CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

Un evento caótico, es un fenómeno de gran relevancia que se presenta en la vida diaria, en áreas como la Biología, Matemáticas, Física, Economía, etc. Es un estado de confusión y desorden que por años los científicos han estado estudiando para entender el comportamiento que presentan los sistemas caóticos en el mundo que nos rodea. Estos fenómenos presentan características tanto de un comportamiento aleatorio como de un comportamiento periódico [9]. Un comportamiento aleatorio nunca se repite por sí mismo; es impredecible y desorganizado, excepto para condiciones especiales. Por ejemplo, se puede predecir el comportamiento que puede presentar un conjunto de moléculas de cierta sustancia química, pero no se puede predecir el comportamiento que tendrá una sola molécula de ésta sustancia. Por otro lado, el comportamiento periódico es altamente predecible, por que siempre se repite por sí mismo sobre un intervalo finito de tiempo. Un sistema exhibe un comportamiento periódico, cuando es gobernado bajo un proceso determinístico, si conocemos la amplitud, frecuencia y fase en cualquier instancia, es posible predecir la amplitud en cualquier otro punto en el tiempo [21].

Los sistemas dinámicos no lineales, son aquellos fenómenos que presentan algunas características importantes como:

a) Son sistemas aperiódicos pero determinísticos, existiendo un patrón asociado a su comportamiento. Un evento caótico no es preciso representarlo como una ecuación compleja, aun cuando presenta una aleatoriedad que hace difícil seguir el desarrollo del sistema. Pero sí existe cierto orden en ellos y tienen ciertas características, que si bien no permite obtener los valores específicos del sistema en un momento dado y

comprenderlo en una forma global, si es posible decir si convergen a un punto de equilibrio.

b) Son extremadamente dependientes de condiciones iniciales. Para dos trayectorias que empiezan en puntos cercanos divergen en el tiempo de manera exponencial. Esto significa que en pequeñas diferencias en condiciones iniciales, resultarán en grandes diferencias en un comportamiento tardío en un punto en el tiempo.

c) Son sistemas acotados que generan "atractores extraños" en el espacio de fase. Aunque esto presenta aleatoriedad, el comportamiento del sistema es seguro, y no se desvía hacia el infinito. El comportamiento tiene una forma definida [9][20].

Un sistema dinámico no lineal puede representarse por el sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\mathbf{dy(t) / dt = F(y(t)) \qquad y(t)= [\, y1(t), y2(t), \ldots yd(t) \,]} \qquad (1.1)$$

Donde ***F*** es un campo vectorial no lineal y ***d*** es la dimensión del sistema. Dada una serie tiempo ***{x(t =1), x(t =2), . . . x(t =N)},*** la predicción de valores futuros ***x(N +h), h >= 1*** puede realizarse usando un predictor de la forma:

$$\mathbf{y(n +1)= F(y(n), a) \qquad F:\Re^{d} \rightarrow \Re^{d}\,,} \qquad (1.2)$$

Donde ***y(n)*** es un vector d- dimensional reconstruido a partir de la serie de tiempo x, de manera que, ***y(n) = [x(n), x(n + τ1), x(n + τ2), . . . x(n + τd – 1)]; τ1, τ2, . . . τd-1,*** son retrasos en el tiempo y ***d*** es la dimensión de un sistema empotrado en el sistema original; **a** representa los coeficientes que definen al mapa. La determinación de los valores adecuados de los retrasos en el tiempo y de la dimensión del sistema normalmente se realiza utilizando métodos numéricos [9][10].

El caos aparece en el comportamiento del clima, el comportamiento del vuelo de un avión, el comportamiento de la presión de una sustancia química confinada en un

contenedor, el comportamiento del ritmo cardiaco, etc. Es por esto que se ha despertado un gran interés en predecir y estudiar el comportamiento de ciertas señales caóticas en un lapso de tiempo. La predicción de estas señales es un gran reto, por lo que se han utilizado técnicas de la Inteligencia Artificial, especialmente el área de Redes Neuronales Artificiales Recurrentes, para diseñar algunos algoritmos que puedan modelar y predecir estas señales caóticas.

La Inteligencia Artificial (IA) es una subdivisión de las ciencias de la computación dirigida y encargada de crear software y hardware que intente producir resultados similares a aquellos producidos por el ser humano. IA es simplemente una manera de hacer que la computadora piense inteligentemente. Esto es logrado al estudiar como la gente piensa cuando trata de tomar decisiones y resolver problemas, analizando aquellos pasos básicos que realiza para aplicar una decisión o solución, y diseñar un programa que resuelva los problemas confrontados en esos pasos básicos. IA por consiguiente provee una forma simple y estructurada para diseñar tomadores de decisiones complejas [7].

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son modelos matemáticos inspirados en sistemas biológicos, adaptados y simulados en computadoras convencionales. El interés por la aplicación de las RNA ha crecido bastante en los últimos años debido al éxito mostrado en la solución de problemas antes reservados exclusivamente a los humanos. Las RNA son conocidas por diferentes nombres, como modelos conexionistas, procesamiento distribuido, etc. Están compuestas por elementos que se comportan de una manera parecida a las funciones más elementales de una neurona biológica. Estos elementos se organizan de una manera que pueden o no estar relacionado a la manera en que está organizado en el cerebro [10][17].

Las RNA presentan algunas características propias del cerebro humano como son:

a).- Pueden aprender de la experiencia.

b).- Pueden generalizar a partir de ejemplos previos.

c).- Pueden abstraer características esenciales de entradas que contienen datos irrelevantes.

En años recientes esta nueva disciplina basada en matemática dinámica no-lineal ha sido aplicada a muchas áreas de las ciencias físicas y biológicas. Su aplicación a la cardiología puede proveer una novedosa herramienta de ayuda para nuestro entendimiento de muchos de los fenómenos fisiológicos y que han permanecido inexplicables usando metodologías convencionales. Específicamente un mejor entendimiento de la fisiología matemática de los ritmos cardiacos nos permitiría predecir las letales arritmias e intervenir en la prevención de eventos clínicos catastróficos.

El proyecto presentado surge a extensión de dos trabajos: una tesis de licenciatura en el que utiliza un Shell Neuronal llamado Artificial Neural Network System Development (ANNSYD) [15] y el trabajo de investigación sobre predicciones de señales caóticas realizado en el Centro de Tecnologías Interactivas y Cooperativas (CENTIA) del departamento de ingeniería en sistemas de la UDLA por la Dra. M. Pilar Gómez Gil [10]. Un Shell neuronal es un programa que tiene la finalidad de crear de una manera sencilla y clara una red neuronal. El objetivo de ANNSYD, es que cualquier persona que tenga un conocimiento básico de lo que es una RNA, pueda realizar su propia red, bajo este tipo de ambiente. Por otro lado, para el proyecto de predicción se aplican algunos modelos de Redes Neuronales Recurrentes (RNN), usando como algoritmo de entrenamiento el modelo de "Retro-Propagación a Través del Tiempo", para la predicción de señales caóticas.

Este proyecto se enfoca principalmente al trabajo de investigación realizado en el CENTIA, ya que se requiere que el software utilizado en la investigación para la

predicción de señales caóticas en los Electrocardiogramas sea funcional en el shell ANNSYD.

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Ampliar el Shell Neuronal ANNSYD mediante la implementación de una Red Neuronal Recurrente Artificial para el reconocimiento de señales caóticas de los Electrocardiaogramas (ECG).

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Extender ANNSYD de manera que sea capaz de manejar redes recurrentes, utilizada en la predicción de señales caóticas de los electrocardiogramas según la definición.
- Implementar el algoritmo de Retro-Propagación a Través del Tiempo en la extensión de ANNSYD.
- Probar el sistema con diversas señales caóticas además de los ECG.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO

El capítulo 1, Introducción, nos proporciona una explicación de los eventos caóticos que se presentan en el mundo que nos rodea. En el capítulo 2, Marco Teórico, nos explica con detalle todo lo referente a los conceptos básicos que el usuario debe de entender para el manejo eficiente el Sistema de Predicción de Señales Caóticas (SPSC). El capítulo 3, Redes, realiza una descripción sobre el Generador Armónico y el Shell Neuronal Annsyd. En el capítulo 4, Sistema de Predicción de Señales Caóticas (SPSC), explica como esta diseñado el sistema, y como hace uso de los datos para el entrenamiento y predicción de señales. El capítulo 5, Resultados y Conclusiones, hace una descripción de las diferentes Señales Caóticas utilizadas en el SPSC, obteniendo una conclusión para cada señal empelada.