

Memoria Irin 2013/2014

Patricia Ramos

Alberto Benito

INTRODUCCION

Este proyecto consiste en la emulación del comportamiento de un ser recolector, basado en la filosofía de los NPC (non-playable-characters) de los videojuegos, que suelen tener rutinas predefinidas de actuación, el cual, en un ambiente lleno de árboles, busca el alimento y el agua que necesita según sus necesidades, mediante el uso de una arquitectura neuronal.



En dicha simulación, el robot representa al recolector protagonista, siendo la luz azul el agua de nuestra emulación, y la luz amarilla representando el alimento. Así mismo, los obstáculos de la arena emulan a los árboles, que el recolector deberá esquivar para obtener el alimento o bebida que necesita.

Para simular dicho comportamiento, empleamos sensores de batería de luz amarilla, y batería de luz azul, que simulará la necesidad de alimento y agua, respectivamente. Así mismo, en caso de no tener ninguna necesidad, el recolector se dirigirá a casa, representado con luz roja.

DESARROLLO

Para desarrollar nuestra idea, hemos procedido con la implementación de acuerdo con los principios de la genética evolutiva. Para ello, desarrollamos los experimentos primero de forma manual, con el formato neuronal, para ver hasta donde es capaz de llegar nuestro robot. Tras ello, desarrollamos los mismos experimentos con el formato de genética evolutiva, observando los resultados.

Génética neuronal

Se han desarrollado diversos experimentos por genética neuronal, estructurados según el número de sensores empleados en cada experimento, para tratar de emular al máximo el comportamiento final del robot. Para ello, es necesario definir los pesos y los sesgos de las diferentes capas neuronales.

De manera genérica:

$$x_n^i = \theta_n^i + \sum_{j=1}^{Nm} w_{ij}^m * y_j^m$$

Representados en la siguiente fórmula en las capas de 18 cromosomas:

$$\begin{aligned} V_0^0 &= \theta_0^0 + w_{00}^0 * S_0^1 + w_{01}^0 * S_1^1 + w_{02}^0 * S_2^1 + w_{03}^0 * S_3^1 + w_{04}^0 * S_4^1 + w_{05}^0 * S_5^1 + w_{06}^0 * S_6^1 + w_{07}^0 * S_7^1 \\ V_1^0 &= \theta_1^0 + w_{01}^0 * S_0^1 + w_{11}^1 * S_1^1 + w_{12}^1 * S_2^1 + w_{13}^1 * S_3^1 + w_{14}^1 * S_4^1 + w_{15}^1 * S_5^1 + w_{16}^1 * S_6^1 + w_{17}^1 * S_7^1 \end{aligned}$$

Posteriormente:

$$y_m^i = g_m^i(V_m^i)$$

Y dado que está aplicada una función lineal de activación la salida será:

$$y_m^i = (1 - V_m^i)$$

Una vez definida la metodología, realizamos los experimentos correspondientes:

Experimento 0: Acudir a la luz

Sensores empleados: Luz amarilla

Entorno: Arena sin obstáculos, luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 18
- Pesos y sesgos (Sesgos primera columna):

0.1 0.1 0.3 0.6 0.8 0 0 0 0

0.1 0 0 0 0 0.8 0.6 0.3 0.1

Formalmente:

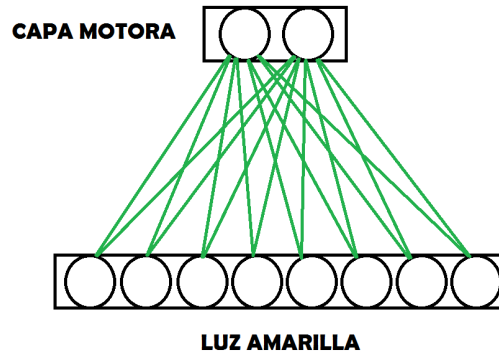
$$V_0^0 = 0.1 + 0.1 * S_0^1 + 0.3 * S_1^1 + 0.6 * S_2^1 + 0.8 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0 * S_6^1 + 0 * S_7^1$$

$$V_1^0 = 0.1 + 0 * S_0^1 + 0 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0.8 * S_4^1 + 0.6 * S_5^1 + 0.3 * S_6^1 + 0.1 * S_7^1$$

Donde las salidas:

$$y_m^i = (1 - V_m^i)$$

- Estructura:



En el experimento 0, se han empleado únicamente sensores de luz amarilla, estando el robot ubicado en una arena sin obstáculos. Se observa que el comportamiento del robot es el esperado, avanzando hacia la luz a buena velocidad.

Experimento 1: Evitar obstáculos

Sensores empleados: Proximidad

Entorno: Arena con obstáculos, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 18
- Pesos y sesgos:
0.3 0 0 0 0 0 0 0.5 0.9
0.2 0.6 0.4 0 0 0 0 0 0
(Sesgos primera columna)

Formalmente:

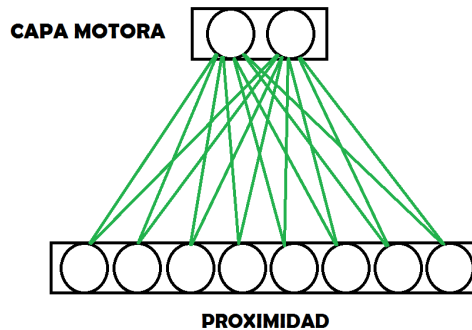
$$V_0^0 = 0.3 + 0 * S_0^1 + 0 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0.5 * S_6^1 + 0.9 * S_7^1$$

$$V_1^0 = 0.2 + 0.6 * S_0^1 + 0.4 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0 * S_6^1 + 0 * S_7^1$$

Donde las salidas:

$$y_m^i = (1 - V_m^i)$$

- Estructura:



En este caso el sensor utilizado es el sensor de proximidad. El robot, en un entorno lleno de obstáculos, que representan los árboles con los que se encuentra el recolector, deberá esquivarlos. Los pesos se encuentran colocados de forma que solo los sensores delanteros están activados.

Tras la realización de este experimento comprobamos el comportamiento del robot, el cual evita los obstáculos a gran velocidad, con poca probabilidad de colisión con las esquinas.

Experimento 2: Acudir a la luz, evitando obstáculos

Sensores empleados: Luz amarilla, proximidad

Entorno: Arena con obstáculos, luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 34
- Pesos y sesgos:
0.3 0 0 0 0 0 0.5 0.9 0.1 0.3 0.6 0.8 0 0 0 0
0.2 0.6 0.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0.8 0.6 0.3 0.1
(Sesgos primera columna)

Formalmente:

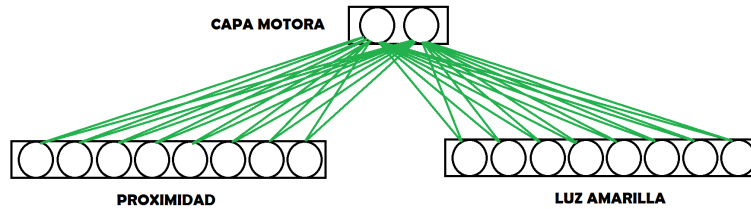
$$V_0^0 = 0.3 + 0 * S_0^1 + 0 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0.5 * S_6^1 + 0.9 * S_7^1 + 0.1 * S_0^2 + 0.3 * S_1^2 + 0.6 * S_2^2 + 0.8 * S_3^2 + 0 * S_4^2 + 0 * S_5^2 + 0 * S_6^2 + 0 * S_7^2$$

$$V_1^0 = 0.2 + 0.6 * S_0^1 + 0.4 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0 * S_6^1 + 0 * S_7^1 + 0 * S_0^2 + 0 * S_1^2 + 0 * S_2^2 + 0 * S_3^2 + 0.8 * S_4^2 + 0.6 * S_5^2 + 0.3 * S_6^2 + 0.1 * S_7^2$$

Donde las salidas:

$$y_m^i = (1 - V_m^i)$$

- Estructura:



Una vez comprobado el funcionamiento de los sensores de luz amarilla y de proximidad por separado, el siguiente experimento consiste en la unión de ambos sensores, como dos capas neuronales paralelas conectadas a la capa motora. Gracias a este experimento comprobamos el correcto de ambos sensores, siendo el robot capaz de evitar los árboles (obstáculos) y a la vez acudir a la comida (luz amarilla).

Experimento 3: Acudir a la luz amarilla y azul, evitando obstáculos

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul, proximidad

Entorno: Arena con obstáculos, luz amarilla, luz azul, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 50
- Pesos y sesgos:

0.3	0	0	0	0	0	0.5	0.9	0.1	0.3	0.6	0.8	0	0	0	0	0.1	0.3	0.6	0.8	0	0	0	0
0.2	0.6	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.6	0.3	0.1	0	0	0	0	0.8	0.6	0.3	0.1	0	0

(Sesgos primera columna)

Formalmente:

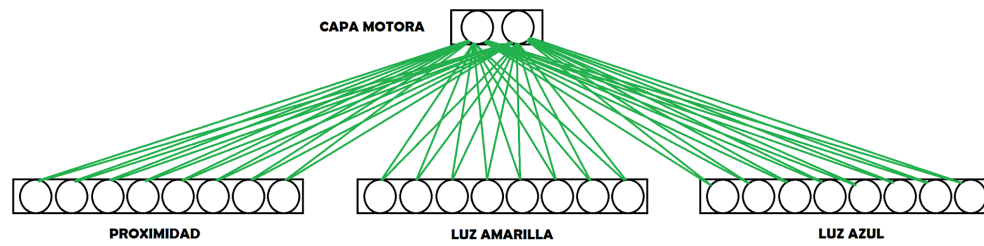
$$V_0^0 = 0.3 + 0 * S_0^1 + 0 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0.5 * S_6^1 + 0.9 * S_7^1 + 0.1 * S_0^2 + 0.3 * S_1^2 + 0.6 * S_2^2 + 0.8 * S_3^2 + 0 * S_4^2 + 0 * S_5^2 + 0 * S_6^2 + 0 * S_7^2 + 0.1 * S_0^3 + 0.3 * S_1^3 + 0.6 * S_2^3 + 0.8 * S_3^3 + 0 * S_4^3 + 0 * S_5^3 + 0 * S_6^3 + 0 * S_7^3$$

$$V_1^0 = 0.2 + 0.6 * S_0^1 + 0.4 * S_1^1 + 0 * S_2^1 + 0 * S_3^1 + 0 * S_4^1 + 0 * S_5^1 + 0 * S_6^1 + 0 * S_7^1 + 0 * S_0^2 + 0 * S_1^2 + 0 * S_2^2 + 0 * S_3^2 + 0.8 * S_4^2 + 0.6 * S_5^2 + 0.3 * S_6^2 + 0.1 * S_7^2 + 0 * S_0^3 + 0 * S_1^3 + 0 * S_2^3 + 0 * S_3^3 + 0.8 * S_4^3 + 0.6 * S_5^3 + 0.3 * S_6^3 + 0.1 * S_7^3$$

Donde las salidas:

$$y_m^i = (1 - V_m^i)$$

- Estructura:



Para continuar con el desarrollo del robot, le añadimos sensor de luz azul, con el fin de que el robot vaya de una luz a otra, recogiendo comida y agua, de forma alterna. En este caso, el robot evita de forma correcta los obstáculos, pero solo se dirige hacia la luz más cercana, quedándose ahí, en lugar de dirigirse a la siguiente luz. Para que este experimento hubiese sido exitoso, deberíamos haber establecido luces intermitentes, para indicar de esa manera al robot a que luz dirigirse en cada situación.

Génética evolutiva

Para el desarrollo de nuestra simulación mediante la genética evolutiva hemos realizado diversos experimentos, con distintas funciones de Fitness, de experimentos con estructuras más sencillas, a las estructuras complejas para lograr alcanzar el objetivo propuesto para el robot. Los experimentos son los siguientes:

Experimento 0: Luz amarilla

Sensores empleados: Luz amarilla

Entorno: Arena sin obstáculos, una luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

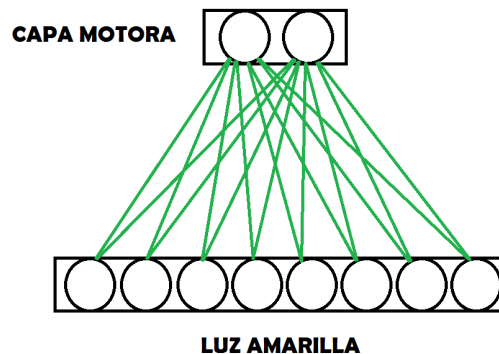
Genética:

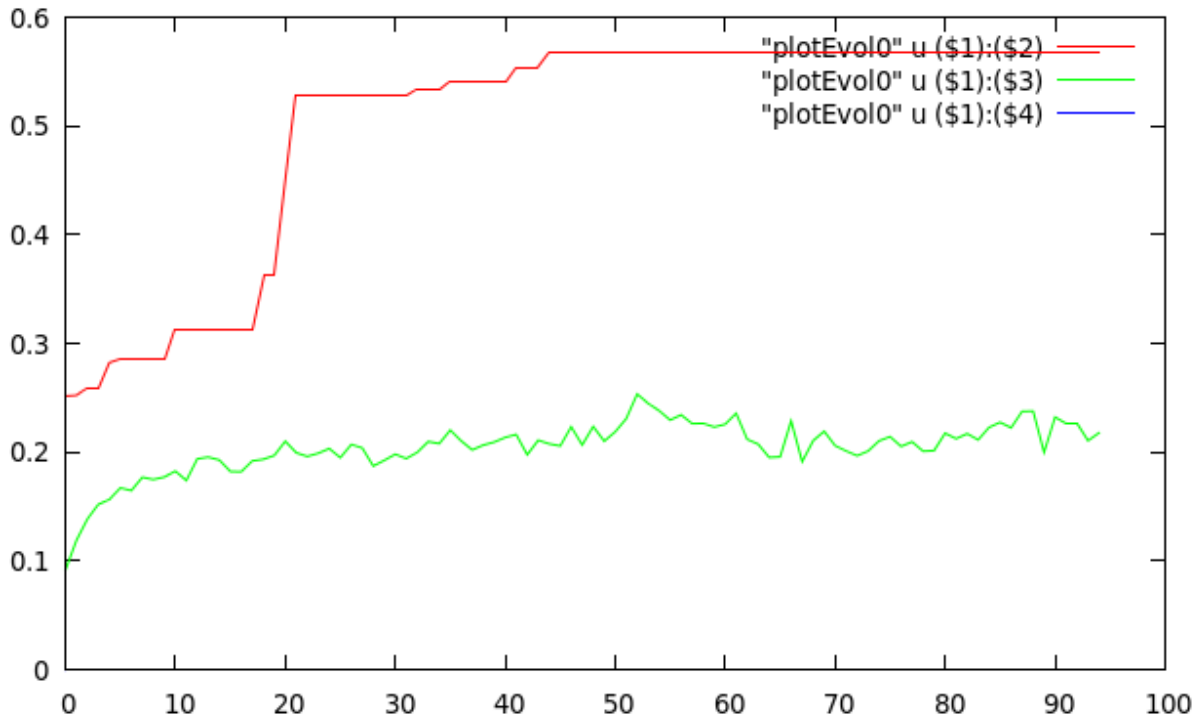
- Cromosomas: 18
- Tamaño población = 100
- Número generaciones = 94
- Tiempo evaluación = 100
- Muestras por cromosoma = 1

$$F_{local} = 0.25 * V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) * (1 - ProxL) + (0.75 * (L_{S0} + L_{S7}))$$

$$F_{total} = F_{local} / NumberSteps$$

- Estructura:





Este experimento es el experimento inicial, al cual añadiremos mayor complejidad. En él, el robot sale de su posición con dirección a la luz que detecta, dirigiéndose poco a poco hacia ella hasta que se queda enfrente parado. (Lo mismo con una o dos luces)

Experimento 1: Luz amarilla (cambio de coeficientes)

Sensores empleados: Luz amarilla

Entorno: Arena sin obstáculos, una luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

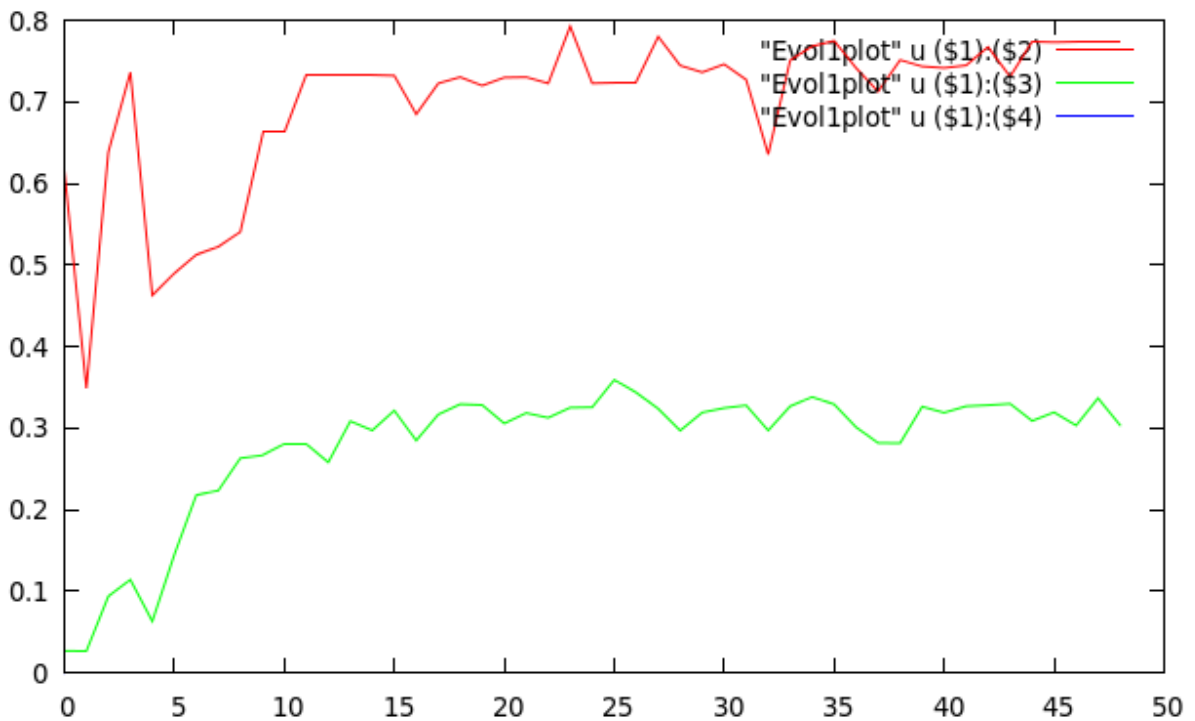
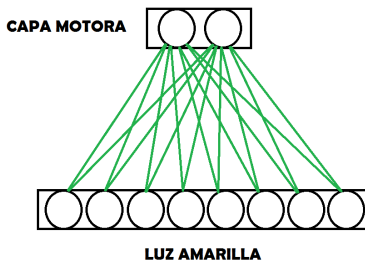
Genética:

- Cromosomas: 18
- Tamaño población = 100
- Número generaciones = 48
- Tiempo evaluación = 100
- Muestras por cromosoma = 1

$$F_{local} = 0.45 * V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) * (1 - ProxL) + (0.55 * (L_{S0} + L_{S7}))$$

$$F_{total} = F_{local} / NumberSteps$$

- Estructura: La misma estructura que en el experimento 0



Al cambiar los coeficientes de la Fitness, sobre la misma función, observamos que el robot hace exactamente lo mismo que en el experimento anterior. Sin embargo al redefinir la función de máxima velocidad conseguimos que el robot se quede parado en frente tocando la luz en vez de enfrente de la luz, pero no se trata de un dato relevante para la realización de los experimentos posteriores.

Experimento 2: Luz con baterías

Sensores empleados: Luz amarilla, batería luz amarilla

Entorno: Arena sin obstáculos, una luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 26
- Tamaño población = 150
- Número generaciones = 100

- Tiempo evaluación = 400
- Muestras por cromosoma = 1
- Para Bat < 0.3

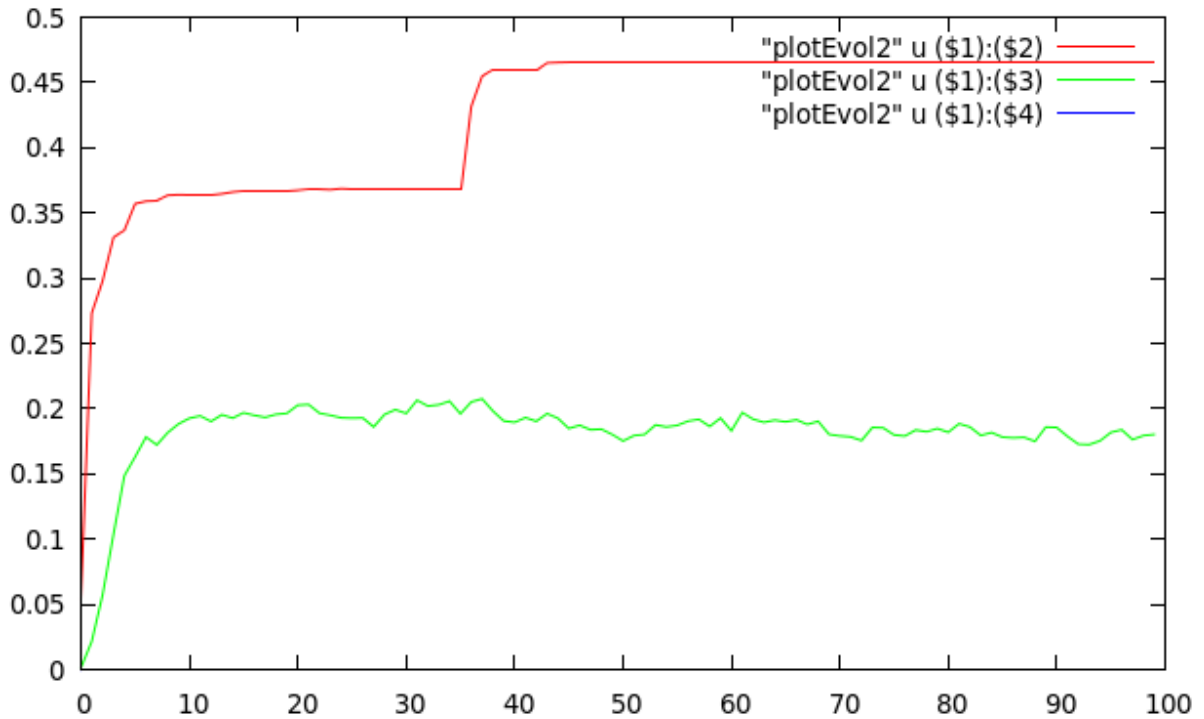
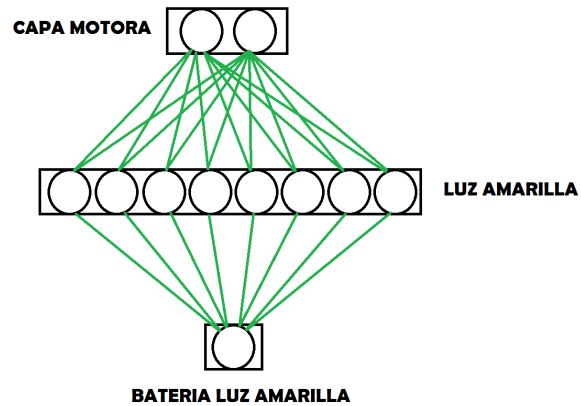
$$F_{local} = 0.45 * V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) - (Bat)$$

Para Bat > 0.3

$$F_{local} = 0.45 * V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) + 0.1 * (M_L * M_R)$$

$$F_{total} = F_{local} / \text{NumberSteps}$$

- Estructura:



El objetivo que queremos alcanzar en este experimento es que el robot se dirija hacia la luz, pero que también tenga un comportamiento pasivo después de haberse acercado. Modificamos la estructura para que sea capaz de entender el sensor de batería, el cual determinará el comportamiento de los sensores de luz. El resultado es curioso, el robot se acerca a la luz y luego empieza a hacer un recorrido en forma de parábola hasta que de repente en un punto gira y vuelve a encararse y se acerca a la luz rápidamente.

Experimento 3: Evitar obstáculos (árboles)

Sensores empleados: Luz amarilla, proximidad

Entorno: Arena con obstáculos, una luz amarilla, robot orientado de forma aleatoria.

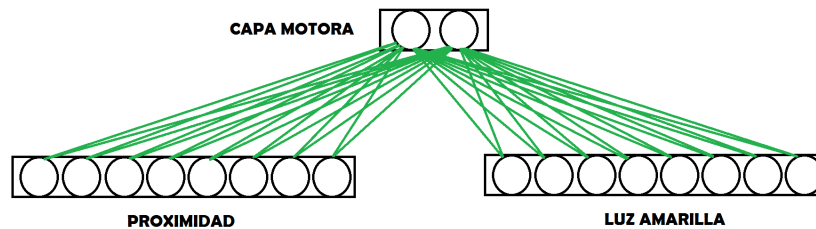
Genética:

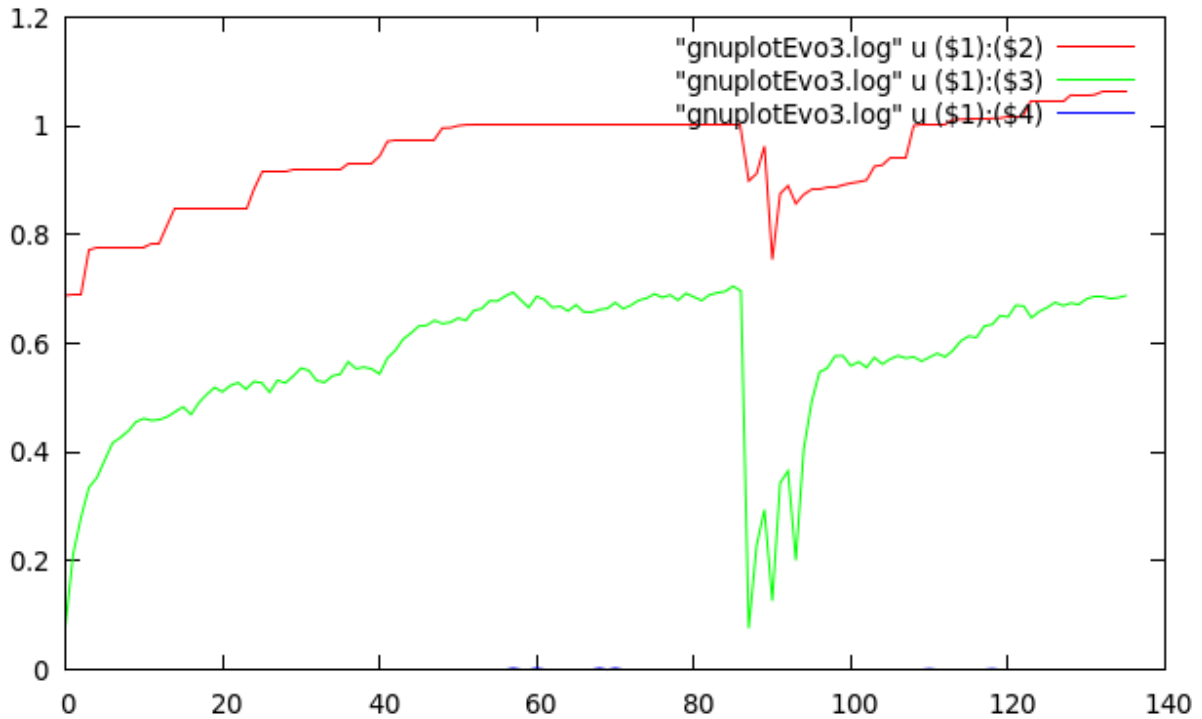
- Cromosomas: 34
- Tamaño población = 300
- Número generaciones = 135
- Tiempo evaluación = 200
- Muestras por cromosoma = 1

$$F_{local} = V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) + 0.3 * (L_{S0} + L_{S7})$$

$$F_{total} = F_{local} / \text{NumberSteps} + (1 - \min(\text{Col}, 10) / 10)$$

- Estructura:





Funciona correctamente, de hecho durante la evolución hemos ido cambiando la luz para que se acostumbrara a entornos diferentes, cambiando el flag del main.cpp. Consigue adaptarse a los diferentes entornos con la misma función de fitness. La caída que vemos que sufre la función de fitness es en el primer cambio de entorno al que experimenta nuestro robot, el siguiente cambio sin embargo la caída es mucho menos brusca.

Experimento 4: En arena con árboles, luces de dos tipos, amarillas y azules, en nuestro caso comida y agua (simular en entorno1)

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul, proximidad

Entorno: Arena con obstáculos, una luz amarilla, una luz azul, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 50
- Tamaño población = 150
- Número generaciones = 10
- Tiempo evaluación = 100
- Muestras por cromosoma = 1

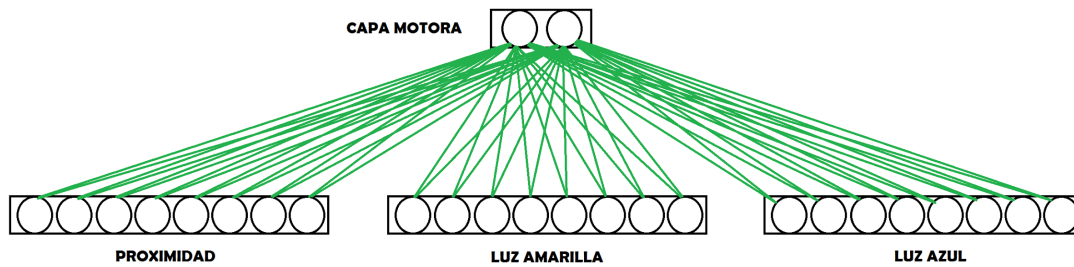
$$F_{local} = MaxV * (M_R * M_L) + f_1(t)$$

$$\text{Para BLS}=0 \quad f_1(t) = (LS0 + LS7)$$

$$\text{Para el resto } f_1(t) = (BLS0 + BLS7)$$

$$F_{total} = F_{local} / \text{NumberSteps} + (1 - \min(Col, 10) / 10)$$

- Estructura:



Experimento fallido. No hace lo correcto, ni mucho menos. Introduce un error al evolucionar a partir de la generación 10.

Experimento 5: Dos luces en arena con árboles con baterías (test3)

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul, proximidad, batería luz amarilla, batería luz azul

Entorno: Arena con obstáculos, una luz amarilla, una luz azul, robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 82
- Tamaño población = 300
- Número generaciones = 108
- Tiempo evaluación = 500
- Muestras por cromosoma = 1

Para $Bat < 0.5$

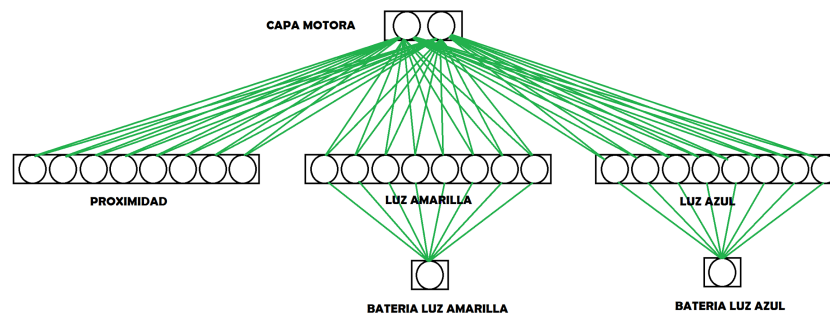
$$F_{local} = V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) + (S_{L0} + S_{L7})$$

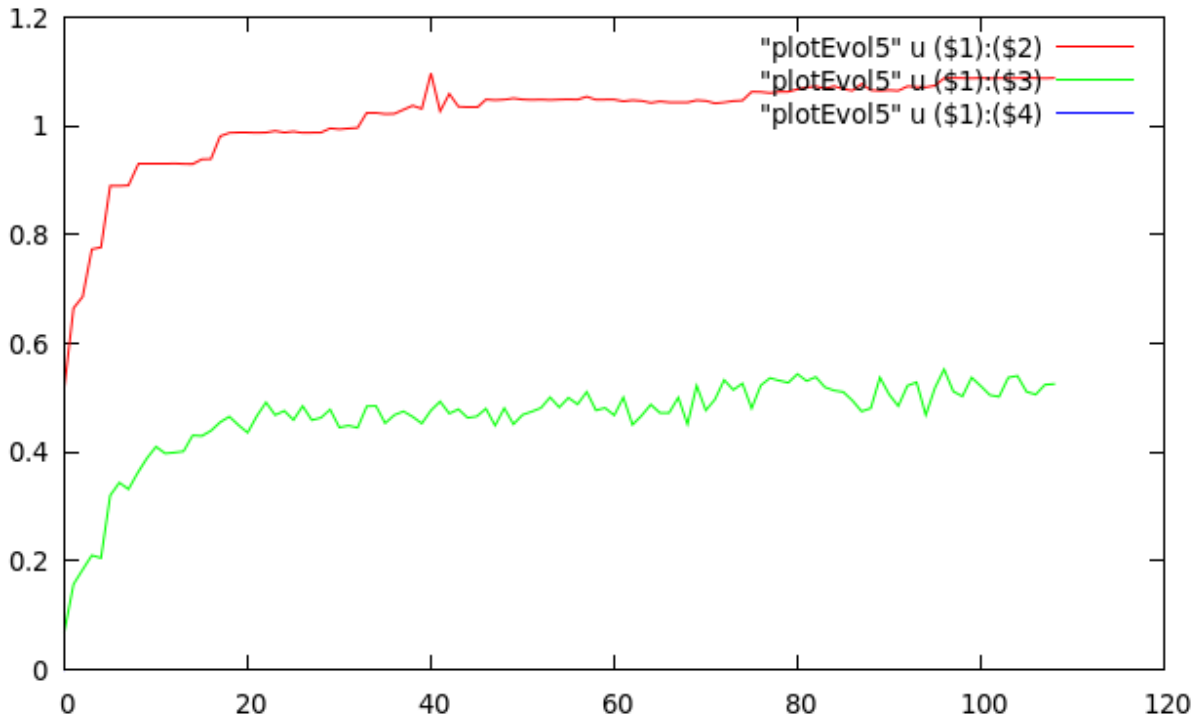
Para $Bat > 0.3$

$$F_{local} = V * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) + (BS_{L0} + BS_{L7})$$

$$F_{total} = F_{local} / \text{NumberSteps}$$

- Estructura:





En este experimento el robot es incapaz de coordinarse en absoluto, excepto para esquivar obstáculos.

Experimento 6: Vuelta al poblado una vez no necesita alimentarse, representado con una luz roja

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul, luz roja, proximidad, batería luz amarilla, batería luz azul, batería luz roja, suelo, suelo con memoria

Entorno: Arena con obstáculos, una luz amarilla, una luz azul, una luz roja (las luces amarilla y azul situadas en una región de suelo gris, la luz roja situada en una región de suelo rojo), robot orientado de forma aleatoria.

Genética:

- Cromosomas: 122
- Tamaño población = 150
- Número generaciones = 9931
- Tiempo evaluación = 200
- Muestras por cromosoma = 1

$$F_{local} = MaxV * (MR * ML) * (1 - (\sqrt{M_R^2 + M_L^2})) + 0.1 * \sum_0^n x_n$$

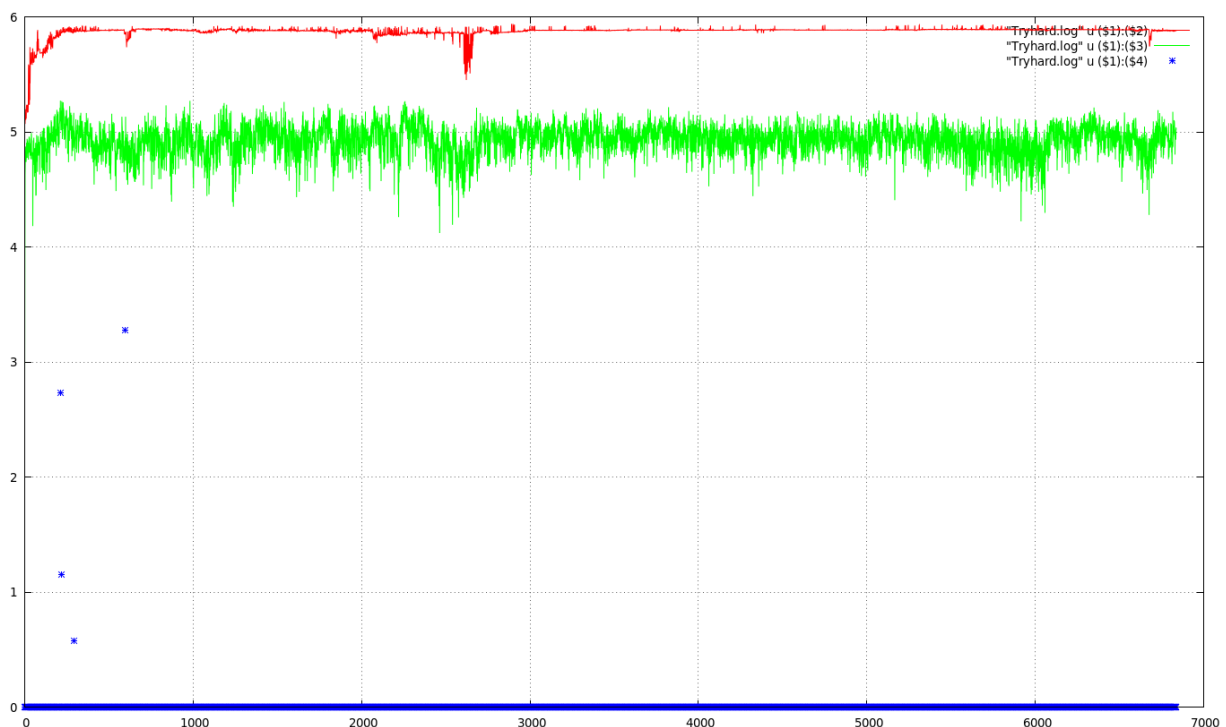
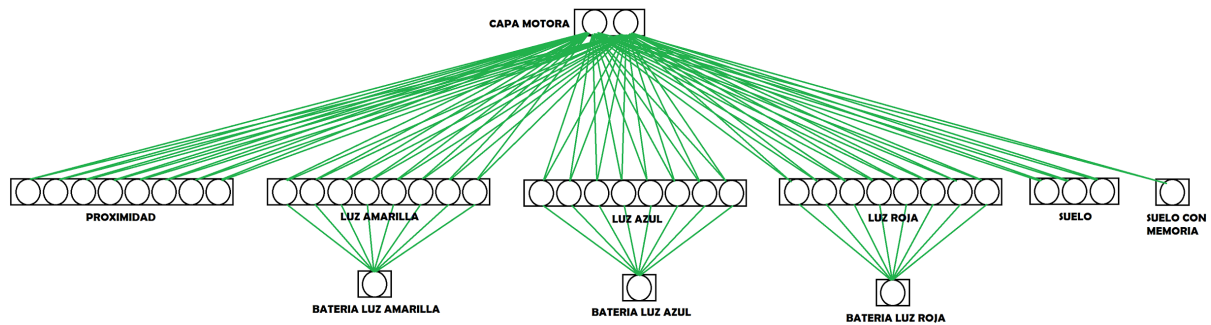
n = nº de rotaciones completas máquina de estados

$$F_{total} = F_{local} / NumberSteps + (1 - \min(Col, 10) / 10) + \text{Cambios en la máquina de Estados};$$

La máquina de estados tiene 4 estados. en consecución con el suelo y el estado de la batería. La transición es la siguiente: Batería Roja y Sensor de suelo = Negro (0.0) -> Batería Azul y

memoria de Suelo Gris(0.5) -> Batería Roja y Memoria de Suelo = Negro (0.0) -> Batería y Memoria de Suelo gris(0.5) y la máquina se reinicia al primer estado aumentando la rotación completa de los estados.

- Estructura:



Pese a todo esto no funciona correctamente ya que establece simplemente unas trayectorias que logran pasar por todas las zonas de suelo, sin embargo no lo hacen de manera lógica y ordenada como quisieramos.

Entendemos que el error sobretodo yace en un fallo en el fichero de parámetros y la longitud de las luces y por otro lado en que deberíamos haber utilizado más tiempo de simulación y más muestras por cromosoma para que pudiera haber sido posible.

Además también hubiera sido coherente usar algún tipo de capa oculta para el funcionamiento del robot, aunque cambiando simplemente esos parámetros podría haber llegado a funcionar. Aquí en este punto nos replanteamos el problema a uno más sencillo.

Experimento 7: Dos Luces solamente con sensores de Luz Azul y Luz Amarilla, sin intermitencia de objetos

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul.

Entorno: Arena vacía, Luz amarilla y Luz azul.

Genética:

- Cromosomas: 34
- Tamaño población = 150
- Número generaciones = 327
- Tiempo evaluación = 200
- Muestras por cromosoma = 1

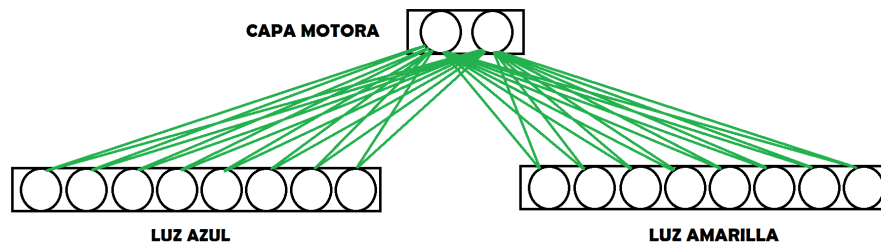
$$F_{local} = MaxV * (M_R * M_L) + f_1(t)$$

$$\text{Para BLS}=0 \quad f_1(t) = (LS0+LS7)$$

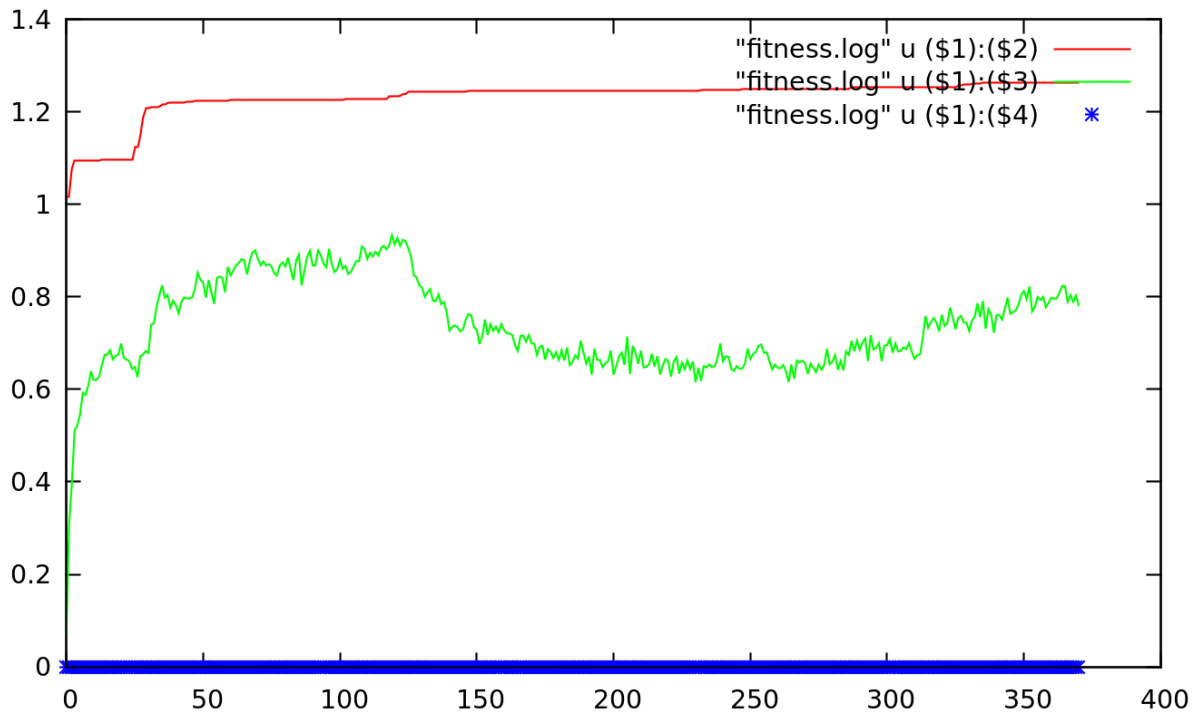
$$\text{Para el resto } f_1(t) = (BLS0 + BLS7)$$

$$F_{total} = F_{local} / NumberSteps$$

- Estructura:



Funciona estupendamente, el robot va de una luz a otra, y se gira en el momento de llegar a esa luz por la calibración de las neuronas y al girar y tener inmediatamente delante la otra luz va hacia la otra sin necesidad de hacer nada más.



Experimento 8: Dos Luces solamente con sensores de Luz Azul y Luz Amarilla, con intermitencia de objetos

Sensores empleados: Luz amarilla, luz azul.

Entorno: Arena vacía, Luz amarilla y Luz azul, intermitencia de 400steps.

Genética:

- Cromosomas: 34
- Tamaño población = 150
- Número generaciones = 100
- Tiempo evaluación = 500
- Muestras por cromosoma = 1

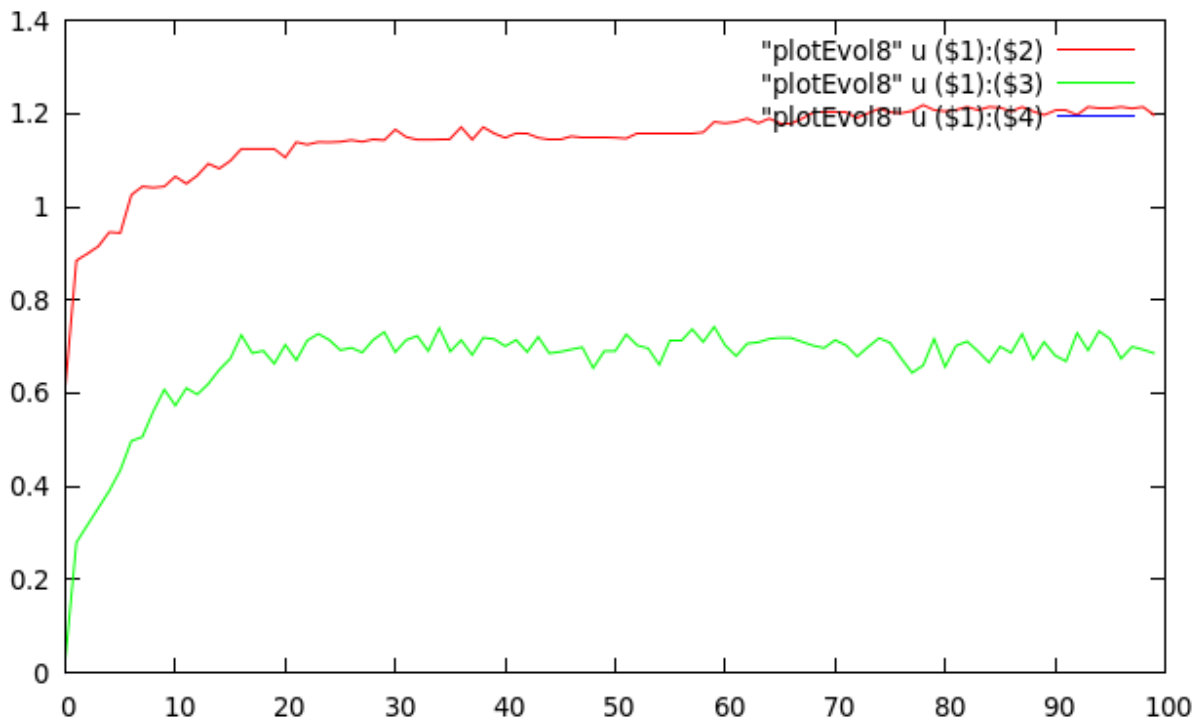
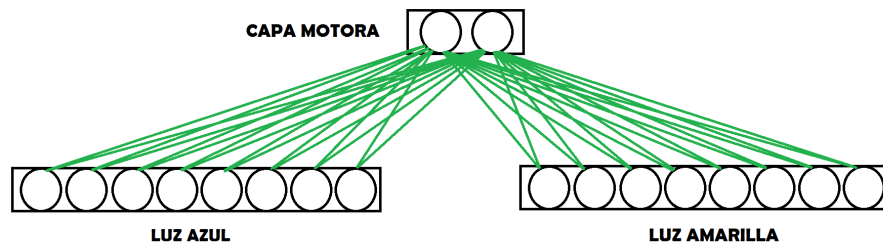
$$F_{local} = MaxV * (M_R * M_L) + f_1(t)$$

Para BLS =0 $f_1(t) = (LS0+LS7)$

Para el resto $f_1(t) = (BLS0 + BLS7)$

$$F_{total} = F_{local} / NumberSteps$$

- Estructura: La misma estructura que en el experimento 8



Funciona correctamente, va moviéndose entre ambas luces.