

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD AZCAPOTZALCO

PROPUESTA DE TESIS PARA LA MAESTRIA EN
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

*Esquemas de control basados en redes neuronales
para la planeación de trayectorias de robots con
eslabones rígidos*

PRESENTA:

RAMÓN RODRÍGUEZ LUNA

ASESOR:

DR. FELIPE MONROY PÉREZ

INTRODUCCIÓN:

Las redes neuronales, son mucho más que otra forma de emular ciertas características propias de los humanos, como la capacidad de memorizar y de asociar hechos. Si se examinan con atención aquellos problemas que no pueden expresarse a través de un algoritmo, se observará que todos ellos tienen una característica en común; la experiencia. El hombre es capaz de resolver estas situaciones acudiendo a la experiencia acumulada. Así, parece claro que una forma de aproximarse al problema, consiste en la construcción de sistemas que sean capaces de reproducir esta característica humana.

En definitiva, las redes neuronales son un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, que constituyen un sistema de adquirir conocimiento a través de la experiencia. Una red neuronal es “un nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: *la neurona*”. Figura No. 1

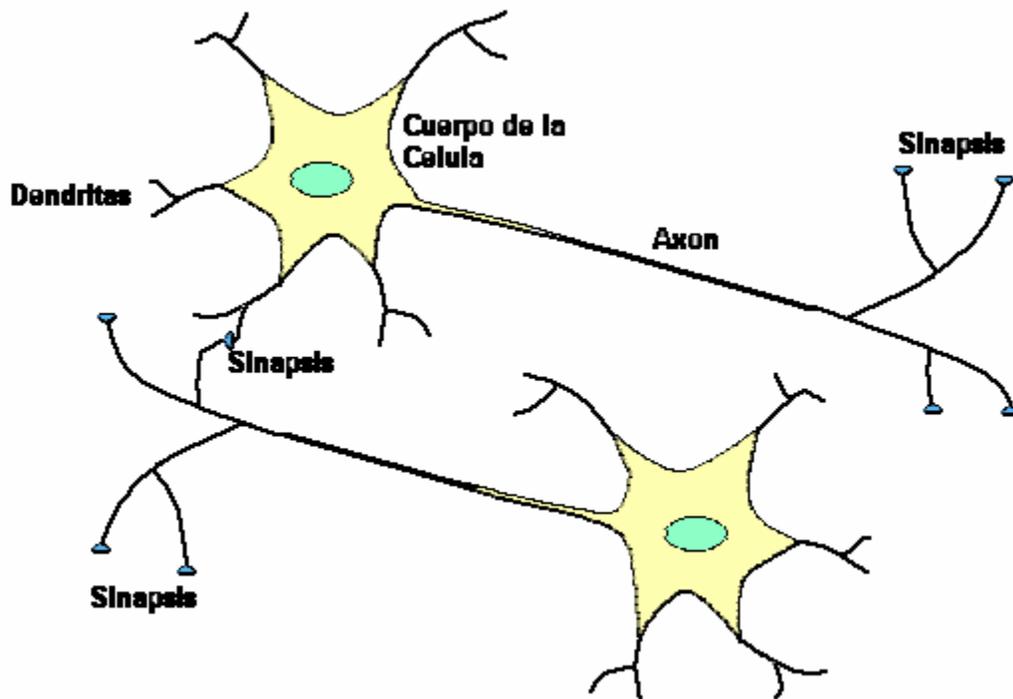


Fig. No. 1 neurona biológica

Redes neuronales.

El cerebro consta de aproximadamente 10^{11} elementos (neuronas) altamente interconectados y cada elemento tiene aproximadamente 10^4 conexiones. Estas neuronas tienen cuatro componentes principales: las dendritas, el cuerpo de la célula o soma, el axón y la sinapsis. Las dendritas son el árbol receptor de la red, son como fibras nerviosas que cargan de señales eléctricas al cuerpo de la célula. El cuerpo de la célula, realiza la suma de esas señales de entrada. El axón es una fibra larga que lleva la señal desde el cuerpo de la célula hacia otras neuronas. El punto de contacto entre un axón de una célula y una dendrita de otra célula es llamado sinapsis.

En analogía con la red neuronal biológica, una red neuronal artificial se constituye de un grafo plano compuesto por un número finito de vértices y un número finito de aristas concurrentes a las que se les asigna un peso como se ilustra en la figura No. 2

En términos generales podemos decir que una red neuronal artificial es un modelo matemático con un conjunto de propiedades específicas, como son la habilidad de adaptarse o aprender, generalizar u organizar la información, todo ello basado en un procesamiento paralelo. Fig. No. 2

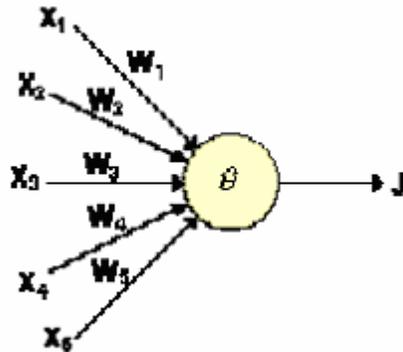


Fig. No. 2 red neuronal artificial

Donde:

X_1, X_2, \dots, X_n son las entradas de la red

$W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ son los pesos o valores de cada entrada

Θ es la sumatoria de los productos de X_n con W_n

J es la salida de la neurona

Una analogía entre la red neuronal biológica y la red neuronal artificial se muestra en la figura No.3

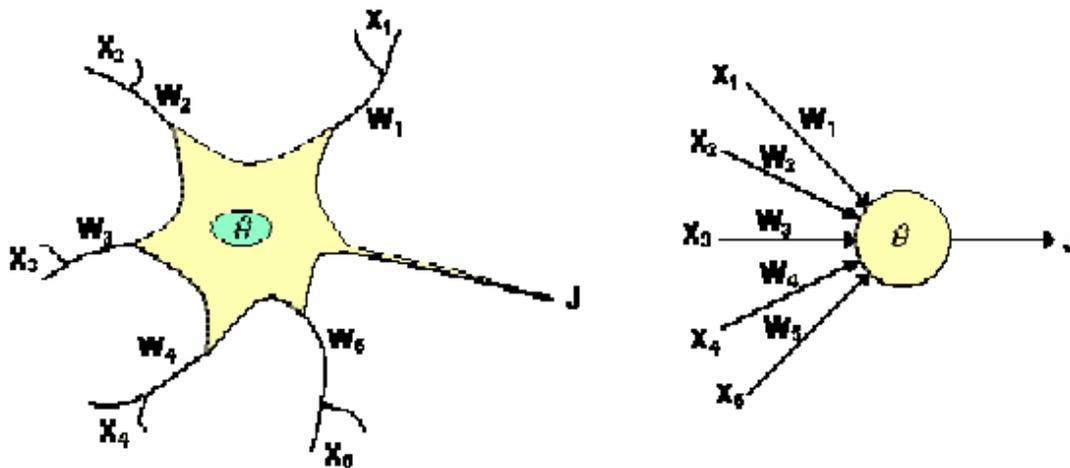


Figura No. 3 analogía entre la red neuronal biológica y la red neuronal artificial

Robot con eslabones rígidos.

La mayoría de los robots industriales, son robots con eslabones rígidos, definiremos que un robot industrial según el Instituto de Robótica de Norte América, como un manipulador multifuncional diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos variados, programados para la ejecución de distintas tareas.

Un robot es un conjunto de dispositivos y servomecanismos organizados en eslabones y articulaciones. Las articulaciones pueden ser de dos tipos, a saber; rotacional y acoplamiento prismático. Un robot de eslabones rígidos, se distingue por la rigidez de sus eslabones.

Ver fig. No. 4

Desde los inicios de la ciencia y tecnología de la robótica, se ha seguido una filosofía antropomórfica para el diseño de robots, es decir, se ha imitado el movimiento de extremidades del ser humano. Ver Figura No.5

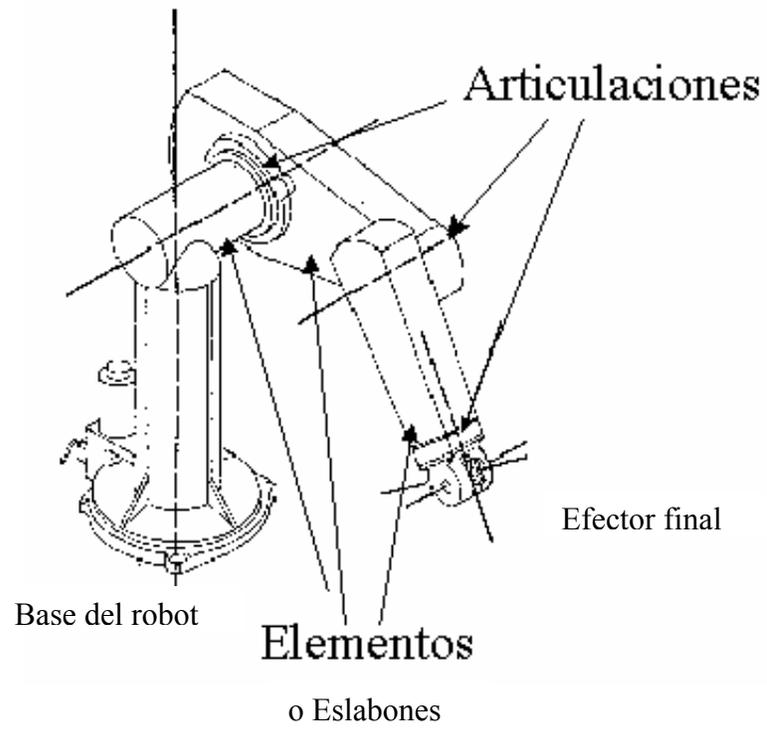


Fig. No. 4 robot con eslabones rígidos

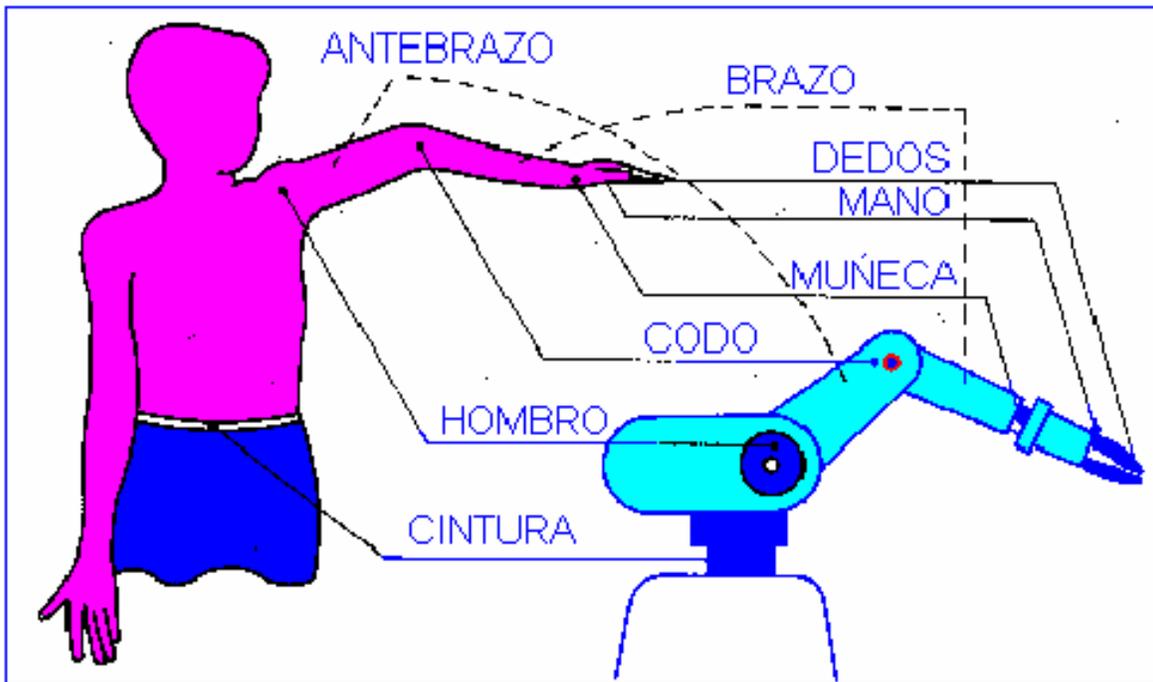


Fig. No. 5. analogía del robot con eslabones rígidos y el brazo humano

Control de robots

Los robots son ejemplos paradigmáticos de sistemas dinámicos cuyo movimiento puede “controlarse”. En términos genéricos, la arquitectura de un sistema robótica, consiste de tres partes; EL robot mismo, el controlador y la PC

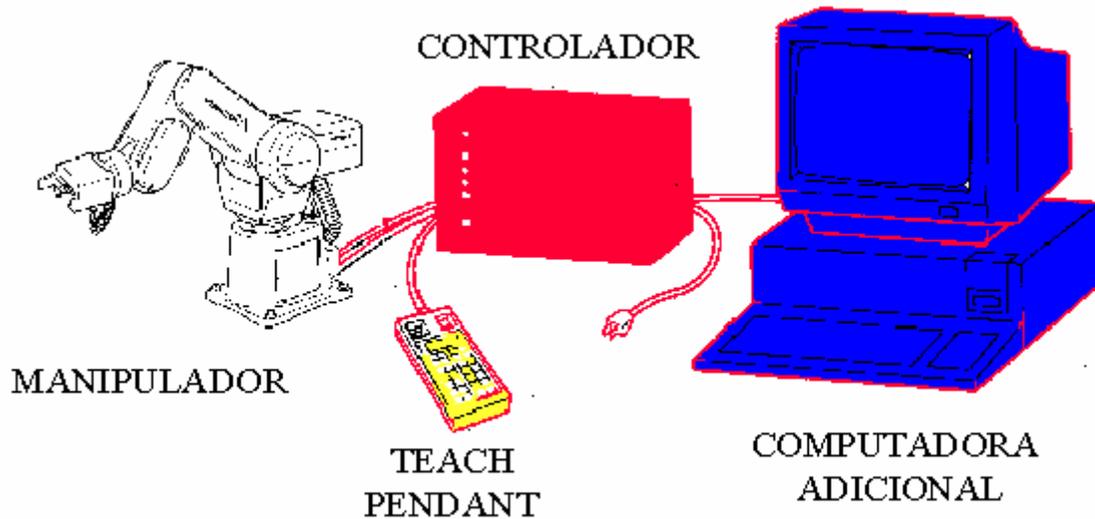


Fig. No. 6 control de un robot

Matemáticamente el robot puede escribirse por medio de una ecuación diferencial;

$$M(x)\ddot{X} + V(x, \dot{x}) + G(x) = \nu$$

Donde:

X representa el vector de estados

M la matriz de inercia

V la energía potencial

ν los torques que juegan el rol de controles de la dinámica del robot

G la fuerza de Coriolis

En aplicaciones concretas de la teoría de control a la robótica, se tiene el llamado *path planning Problem*, el problema de planeación de trayectorias que en términos intuitivos se reduce al llamado problema del *mudancero de pianos* y que consiste en que un mudancero trata de sacar un piano de un departamento que de alguna manera fue introducido, entonces el deberá de acomodarlo de tal

manera que pueda seleccionar la trayectoria optima para que éste piano pueda salir por la puerta de este departamento de la mejor manera posible sin sufrir daño alguno.

Desde el punto de vista de la teoría de control, el problema consiste en encontrar estrategias de control para que un robot se mueva de la mejor manera posible aproximando una trayectoria que viola su desempeño cinemática. Ver. Figura No.7 y que consiste en determinar una trayectoria posible o factible, ya que el brazo mecánico, en ocasiones por su propia arquitectura, no podrá seguir algunas trayectorias, por lo que deberemos de obtener una trayectoria factible.

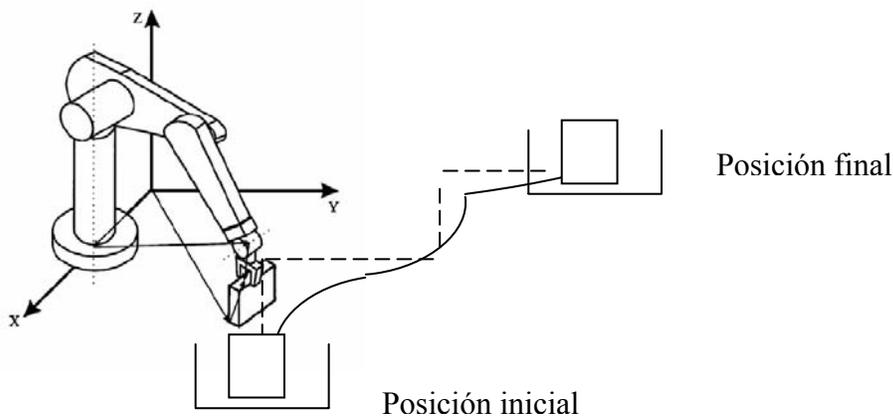


Figura No. 7

- Trayectoria factible
- Trayectoria no factible

Haciendo énfasis en las ideas y métodos más relevantes aplicados al control de sistemas dinámicos, los sistemas de control, tienen propiedades de aprendizaje que pueden ser implementadas con redes neuronales artificiales. Esto se ha venido realizando desde los inicios de las redes neuronales aplicadas al control y dando continuidad hasta las actuales investigaciones en este campo.

Relacionar los métodos de aprendizaje de las redes neuronales con la teoría existente para el control de robots con eslabones rígidos, para nuestro caso, es muy importante e interesante ya que la teoría de control es un campo ampliamente desarrollado con mucha literatura, donde muchos de los métodos de aprendizaje de las redes neuronales, pueden estar relacionados con métodos clásicos y bien estructurados con respecto al control tradicional.

Ahora bien, es importante mencionar que dada la tendencia que existe en el desarrollo de esta vertiente, se están diseñando métodos de control implementando redes neuronales y esto ha creado que se estén desplazando algunos métodos tradicionales en la ingeniería de control. Las aplicaciones con redes neuronales se incluyen desde los elementos más simples que operan como identificadores hasta aquellos que trabajan como todo un sistema.

ANTECEDENTES:

Historia de las redes neuronales

Conseguir diseñar y construir máquinas capaces de realizar procesos con cierta inteligencia, ha sido uno de los principales objetivos de los científicos a lo largo de la historia. De los intentos realizados en este sentido, se han llegado a definir las líneas fundamentales para la obtención de máquinas inteligentes. En un principio los esfuerzos estuvieron dirigidos a la obtención de autómatas, en el sentido de máquinas que realizan alguna función típica de los seres humanos. Hoy en día se continúa estudiando en ésta misma línea con resultados sorprendentes, existen maneras de realizar procesos similares a las redes neuronales y que podemos encuadrar dentro de la llamada Inteligencia Artificial (IA).

1957 - Frank Rosenblatt. Comenzó el desarrollo del Perceptrón. Esta es la red neuronal más antigua; utilizándose hoy en día para aplicación como reconocedor de patrones. Este modelo era capaz de generalizar, es decir, después de haber aprendido una serie de patrones podía reconocer otros similares, aunque no se le hubiesen presentado anteriormente. Sin embargo, tenía una serie de limitaciones, por ejemplo, su incapacidad para resolver el problema de la función OR-exclusiva y, en general, era incapaz de clasificar clases no separables linealmente.

1960 - Bernard Widrow/Marcial Hoff. Desarrollaron el modelo Adaline (ADaptive LINear Elements). Esta fue la primera red neuronal aplicada a un problema real (filtros adaptativos para eliminar ecos en las líneas telefónicas) que se ha utilizado comercialmente durante varias décadas.

1967 - Stephen Grossberg. A partir de sus conocimientos fisiológicos, ha escrito numerosos libros y desarrollado modelo de redes neuronales. Realizó una red: Avalancha, que consistía en elementos discretos con actividad que varía en el tiempo que satisface ecuaciones diferenciales continuas, para resolver actividades como reconocimiento continuo de habla y aprendizaje de los brazos de un robot.

1974 - Paul Werbos. Desarrolló la idea básica del algoritmo de aprendizaje de *propagación hacia atrás* (backpropagation).

1985 - John Hopfield. Provocó el renacimiento de las redes neuronales con su libro: “Computación neuronal de decisiones en problemas de optimización.”

1986 - David Rumelhart/G. Hinton. Redescubrieron el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation). A partir de 1986, el panorama fue alentador con respecto a las investigaciones y el desarrollo de las redes neuronales.

Ventajas que ofrecen las redes neuronales

Debido a su constitución y a sus fundamentos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc. esto hace que ofrezcan numerosas ventajas y que este tipo de tecnología se esté aplicando en múltiples áreas.

Entre las ventajas se incluyen:

Aprendizaje adaptativo: Capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.

Auto-organización: una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.

Tolerancia a fallos: la destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.

Operación en tiempo real: los cálculos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.

Fácil inserción dentro de la tecnología existente: se pueden obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilitará la integración modular en los sistemas existentes.

JUSTIFICACIÓN:

Si deseamos controlar robots manipuladores de una forma precisa, debemos obtener un modelo matemático dinámico que tome en cuenta el acoplamiento entre eslabones. Sin embargo este modelo contiene no linealidades en sus parámetros que dificultan su análisis y control con sistemas tradicionales.

Las redes neuronales son una herramienta computacional que nos pueden facilitar la identificación de parámetros no lineales que garanticen estabilidad de sistemas y manejan perturbaciones, nos apoyaremos en esquemas de control basados en redes neuronales para implementar este algoritmo computacional que nos ayude en el proceso de obtener un control preciso del robot en la planeación de trayectorias, además de obtener controladores robustos que manejan no linealidades,

OBJETIVOS GENERALES

1. Aplicación de técnicas de redes neuronales en control de robots.
2. Diseño de una ley de control para la planeación de trayectorias de un robot con eslabones rígidos basados en redes neuronales.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Realizar los cálculos necesarios para obtener la cinemática directa e inversa para el robot
2. Descripción de modelo dinámico para el robot con eslabones rígidos
3. Diseño de la estrategia de control en la planeación de trayectorias del robot con eslabones rígidos
4. Selección y entrenamiento de una red neuronal multicapa, para la implementación de la ley de control
5. Validación del control basado en redes neuronales por medio de un análisis comparativo entre los métodos del control tradicional y los basados en el aprendizaje y entrenamiento de de la red neuronal.

METODOLOGÍA.

1. Obtención de la información general sobre los trabajos realizados en control con redes neuronales, especialmente para robots con eslabones rígidos. Esto permitirá tener un panorama general sobre algunas técnicas de control con redes neuronales que hoy en día se han implementado (Estado del Arte)
2. Desarrollo los cálculos necesarios, tales como, obtención de la cinemática directa e inversa, la dinámica, control y planeación de trayectorias para el robot con eslabones rígidos
3. Estudio de las redes neuronales artificiales y selección de la red apropiada para implementar la estrategia de control. Entrenamiento de la red a partir de un plan de entrenamiento jerarquizado que parte de las tareas más elementales a tareas complejas que involucran la aproximación de trayectorias arbitrarias.
4. Desarrollo el algoritmo de control con el tipo de red neuronal a utilizar en cada una de las etapas.
5. Comparar el control realizado con respecto al control tradicional de robots con eslabones rígidos

RECURSOS REQUERIDOS Y DISPONIBLES

Herramientas utilizadas:

1. Computadora Pentium IV, con 256 Mbytes en RAM, 2 Ghz, o alguna otra que soporte el software que se mencionará a continuación.
2. Windows XP Home o Profesional. Elegiremos éste sistema operativo debido a que en esta plataforma alcanza a cubrir los requerimientos del proyecto y que además es ilustrativo en lo que respecta en nuestras demostraciones.
3. Software Matlab 6.5. El desarrollo de los cálculos y elaboración de la red neuronal se realizarán en el software mencionado, ya que cumple con las herramientas necesarias para el desarrollo.

CALENDARIZACIÓN

Proyecto de investigación I

<i>ACTIVIDAD</i>	<i>SEMANA</i>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Análisis de los artículos relacionados con la investigación. (Estado del Arte)	X	X									
Desarrollo y obtención de la cinemática directa para un robot articulado.			X								
Desarrollo y obtención de la cinemática inversa para robots.			X								
Análisis en el control del robot con un método tradicional (control adaptable)				X	X						
Estudio de la planeación de trayectorias en el robot con eslabones rígidos						X	X				
Estudio de las Redes Neuronales utilizadas hoy en día en los sistemas de control								X	X	X	X
Reporte Escrito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Proyecto de investigación II

<i>ACTIVIDAD</i>	<i>SEMANA</i>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Seleccionar el tipo de control que se utilizará en el desarrollo del algoritmo con redes neuronales.	X	X									
Seleccionar la red neuronal a utilizar en la planeación de trayectorias			X	X							
Elaboración del algoritmo de control con redes neuronales.				X	X	X	X				
Comparación del control realizado con respecto al control tradicional de robots manipuladores obteniendo ventajas y desventajas.								X			
Conclusiones del proyecto.									X		
Reporte final escrito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] EDMUNDO ROSENOS DÍAZ, *Guía para la elaboración de Protocolos de investigación*, Instituto Politécnico Nacional, México (2000)
- [2] CARLOS DE LA VEGA LEZAMA , *Un paso hacia el Método Científico*, Instituto Politécnico Nacional, México (2001)
- [3] F. L. LEWIS, D. M. DAWSON, CH. T. ABDALLAH, *Robot Manipulator Control, Theory and Practice*, Second Edition, New York, (2004)
- [4] ENRIQUE CASTILLO, ANGEL COBO, JOSE MANUEL GUTIERREZ, ROSA EVA PRUNEDA, *Introducción a las redes neuronales funcionales con aplicaciones*, paraninfo, (1998)
- [5] JAMES A. FREEMAN, *Simulating Neural Networks con Mathamatica*, Addison Wesley Publishing Company, (1994)
- [6] K. S. FU, R. C. GONZALEZ, C. S. G. LEE, *Robótica, Control, Detección, Visión e Inteligencia* Mc Graw Hill (1989)
- [7] ANIVAL OLLERO BATURONE, *Robótica, Manipuladores y Robots Móviles*, Mc Graw Hill (2001)
- [8] KATSUHIKO OGATA, *Ingeniería de Control Utilizando Matlab*, Prentice Hall (1999)
- [9] FRANK L. LEWIS, *Neural Network Control of Robot Manipulators*, Universidad de Texas at Arligton IEEE (1996).
- [10] FELIPE MONROY PEREZ, BENJAMÍN VÁZQUEZ GONZALEZ, *Path planning for a robot with an oscillatory element in the end-effector*, UAM Azcapotzalco México.
- [11] ASTROM, K. J. & WITTENMARK B., *Adaptive Control*, USA Adisson Wesley (1989)
- [12] CHEN, FU-C., *Back-Propagation Neural Networks for Non Linear self-tuning Adaptive Control*, CHINA, IFAC (1990) 687
- [13] L. SCIAVICCO AND B. SICILIANO, *Modelling and Control Of Robot Manipulators* SpringerVerlag LONDON BERLIN HEIDELBERG (2000)