de los ventrículos. Ambas son causadas por una continua reentrada del impulso eléctrico en la aurícula. Se manifiesta en el ECG por una línea de base ondulatoria el cual remplaza la onda P y la línea isoeletrica no está bien definida (Sornmo y Laguna, 2005).

En el ECG las ondas de aleteo están referidas a las ondas F y tienen una apariencia de diente de sierra. La fibrilación auricular es muy rápida, la cual hace estremecer las aurículas y hace latir irregularmente a los ventrículos (Sornmo y Laguna, 2005).

Las taqui-arritmias ventriculares más comunes resultan del mecanismo de reentrada e incluyen: la taquicardia ventricular, el aleteo ventricular y la fibrilación ventricular. Son análogos a las taqui-arritmias auriculares, aunque su manifestación en el ECG es completamente diferente (Sornmo y Laguna, 2005).

La taquicardia ventricular consiste en latidos con morfologías similares a la de los latidos prematuros, incrementan el ancho y el largo del QRS. Las ondas P a menudo se pierden, porque el ancho de los complejos QRS o las ondas T ocurren constantemente, de tal forma que un ciclo ventricular inmediatamente sucede a otro (Sornmo y Laguna, 2005).

El aleteo ventricular es un ritmo rápido organizado sin ningún complejo QRS discernible u ondas T. Es similar al aleteo auricular, pero tiene una amplitud

mucho mayor que fluctúa considerablemente con el tiempo. El aleteo ventricular puede conducir a la fibrilación ventricular, el cual es un ritmo totalmente desorganizado durante el cual los ventrículos dejan de despolarizar en un determinado orden. No puede enviar sangre oxigenada al cerebro. Está conduce a: una detención cardiaca, cese de la respiración, pérdida de conciencia y si no es tratada inmediatamente, es fatal. En el ECG su ritmo es asociado a una señal más caótica (Sornmo y Laguna, 2005).

7.2.1 Aprendizaje de máquina.

Se basa en el conjunto de métodos o algoritmos capaces de aprender y crear asociaciones complejas a partir de análisis de patrones de un grupo de datos, que conlleven a tomar una decisión acorde con cada una de las entradas, dichas decisiones pueden ir desde una clasificación simplemente a manera de etiqueta o de un valor específico en el caso de regresiones.

7.2.1.1 Aprendizaje no supervisado

Este tipo de aprendizaje no requiere influencia de ningún agente externo para acomodar los pesos a su entrada, lo que quiere decir que ella sola tiene que ver, definir y separar cada una de las características de sus respectivas señales de entrada, para luego entrar en un proceso de clasificación. Este tipo de aprendizaje es más rápido y tiene un costo de computación menor, y pese a su desventaja de necesitar un entrenamiento exhaustivo para determinar una respuesta correcta, este tipo de aprendizaje es muy útil gracias al clustering o agrupamiento, el cual divide los datos de entrada en conjuntos en los cuales cada uno de los elementos son bastante similares los unos de los otros y pueden ser tratados como grupos.

Entre los métodos de aprendizaje no supervisado trataremos:

- *K-means*

Es uno de los algoritmos de aprendizaje no supervisado más simples a la hora de resolver un problema de agrupación. El procedimiento clasifica los datos obtenidos a través de k grupos arreglados a priori. Se definen k centroides para cada grupo, donde se ubican los más alejados posibles entre sí, y se asocian los puntos más cercanos a cada centroide. Luego se genera un ciclo donde se repite este procedimiento, donde finalmente se busca minimizar la función de error cuadrático.

Chitta y Murty proponen un algoritmo más eficiente del k-means donde al integrar como un paso de pre-procesamiento en algoritmos de clasificación se reduce el tiempo de compilación, debido a que necesitan menos cálculos de número de distancias (Chitta y Murty,2009).

En cuanto a la señal ECG, Mehta, Shete, Lingayat, Chouhan usan el algoritmo K-means para la detección de los complejos QRS, para identificarlos y separarlos de las demás señales (Mehta, Shete, Lingayat, Chouhan, 2009).

- *Mapas auto-organizados*

En 1982, T. Kohonen presentó un modelo de red denominado mapas auto-organizados, basada en evidencias a nivel cerebral y posee un tipo de aprendizaje no supervisado competitivo. Esta distribuida en rejillas (usualmente 2 dimensiones), para descubrir la estructura subyacente de los datos introducidos .

Para el análisis de la señal ECG, Adam Gacek usa el método como pre-procesamiento donde se eliminan entradas redundantes y se obtiene la arquitectura del clasificador, esta información la dan el mapa de pesos y el mapa de regiones, los cuales son mapas asociados a los mapas auto-organizados. Los mapas ayudan a revelar la estructura de un conjunto de patrones ECG y visualizar la topología de dichos datos (Gacek, 2011).

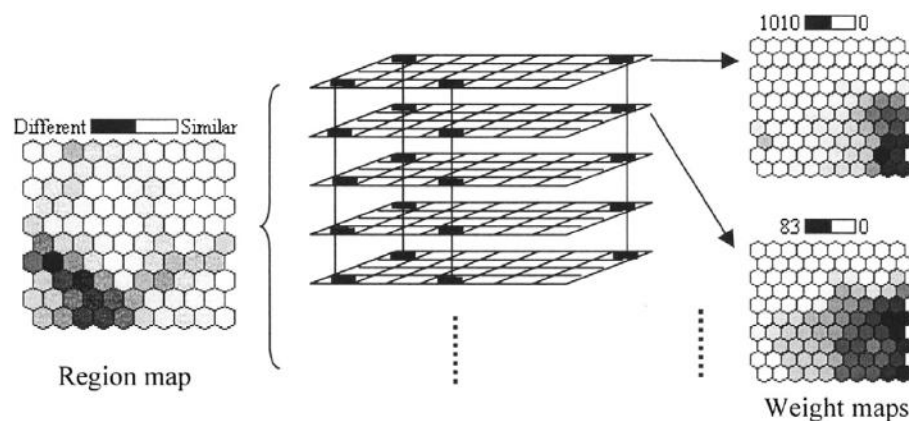


Fig. 2. Mapas asociados a los mapas auto-organizados .

5.2.1.2 Aprendizaje supervisado

Este tipo de aprendizaje a diferencia del no supervisado, es entrenado por un agente externo, el cual determina la respuesta que debería dar el sistema para un entrada en particular [10], dicho tipo de aprendizaje se puede ver como un control en realimentación donde si la salida no es la correcta, se corrigen los valores de los pesos a la entrada para así entregar una salida mas aproximada a la deseada.

Entre los métodos de aprendizaje supervisado se trataran:

- Redes neuronales FEEDBACK

El concepto de red neuronal artificial está inspirada en el cerebro, su funcionamiento, su conexión y relación entre cada una de sus elementos. En este caso también existen organismos básicos llamados neuronas, que

se encargan de transmitir y divulgar cada una de las entradas, las cuales al ser multiplicadas por los pesos y ser distribuidas a través de las capas ocultas (donde se relacionan e interactúan cada una de las respuestas), arrojan un resultado acorde a dicha interacción.

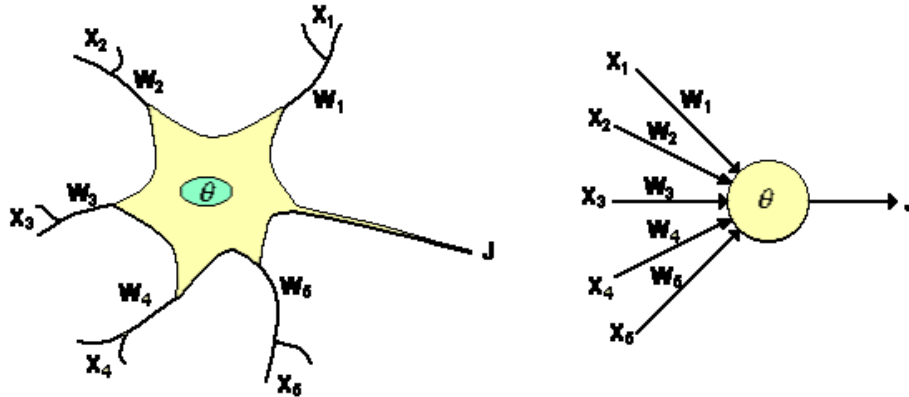


Fig. 3. Neurona cerebral a neurona artificial

Las redes neuronales feedback o recurrentes, como su nombre lo indica, son redes donde se presenta un tipo de realimentación como en los sistemas de control, para corregir los resultados erróneos a partir de la modificación de los pesos de la red anterior, lo que produce que una neurona estaría conectada a las neuronas de la siguiente y de la anterior capa además de a si misma , este tipo de redes neuronales tienen un tipo de transmisión y comunicación más compleja que las redes hacia adelante, y gracias a esto se puede entrenar la red con ciertos tipos de reglas que le darían un modelo predictivo para de los diferentes eventos.(Oropeza, 2007)

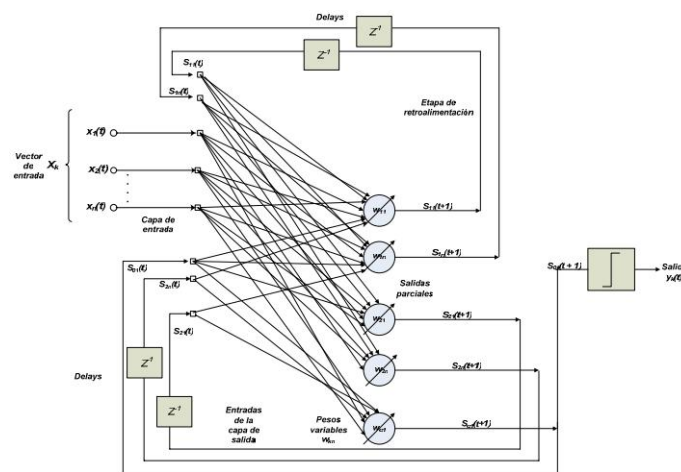


Fig. 4. Red neuronal feedback .

- *K-NN (k-nearest neighbors)*
Es un método de aprendizaje supervisado , un método no paramétrico donde ningún parámetro es estimado, al contrario, la proximidad de las

observaciones de la entrada vecina en el conjunto de entrenamiento de datos y sus correspondientes valores de salida son usadas para predecir los valores de las salidas de los casos en el conjunto de validación de datos. Este algoritmo es una de los más simples de los algoritmos de aprendizaje: un objeto es clasificado por voto mayoritario de sus vecinos, con el objeto siendo asignado a la clase más común entre su k vecino más cercano.

En este artículo (Mehmel y Alí, 2009), Mehmet y Ali proponen un algoritmo de agrupamiento para el análisis de señales ECG llamada ACO (Ant Colony Optimization) basado en el comportamiento de las hormigas, de como forman sus colonias, reconociendo su patrón de formación de clanes (grupos) e implementándola como un algoritmo de agrupamiento. Para ello filtran la señal con filtros FIR y extraen los parámetros de la señal haciendo análisis en el tiempo (donde extraen los parámetros midiendo las formas de ondas de la señal ECG) y en la frecuencia. En la frecuencia se usan métodos DWT (Daubechies Wavelet Transform), donde su ventaja recae en que posee buena resolución a altas y bajas frecuencias, aunque después de obtenidos sus parámetros, el número de coeficientes es mucho mayor a los obtenidos en el dominio del tiempo, por lo tanto se aplica una compresión basada en PCA (Principal Component Analysis) donde se reduce el número de coeficiente quedando de igual número que en el dominio del tiempo. Se combinan y se sacan los mejores parámetros. Se aplica el algoritmo ACO para la formación de grupos, y ya con estos grupos designados, se realiza la clasificación por medio del algoritmo k-nn o usando redes neuronales (por Multi-Layer Perceptron basado en redes neuronales).

- *Máquinas de soporte vectorial(SVM)*

Es una técnica de clasificación desarrollada por Vapnik la cual se basa en la idea de minimización de riesgo estructural (Angulo, Sanz, Malavé, Barrera, Spinetti, Guillén, 2009). Las SVM se encargan de tomar los datos como un conjunto de vectores para luego crear un hiperplano que los separe maximizando el margen entre el conjunto de datos. Este método se ayuda de vectores de soporte para crear una frontera de decisión en la cual se va a trabajar sin necesidad de conocer característica alguna de los datos fuera de ella, lo que hace de este método uno de los más usados para diferentes aplicaciones como reconocimiento de dígitos de manuscritos, aplicaciones en señales medicas, entre otras.

Este método no sólo funciona para separación y clasificaciones lineales de los diferentes grupos de datos, también puede ser entrenado para clasificaciones no lineales lo que aumenta su uso en aplicaciones en la actualidad.

Las maquinas de soporte vectorial se ayudan de multiplicadores de LaGrange, programación cuadrática, kernels gaussianos entre muchas

otras características para determinar la mejor solución para cada problema.

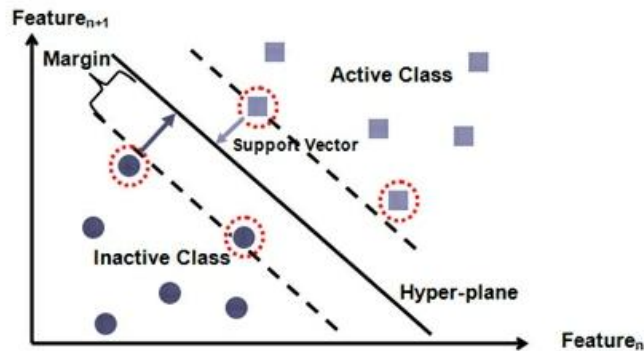


Fig. 5. Esquema de una SVM lineal .

8. PRODUCTOS ESPERADOS.

TIPO DE PRODUCTO	PRODUCTO	CANTIDAD
Tesis o Trabajo de Grado	De pregrado	1
Algoritmos	Algoritmos para la detección de arritmias	4
Articulo	Articulo publicable	1

9 ALCANCES

- Se desarrollarán 4 algoritmos en MATLAB que clasifiquen algunos tipos de arritmias cardiacas tales como la bradicardia, fibrilación ventricular y taquicardia a partir de los resultados obtenidos en la base de datos proporcionada por el centro de bioingeniería de la UPB.
- Se desarrollarán los algoritmos en base a métodos de aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado.
- Se evaluará la sensibilidad y especificidad de los algoritmos en comparación con las señales ECG de la base de datos MIT-BIH.

- Se implementará en C el algoritmo con mejor relación entre desempeño y costo computacional.
- El proyecto no incluye las etapas de adquisición, pre-procesamiento y segmentación de la señal, estas etapas ya fueron desarrolladas en el centro de bioingeniería.

10. METODOLOGÍA

El proyecto será desarrollado en cuatro fases:

Primera Fase:

Búsqueda bibliográfica para conocer los antecedentes y el estado del arte de los de algoritmos desarrollados para la detección de arritmias, hacer una clasificación de las diferentes técnicas aplicadas evaluando sus potencialidades. Estudiar el tema de redes neuronales, transformada wavelet y de máquinas de soporte vectorial aplicadas al procesamiento de señales cardíacas, en particular dedicadas a la detección de arritmias y elegir las estructuras más apropiadas para lograr mejores algoritmos.

Segunda Fase:

Implementar los 4 mejores métodos encontrados en la primera fase, desarrollando sus respectivos algoritmos para la detección de arritmias cardíacas basados en aprendizaje supervisado y no supervisado, los cuales serán debidamente entrenados con ayuda de algunas herramientas matemáticas y computacionales ya desarrolladas tales como Matlab y sus diferentes toolbox.

Tercera Fase:

Evaluar el desempeño de los algoritmos en cuanto a especificidad y sensibilidad para la detección de arritmias cardíacas. Dichas pruebas serán realizadas con la base de datos MIT-BIH, la cual será pre procesada y filtrada por el Grupo de Dinámica Cardiovascular de la UPB.

Cuarta Fase:

Implementar en C el método con mejor relación entre desempeño y costo computacional para su posible implementación en sistemas embebidos por el centro de bioingeniería. Evaluación de los resultados obtenidos y conclusiones. Documentación y divulgación.

11. TABLA PRELIMINAR DE CONTENIDOS

- **GLOSARIO**
- **RESUMEN**
- **CAPÍTULO 1:** Introducción
 - 1.1 Antecedentes
 - 1.2 Descripción del proyecto
 - 1.3 Objetivos
 - 1.4 Justificación y beneficios
 - 1.5 Alcances

- **CAPÍTULO 2:** Arritmias y señales ECG
 - 2.1 Señal ECG
 - 2.2 Clasificación de arritmias
 - 2.2.1 Arritmias atriales.
 - 2.2.2 Arritmias ventriculares
 - 2.2.3 Latidos prematuros.

- **CAPÍTULO 3:** Métodos a implementar
 - 3.1 Aprendizaje no supervisado
 - 3.1.1 k-means
 - 3.1.2 Mapas auto-organizados
 - 3.2 Aprendizaje supervisado
 - 3.2.1 Máquinas de Soporte Vectorial
 - 3.2.2 Redes neuronales feedback
 - 3.2.3 K-nn

- **CAPÍTULO 4:** Implementación en Matlab
 - 4.1 Algoritmo 1
 - 4.2 Algoritmo 2
 - 4.3 Algoritmo 3
 - 4.4 Algoritmo 4

- **CAPÍTULO 5:** Verificación de algoritmos y costo computacional
 - 5.1 Eficiencia
 - 5.2 Costo computacional
 - 5.3 Selección mejor algoritmo

- **Conclusiones**
- **Referencias**
- **Anexos**

12. RECURSOS, MATERIALES Y PRESUPUESTO

Recurso	Participación (miles de pesos)				Implica desembolso	
	Estudiante	UPB	Extern o	Donación	Si (Nuevo)	No (Existente)
Bibliografía	0	910	0	0	910	0
Papelería	150	0	0	0	150	0
Telecomunicaciones	0	300	0	0	0	300
Equipos	0	0	0	0	0	0
Transporte	200	0	0	0	200	0
Asistencia a eventos	0	400	0	0	400	0
Gastos de representación	0	0	0	0	0	0
Trabajo Estudiantes 560h @ 15.000\$/h	8400	0	0	0	0	8400
Trabajo Director 150h @ 40.000\$/h	0	0	0	6000	0	6000
Trabajo Asesor 150h@20.500\$/h	0	0	0	3075	0	3075
Materiales e insumos	1690	0	0	0	1690	0
SUBTOTAL	10440	1610	0	9075	3350	17775
Imprevistos (10%)	1044	161	0	907.5	335	1777.5
TOTAL	11484	1771	0	9982.5	3685	19552.5
GRAN TOTAL	23237.5				23232.5	

13. FINANCIACIÓN

El proyecto será financiado por el CIDI y los estudiantes implicados en el.

Los servicios de biblioteca, acceso a las bases de datos, licencias del software, y el acceso a internet dentro del campus, serán prestados por la Universidad Pontificia Bolivariana.

Fuentes de financiación	Ítem	Aporte en efectivo	Aporte en especie	Total por fuente de financiación
UPB	Personal, bibliografía, telecomunicaciones	1'300.000	1'000.000	2'300.000
Estudiantes	Papelería, transporte, equipos y tiempo de trabajo	2'040.000	17'475.000	19'515.000
Total de proyecto		3'340.000	18'475.000	21'815.000

14. CRONOGRAMA Y DEDICACIÓN

Actividad	Jul. 2012	Ago. 2012	Sep. 2012	Oct. 2012	Nov. 2012	Dic. 2012	Ene. 2013	Feb. 2013	Mar. 2013	Abr. 2013	May. 2013	Jun. 2013	Jul. 2013	Total Horas
Formulación y entrega de Anteproyecto	60													60
Gestión de compra y envío de libros que se incluyen como bibliografía	10													10
Búsqueda bibliográfica-antecedentes, tipos de arritmias, algoritmos para detección de arritmias	140													140
Estudiar y aplicar redes neuronales al procesamiento de señales para la detección de arritmias														150
Diseño y elaboración de algoritmos aplicando los métodos elegidos y usando Matlab														400
Evaluar el desempeño de los algoritmos														200
Documentación y divulgación														100
Revisión por parte del Director														40
Revisión por parte del Jurado														40
Entrega definitiva														10
Total Proyecto													1150	
Número de estudiantes													2	
Total por estudiante													575	

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adam Gacek, 2011. Preprocessing and analysis of ECG signals – A self-organizing maps approach. [Online] Science Direct. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411001394>> [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Angulo N, Sanz J, Malavé V, Barrera M, Spinetti H, Guillén P. (2009). Maquinas de aprendizaje para clasificar señales electroencefalográficas. [Online] Unalmed disponible en: <http://www2.unalmed.edu.co/~pruebasminas/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=570&tmpl=component&format=raw&Itemid=285> [Accedido el 1 de julio de 2012]

MAPFRE, Dra. Eva Ormaechea Alegre, 2010. Enfermedades-Fibrilación ventricular.

Medtronik Ibérica S.A., 2010. Bradicardia. [Online] disponible en: <<http://www.medtronic.es/su-salud/bradicardia/index.htm>> [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Medtronik Ibérica S.A., 2010. Taquicardia. [Online] disponible en: <<http://www.medtronic.es/su-salud/taquicardia/index.htm>> [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Mehmet Korürek y Ali Nizam, 2009. Clustering MIT–BIH arrhythmias with Ant Colony Optimization using time domain and PCA compressed wavelet coefficients. [Online] Science Direct. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200409001973>> [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Oropeza Carlos A, 2007. Modelado y Simulación de un Sistema de Detección de Intrusos Utilizando Redes Neuronales Recurrentes. [Online] Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/oropeza_c_ca/portada.html [Accedido el 22 de Julio de 2012]

Radha Chitta y M.Narasimha Murty, 2009. Two-level k-means clustering algorithm for k–t relationship establishment and linear-time classification. [Online] Science Direct. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003132030900363X>> [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Rebeca Goya-Esteban, Óscar Barquero-Pérez, Felipe Alonso-Atienza, Estrella Everss, Jesús Requena-Carrión, Arcadi García-Alberola y José L. Rojo-Álvarez, 2009. A Review on Recent Patents in Digital Processing for Cardiac Electric Signals (I): From Basic Systems to Arrhythmia Analysis. [pdf] Recent Patents on Biomedical Engineering.

S.S. Mehta, D.A. Shete , N.S. Lingayat y V.S. Chouhan, 2009, K-means algorithm for the detection and delineation of QRS-complexes in Electrocardiogram. [Online] Science Direct. Disponible en: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1959031809001079> > [Accedido el 21 de Julio de 2012].

Sornmo L., Laguna P., 2005. Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications. Santa Barbara, CA. Elsevier Academic Press

Vladimir Vapnik, 1995. The nature of statistical learning theory. Springer, Berlin.


16. PROPIEDAD INTELECTUAL Y DESTINACIÓN DEL PROYECTO

La propiedad patrimonial y moral corresponde a las entidades y unidades que financian el proyecto, la propiedad moral es compartida además con los autores.

17. ANEXOS

ACTA DERECHOS PATRIMONIALES

Los derechos sobre los resultados derivados del presente trabajo de grado se rigen por el Estatuto de Propiedad Intelectual de la Universidad.

 Universidad Pontificia Bolivariana	ACTA DE PROPIEDAD INTELECTUAL TRABAJOS DE GRADO	VICERRECTORÍA ACADÉMICA
---	--	------------------------------------

FECHA: 24 de Febrero de 2012.

1. **NOMBRE DEL PROYECTO:** Métodos de aprendizaje de maquina para la detección de arritmias cardíacas en tiempo real.

2. PARTICIPANTES

2.1 Datos de los estudiantes

Nombre: Jorge Humberto Gallego Orrego

Facultad: Ingeniería electrónica

Fecha terminación de cursos: Junio de 2013

Nombre: Carlos Andrés Rodríguez Londoño

Facultad: Ingeniería electrónica

Fecha terminación de cursos: Diciembre de 2013

2.2 Datos del Director

Nombre: Ivan Darío Mora Orozco

Facultad/Institución: Ingeniería Eléctrica y Electrónica/ UPB

Título(s): ingeniero electrónico – especialista en automática -
Magister en ingeniería énfasis automática UPB.

Fecha terminación pregrado: 1994.

Fecha de terminación de posgrado: 2007

2.3 Datos del Asesor:

Nombre: Andrés Felipe Orozco Duque

Facultad/Institución/Empresa: UPB

Título(s): Ingeniero Electrónico y especialista en ingeniería biomédica

Fecha terminación pregrado: 2002

Fecha terminación postgrado: 2009

3. FUENTES DE FINANCIACIÓN

Fuentes de financiación	Ítem	Aporte en efectivo	Aporte en especie	Total por fuente de financiación
UPB	Personal, bibliografía, telecomunicaciones	1'300.000	1'000.000	2'300.000
Estudiantes	Papelería, transporte, equipos y tiempo de trabajo	2'040.000	17'475.000	19'515.000
Total de proyecto		3'340.000	18'475.000	21'815.000

4. PRODUCTOS

TIPO DE PRODUCTO	PRODUCTO	CANTIDAD
Tesis o Trabajo de Grado	De pregrado	1
Algoritmos	Algoritmos para la detección de arritmias	4
Ponencia	Ponencia publicada en las memorias del evento con ISBN local o nacional	1

5. EQUIPOS Y MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Los estudiantes, director y asesor, se comprometen a devolver a la Universidad Pontificia Bolivariana todo el equipo y material bibliográfico, obtenido con recursos proporcionados por las dependencias académicas y administrativas de la Universidad, una vez termine el proyecto.

6. DURACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tendrá una duración de 12 meses, contados a partir del 01 de agosto de 2012.

7. PROPIEDAD INTELECTUAL

7.1 DERECHOS MORALES

Los derechos morales de autor corresponden a los estudiantes, al director y a toda persona que a criterio de éstos, haga aportes originales intelectuales en los avances y en el resultado final del proyecto.

En cualquier tipo de divulgación se dará crédito a los autores y la Universidad Pontificia Bolivariana.

7.2 DERECHOS PATRIMONIALES

Los derechos sobre los resultados derivados del presente trabajo de grado se rigen por el Estatuto de Propiedad Intelectual de la Universidad.

A continuación se establecen los porcentajes de participación en aportes y por tanto de derechos de patrimoniales sobre los resultados:

Productos	Entidades financiadoras	Monto del aporte	Porcentaje de participación
Algoritmos	Estudiante	11'949.000	100%
Ponencia	Estudiante	3'983.000	89.96%
Ponencia	UPB	400.000	10.04%

8. CONFIDENCIALIDAD

Los participantes se comprometen a guardar absoluta reserva sobre la información confidencial que conozcan o a la que tengan acceso en virtud de su participación en el presente proyecto. Igualmente se comprometen a guardar reserva sobre los resultados innovadores con potencial de aprovechamiento comercial del proyecto. Igualmente, están en la obligación de no copiar, enviar

por fax, reproducir, divulgar, o distribuir el o los documentos, ni en su totalidad o parte, sin el expreso consentimiento por escrito de la UPB.

Acepto que la violación de la reserva a lo aquí convenido dará lugar a la aplicación de las sanciones previstas en el Código Penal, artículo 308 de la Ley 599 del 2000, referente a la Violación de reserva industrial o comercial, sin perjuicio de las que se imponen por competencia desleal y del cobro de las indemnizaciones a que haya lugar.

9. SOLUCIÓN DE CONFLICTOS

En caso de controversia sobre la interpretación o aplicación de la presente acta, se agotarán en primera instancia los conductos regulares de la Universidad, y en caso de no llegar a ningún acuerdo, se dirimirá el conflicto mediante dos (2) amigables componedores designados por cada parte. La decisión será en equidad y tendrá fuerza vinculante para los intervinientes.

10. CONSTANCIA

Todos los partícipes declaran conocer el Estatuto de Propiedad Intelectual de la Universidad Pontificia Bolivariana.

En caso que algún participante se retire antes del 80% de ejecución del cronograma del proyecto, perderá todos los derechos sobre los resultados de la misma.

En caso de presentarse alguna circunstancia que altere los términos de la presente acta, deberá anexarse al presente documento la respectiva modificación aprobada por la respectiva facultad.

Para constancia se firma en Medellín, el 24 de Febrero de 2012.

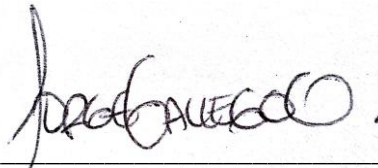


IVÁN DARÍO MORA OROZCO
DIRECTOR DEL PROYECTO

HUGO ALBERTO CARDONA RESTREPO
DIRECTOR DE FACULTAD



ANDRÉS FELIPE OROZCO DUQUE
ASESOR



JORGE HUMBERTO GALLEGO
ESTUDIANTE



CARLOS ANDRÉS RODRIGUEZ
ESTUDIANTE

CARTA DE PRESENTACIÓN DE PROYECTO

Medellín, 1 de agosto de 2012

Señores
Consejo de Facultad
Ingeniería Electrónica
Medellín

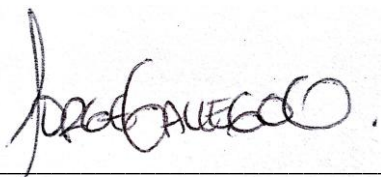
Asunto: Proyecto de Grado

Cordial saludo

La presente tiene como objetivo presentar para su estudio por parte de Consejo de Facultad, el Proyecto de Grado titulado:

Métodos de aprendizaje de maquina para la detección de arritmias cardiacas en tiempo real.

Manifestamos además que, conocemos el manual de Proyecto de Grado de la Escuela de Ingenierías de la UPB y los deberes y derechos que como Estudiante esto implica. El desarrollo del proyecto se hará de conformidad con lo estipulado en dicho manual.



JORGE HUMBERTO GALLEGO
C.C. 1037605813 Envigado
Ingeniería Electrónica



CARLOS ANDRES RODRIGUEZ
C.C. 1152439186 Medellín
Ingeniería electrónica

CARTA DEL DIRECTOR

Medellín, 1 de agosto de 2012

Señores

Consejo de Facultad
Ingeniería Electrónica
Medellín

Asunto: Dirección de trabajo de grado

Cordial saludo.

La presente tiene como objetivo confirmar mi intención de participar como Director en el desarrollo del Proyecto de Grado *Métodos de Aprendizaje de Máquina para la Detección de Arritmias Cardíacas en Tiempo Real*, que será desarrollando por los estudiantes Jorge Humberto Gallego Orrego con ID 000122441 y Carlos Andrés Rodríguez Londoño con ID 000145149.

Declaro además que, conozco el manual de Proyecto de Grado de la Escuela de Ingenierías de la UPB y los deberes y derechos que como Director esto implica. El desarrollo del proyecto se hará de conformidad con lo estipulado en dicho manual.

Anexo mi currículum.

Atentamente



Iván Darío Mora Orozco
C.C. 71.642.885 de Medellín
Docente Titular – Docente Investigador - Coordinador Semillero A+D
UPB