

Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias

Herramienta para la Planificación con Incertidumbre SPI 1.0 Manual de Usuario

20 de julio de 2018

Autores:

Alberto Reyes Ballesteros (GCEC)

Rafael Alejandro Valencia Ramos (Universidad Yachay Tech)

Índice general

1. Introducción	4
1.1. Definición de términos	4
1.2. Objetivos	5
1.3. Requerimientos del sistema	5
1.3.1. Librerías necesarias	5
2. Instalación, ejecución y desinstalación	6
2.1. Instalación de la aplicación	6
2.2. Ejecución de la aplicación	6
2.3. Desinstalación de la aplicación	7
3. Uso de la aplicación	8
3.1. Pantalla principal	8
3.1.1. Markov Decision Processes (MDP) Toolbox	9
3.1.2. Symbolic Perseus	9
3.2. Compilador de FMDPs	9
3.2.1. Prueba	11
3.2.1.1. Carga MDP	11
3.2.1.2. Consulta	11
3.2.2. Aprendizaje	12
3.2.2.1. Parámetros	12
3.2.2.2. Atributos, Atrib. Discretos, Ejemplos	12
3.3. Servidor de política	15
3.3.1. Archivo de Politica	15
3.3.2. Iniciar servidor	15
3.3.3. Cliente	16
3.3.3.1. Estado fact.	16

3.3.3.2.	Iniciar	16
3.3.3.3.	Cerrar	16
3.3.4.	Apagar	16
3.3.5.	Cerrar ventana	16
3.4.	Traductor de formatos	17
3.4.1.	Carpeta	17
3.4.2.	Seleccionar formato	17
3.4.3.	Iniciar traducción	17
3.4.3.1.	Traducción a formato SP	17
3.4.3.2.	Traducción a formato MDP Toolbox	18
3.4.4.	cerrar	18
3.4.5.	salir	18
3.5.	Simulador	19
3.5.1.	Barra de menú	19
3.5.1.1.	Archivo	19
3.5.1.2.	Ambiente	19
3.5.1.3.	Planificador	20
3.5.1.4.	Acerca de	23
3.5.2.	Datos Ambientales	23
3.5.2.1.	Generar Problema	24
3.5.2.2.	Borrar	24
3.5.2.3.	Restablecer	25
3.5.3.	Datos Robot	25
3.5.3.1.	Cambiar posición-orientación	25
3.5.4.	Exploración	26
3.5.4.1.	Archivo	26
3.5.4.2.	Explorar	27
3.5.4.3.	Ver Rastro	27
3.5.4.4.	Detener	27
3.5.5.	Planificador SPI	28
3.5.5.1.	Carpeta	28
3.5.5.2.	Partición	28
3.5.5.3.	Cargar	28
3.5.5.4.	Simular	28

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definición de términos

- **MDPs:** Procesos de Decisión de Markov
- **FMDPs:** Procesos de Decisión de Markov Factorizados
- **QMDPs:** Procesos de Decisión de Markov Cualitativos
- **HMDPs:** Procesos de Decisión de Markov Híbridos
- **RBD:** Redes Bayesianas Dinámicas
- **POMDPs:** Procesos de Decisión de Markov Parcialmente Observables.
- **Iteración de Valor:** Método para resolver MDPs.
- **Agente:** Es una parte del software que actúa para un usuario u otro programa, capaz de decidir cuando realizar una acción.
- **Utilidad:** Resultado de un problema de decisión que involucra un conjunto de decisiones.
- **Política:** Indica la acción que se debe ejecutar dado el estado (o probabilidad del estado)
- **Recompensa:** Incentivo que un agente recibe si este toma una acción a en un estado s
- **SPI:** Sistema de Planificación con Incertidumbre.
- **SP:** Symbolic Perseus.

1.2. Objetivos

El objetivo de este manual es explicar la funcionalidad de la Herramienta para la Planificación con Incertidumbre SPI 1.0, la cual permite resolver FMDPs, QMDPs y HMDPs mediante programación dinámica.

1.3. Requerimientos del sistema

- Procesador Intel Core i7 o superior.
- Windows 10.
- Memoria Ram 8 GB o superior.
- Memoria requerida en disco duro de 19.4 MB.
- NetBeans IDE 8.2 o superiores.
- Java SE Development Kit.

1.3.1. Librerías necesarias



- Elvira.jar
- weka.jar
- Javaclient.jar
- com.jar
- jfreechart.jar
- AbsoliteLayout.jar
- jcommon.jar
- EclipseLink-eclipselink.jar
- EclipseLink-javax.persistence_v.jar
- EclipseLink-org.eclipse.persistence.jar

Capítulo 2

Instalación, ejecución y desinstalación

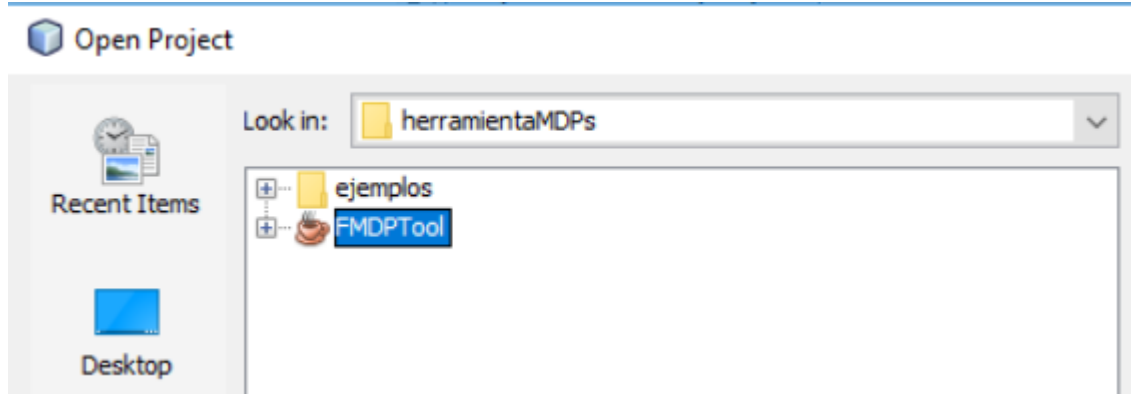
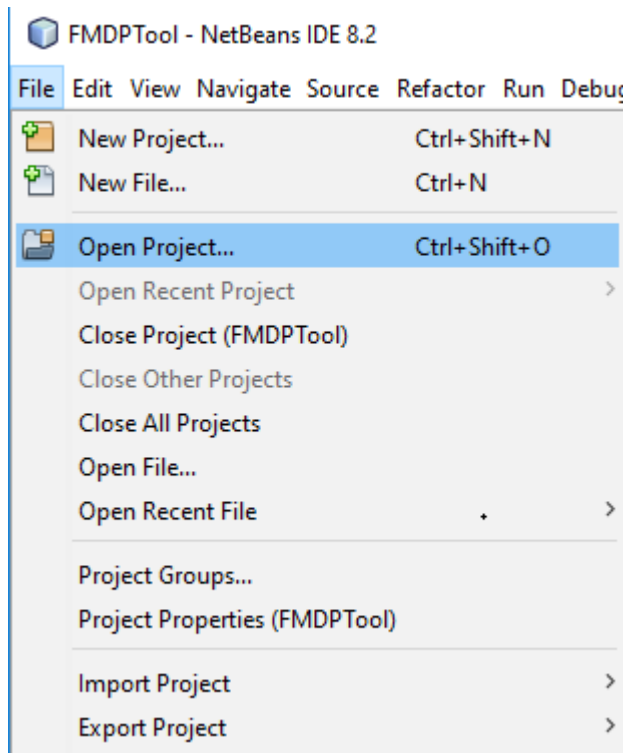
2.1. Instalación de la aplicación

Descargar y descomprimir el archivo *herramientaMDPs.rar* para generar una carpeta llamada **herramientaMDPs**

^	Name	Date modified	Type	Size
	 herramientaMDPs	4/19/2017 10:57 AM	File folder	
	 herramientaMDPs	7/4/2018 10:33 AM	Archivo WinRAR	33,09

2.2. Ejecución de la aplicación

Abrir la carpeta *herramientaMDPs* desde NetBeans y abrir el proyecto **FMDPTool**, una vez añadido como un proyecto de Netbeans, dar click en *run project* y el programa se ejecutara.



2.3. Desinstalación de la aplicación

Eliminar del computador la carpeta **herramientaMDPs**.

Capítulo 3

Uso de la aplicación

3.1. Pantalla principal

La pantalla principal (Fig. 3.1) esta compuesta por las funciones más importantes de la herramienta como son: el compilador de MDPs factorizados (fmdp), el servidor de política, el traductor de formato SPI-Symbolic Perseus, y un simulador de planificación de trayectorias sencillo.

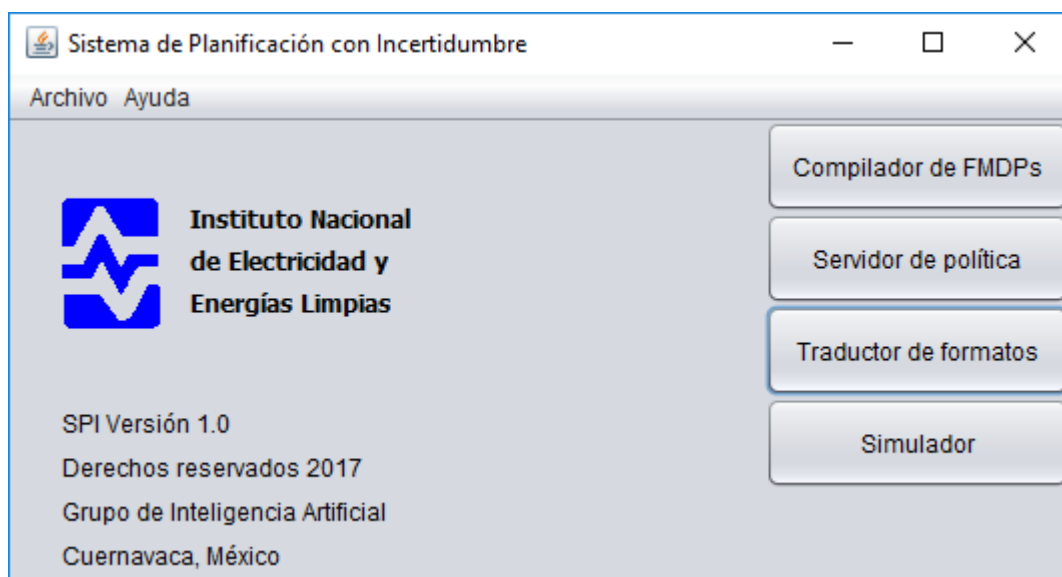


Figura 3.1: Pantalla principal de SPI

Esta aplicación permite generar distintos tipos archivos con las especificaciones del problema, esto permite que el SPI sea compatible con otros programas similares como: *Markov Decision Processes (MDP) Toolbox* y *Symbolic Perseus*

3.1.1. Markov Decision Processes (MDP) Toolbox

MDP toolbox consiste en un conjunto de funciones relacionadas con la resolución de procesos de decisión de Markov en tiempo discreto: iteración de valor, iteración de políticas, algoritmos de programación lineal con algunas variantes, además propone algunas funciones relacionadas con Aprendizaje por Refuerzo. (Chadès, Chapron, Cros, Garcia, y Sabbadin, 2014)

Nota: El archivo compatible con MDP Toolbox es *fmdp.obj*

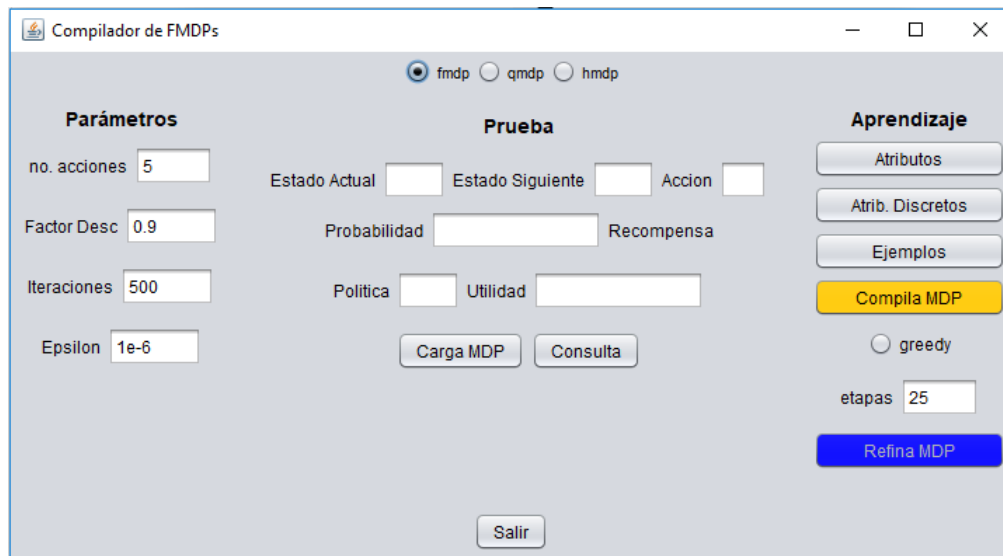
3.1.2. Symbolic Perseus

Symbolic Perseus es un algoritmo de iteración de valor basado en puntos. Este usa Diagramas de Decisión Algebraicos (ADD) como la estructura de datos para abordar grandes POMDP factorizados. (Poupart, 2009)

Nota: El archivo compatible con Symbolic Perseus es *mdp.txt*

3.2. Compilador de FMDPs

El compilador de FMDPs permite: i) generar un modelo de decisión de Markov con base a datos, y ii) consultar el modelo de transición, la política y la utilidad de un MDP en particular. Con el compilador de FMDPs es posible generar modelos factorizados (datos continuos y discretos), modelos cualitativos, y modelos híbridos cualitativos-discretos. (Reyes y Ibarguengoytia, 2006)



Existen tres opciones de compilación, las cuales se encuentran en la parte superior de la ventana.

Una vez compiladas se pueden observar las políticas generadas.

- **fmdp:** Procesos de Decisión de Markov Factorizados.

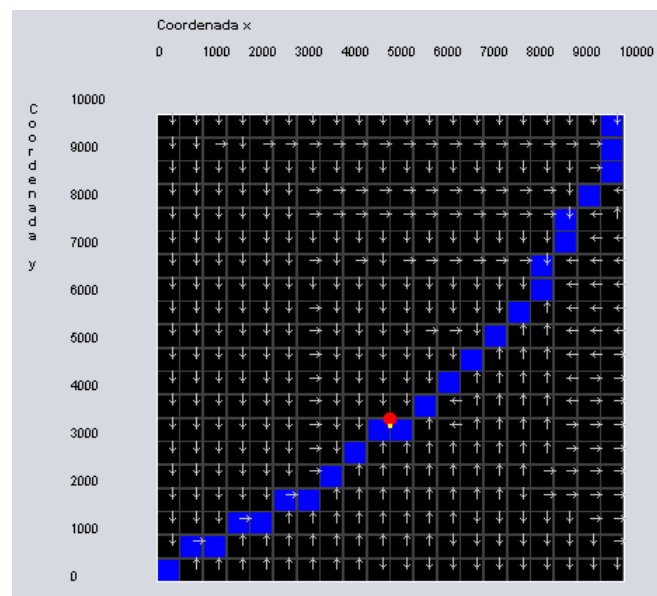


Figura 3.2: politica generada para el fmdp

Nota: Esta compilación requiere: *Atributos*, *Atrib. Discretos* y *Ejemplos*

- **qmdp:** Procesos de Decisión de Markov Cualitativos.

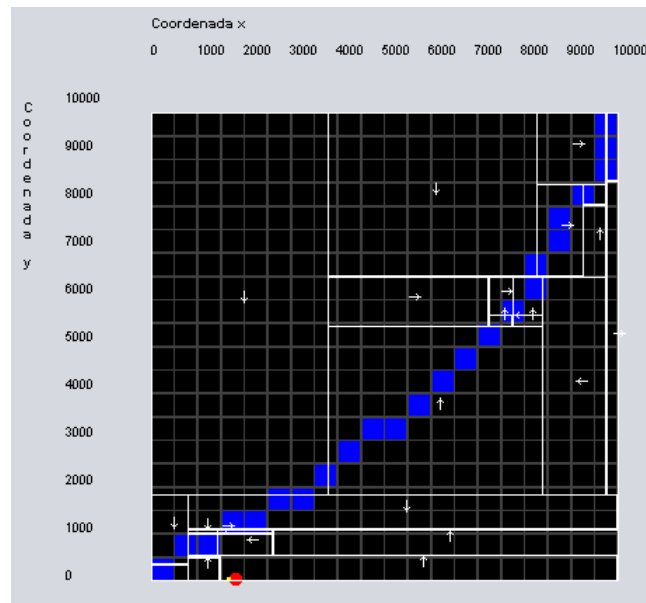


Figura 3.3: politica generada para el qmdp

Nota: Esta compilación requiere: *Atributos y Ejemplos*

- **hmdp:** Procesos de Decisión de Markov Híbridos.

3.2.1. Prueba

3.2.1.1. Carga MDP

Carga el archivo *fmdp.obj* (objeto) que se encuentra en la carpeta donde se ha guardado el ambiente.

3.2.1.2. Consulta

Genera la *probabilidad-recompensa*, *politica* y *utilidad* de un objeto previamente cargado. Para que se ejecute correctamente se deben proporcionar los datos: *Estado Actual*, *Estado Siguiente* y *Accion*

- **Estado Actual:** Estado inicial donde se sitúa el objeto.
- **Estado Siguiente:** Estado final donde se situará el objeto.

- **Acción:** Acción que el objeto realiza.

Prueba

Estado Actual Estado Siguiente Accion

Probabilidad Recompensa

Politica Utilidad

3.2.2. Aprendizaje

3.2.2.1. Parámetros

- **no. acciones:** Número de acciones que presenta el problema que se va a compilar.
- **Factor Desc:** El factor de descuento es un parámetro de la ecuación de Bellman. Generalmente tiene un valor de 0.9.
- **Iteraciones:** Número máximo de iteraciones que el programa realizará cuando realice la compilación.
- **Epsilon:** Tolerancia que el programa tendrá al compilar.

3.2.2.2. Atributos, Atrib. Discretos, Ejemplos

Estos tres botones, cargan los siguientes archivos: *atributos.txt*, *atributosDis.txt* y *ejemplos.dat*

Nota: Los archivos *atributos.txt* y *atributosDis.txt* se generan en cuando el ambiente es guardado (sección 3.5.1.2), y el archivo *ejemplos.dat* se genera cuando se realiza una exploración (sección 3.5.4.2).

- *atributos.txt*

El archivo contiene:

```
x:real,0,10000
y:real,0,10000
r: 0,300,-300
```

Donde:

- **x**: Valores continuos del eje x.
- **y**: Valores continuos del eje y.
- **r**: Recompensas que se han definido.

■ atributosDis.txt

El archivo contiene:

```
x:
s0,s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8,s9,s10,s11,s12,s13,s14,s15,s16,s17,s18,s19
y:
s0,s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8,s9,s10,s11,s12,s13,s14,s15,s16,s17,s18,s19
r: 0,300,-300
```

Donde:

- **x**: Secciones en las que se ha dividido el eje x (*valores discretizados*).
- **y**: Secciones en las que se ha dividido el eje y (*valores discretizados*).
- **r**: Recompensas que se han definido.

■ ejemplos.dat

Este archivo contiene todas las muestras realizadas (*sección 3.4.4.2*).

	A	B	C	D	E
1	x	y	ang	a	r
2	5420	2739	41	2	0
3	5420	2739	79	2	0
4	5420	2739	113	0	0
5	5238	3169	113	0	0
6	5032	3655	113	0	0
7	4834	4121	113	1	0
8	4834	4121	85	2	0
9	4834	4121	114	2	0
10	4834	4121	149	2	0
11	4834	4121	180	2	0
12	4834	4121	211	3	0
13	4834	4121	211	1	0
14	4834	4121	186	3	0
15	4834	4121	186	2	0
16	4834	4121	211	3	0
17	4834	4121	211	0	0
18	4408	3865	211	2	0
19	4408	3865	246	1	0
20	4408	3865	216	3	0
21	4408	3865	216	2	0
22	4408	3865	249	2	0
23	4408	3865	285	1	0
24	4408	3865	257	1	0
25	4408	3865	219	2	0
26	4408	3865	256	1	0
27	4408	3865	225	2	0
28	4408	3865	255	1	0
29	4408	3865	216	0	0

Donde:

- **x:** Coordenadas x por donde pasó el agente.
- **y:** Coordenadas y por donde pasó el agente.
- **ang:** Ángulo asociado a la acción de agente.
- **a:** Acción realizada por el agente.

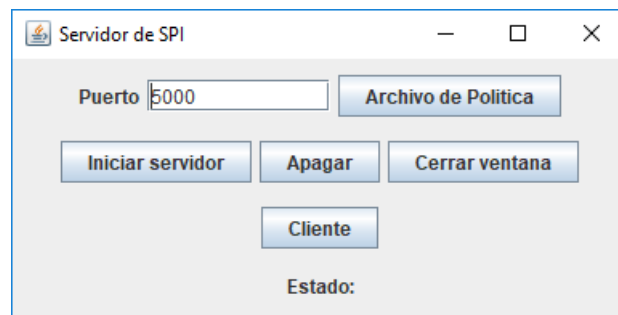
Las acciones que se pueden tomar son:

- **0:** derecha
- **1:** izquierda
- **2:** arriba
- **3:** abajo
- **4:** opcion nula (no cambia de estado)
- **r:** Recompensas asociadas a las coordenadas x y y .

Nota: El campo *ang* solo se genera en problemas donde el agente ha realizado movimientos angulares.

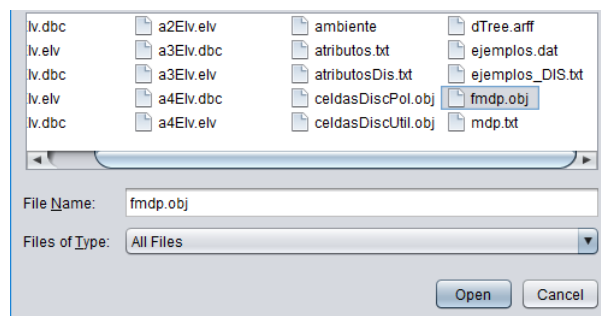
3.3. Servidor de política

El servidor de política inicia un socket TCP/IP para interconectarse con la función de política del modelo de decisión. El cliente envía el número de estado y el servidor contesta con la acción óptima.



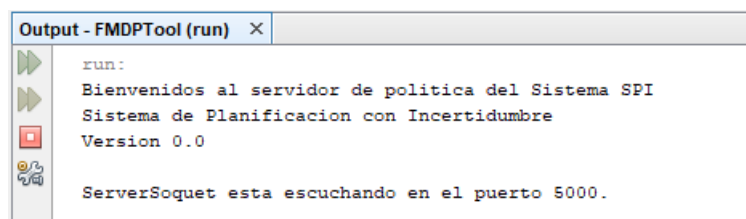
3.3.1. Archivo de Politica

Permite buscar y cargar el archivo *fmdp.obj* necesario para iniciar el servidor.



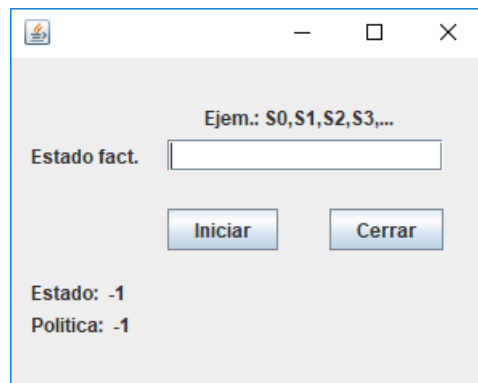
3.3.2. Iniciar servidor

Inicializa el servidor.



Una vez inicializado el servidor, se debe ejecutar el archivo *ServidorPoliticaFrame.java*, esto permitira abrir nuevamente la interfaz para poder iniciar un cliente.

3.3.3. Cliente



3.3.3.1. Estado fact.

Permite ingresar un vector con estados, para que se pueda consultar su política.

Nota: El número de estados ingresados debe coincidir con el número de dimensiones del problema.

3.3.3.2. Iniciar

Permite consultar la política correspondiente al vector de estados ingresado.

Nota: Se debe inicializar el servidor.

3.3.3.3. Cerrar

Permite cerrar la pantalla de cliente.

3.3.4. Apagar

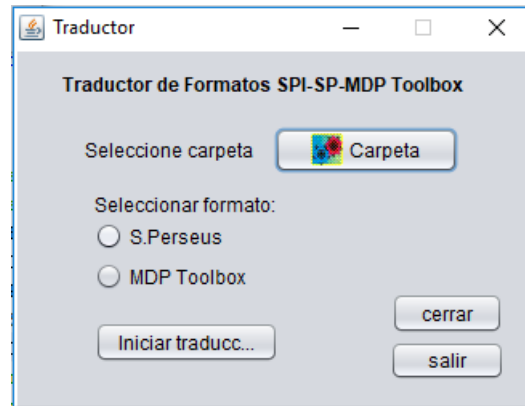
Apaga el servidor

3.3.5. Cerrar ventana

Cierra la ventana principal del servidor SPI

3.4. Traductor de formatos

Mediante esta función, una especificación de problema en formato SPI se puede convertir en formato SP o MDP Toolbox.



3.4.1. Carpeta

Permite seleccionar la carpeta donde se encuentran los archivos *mdp.txt* y *fmdp.obj*.

3.4.2. Seleccionar formato

Permite seleccionar el formato al cual se desea traducir la especificación del problema. Los formatos de salida son: Symbolic Perseus o MDP Toolbox.

3.4.3. Iniciar traducción

Inicializa la traducción al formato previamente seleccionado.

3.4.3.1. Traducción a formato SP







Para poder realizar esta traducción se necesita el archivo *mdp.txt*. Una vez realizada la traducción el programa generará un archivo *mdp.dat*.









3.4.3.2. Traducción a formato MDP Toolbox

Para poder realizar esta traducción se necesita el archivo *fmdp.obj*.

Una vez realizada la traducción el programa generará archivos *.csv*, uno por cada acción que presente el problema, además de un archivo asociado a las recompensas.

 modeloAccion0	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...
 modeloAccion1	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...
 modeloAccion2	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...
 modeloAccion3	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...
 modeloAccion4	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...
 recompensaSXA	7/19/2018 6:27 PM	Microsoft Excel C...

Una vez generados estos archivos, se debe iniciar MDP Toolbox en Matlab y copiar todos los archivos previamente generados y el archivo *Ejemplo_MDPToolbox.m* que se encuentra en el directorio de la aplicación SPI. El archivo permitirá cargar y utilizar los archivos generados por SPI en MDP Toolbox automáticamente.

Name	Date modified	Type
 build	7/16/2018 5:13 PM	File folder
 lib	4/19/2017 10:57 AM	File folder
 nbproject	4/19/2017 10:57 AM	File folder
 src	7/17/2018 3:15 AM	File folder
 test	11/8/2017 1:28 PM	File folder
 Ejemplo_MDPToolbox.m	7/20/2018 10:58 AM	M File

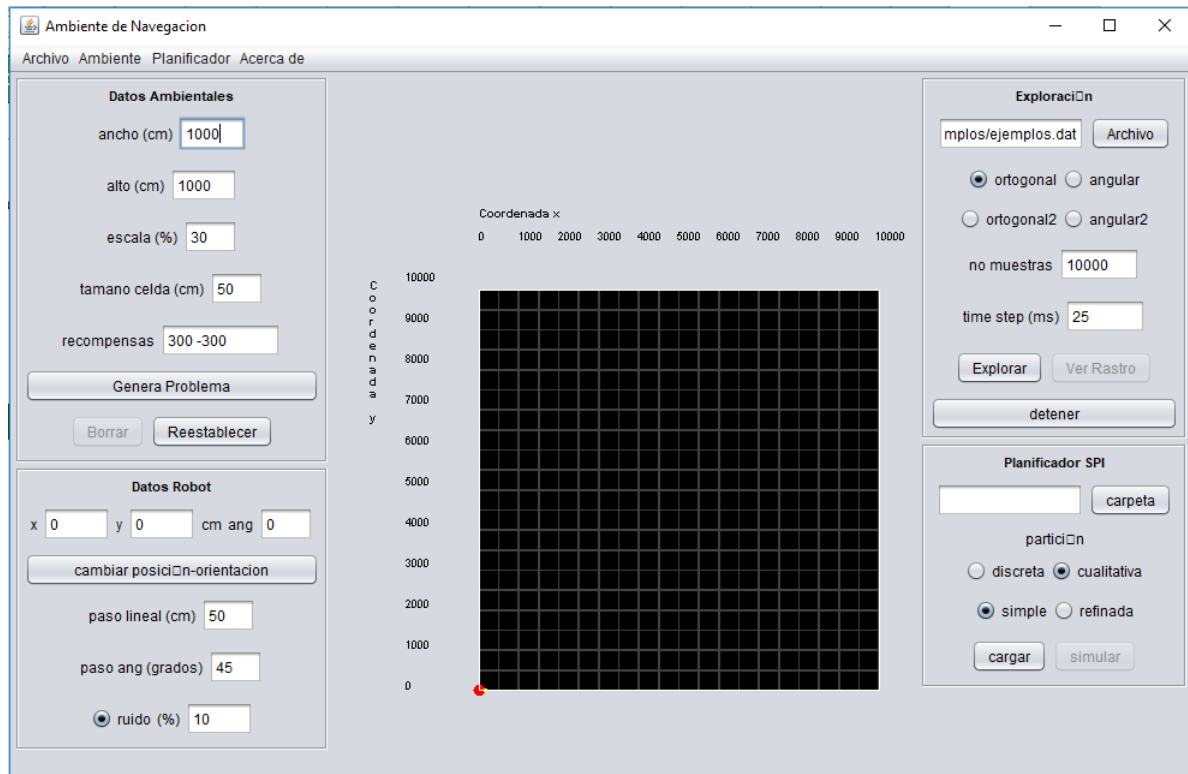
3.4.4. cerrar

Cierra la ventana del traductor SPI.

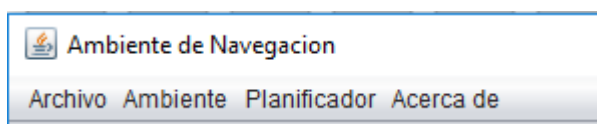
3.4.5. salir

Al presionar salir, todo el programa se cierra.

3.5. Simulador



3.5.1. Barra de menú



3.5.1.1. Archivo

Al seleccionar la opción *archivo* se despliegan dos opciones, *cerrar* y *salir*

- **cerrar:** cierra la ventana del ambiente de navegación.
- **salir:** cierra todo el programa.

3.5.1.2. Ambiente

La opción *ambiente* despliega las opciones: *guardar* y *recuperar*.

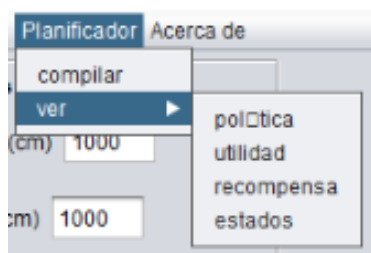
- **guardar:** Esta opción permite guardar el ambiente de trabajo, este es el primer paso para poder realizar la exploración del ambiente.

Una vez guardado el ambiente se generarán 4 archivos.

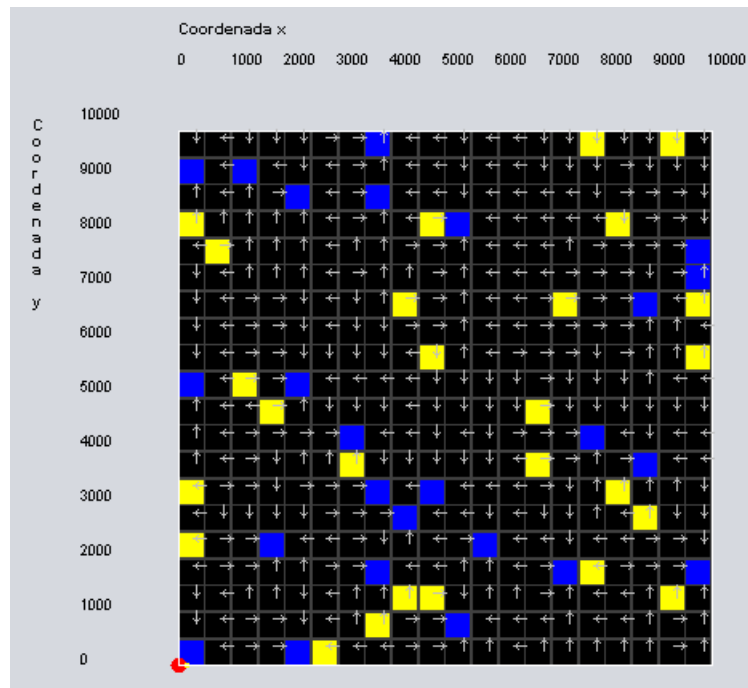
Name	Date modified	Type	Size
ambiente	7/6/2018 4:30 PM	File	21 KB
atributos	7/6/2018 4:30 PM	Text Document	1 KB
atributosDis	7/6/2018 4:30 PM	Text Document	1 KB
ejemplos	7/6/2018 4:30 PM	DAT File	2 KB

- **recuperar:** Permite abrir un ambiente previamente guardado. Restaurando todos los datos

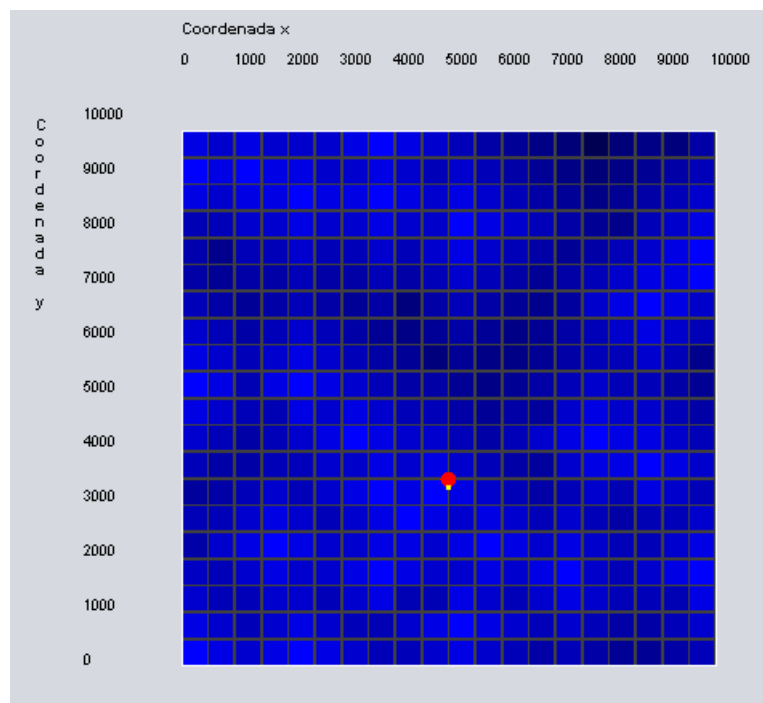
3.5.1.3. Planificador



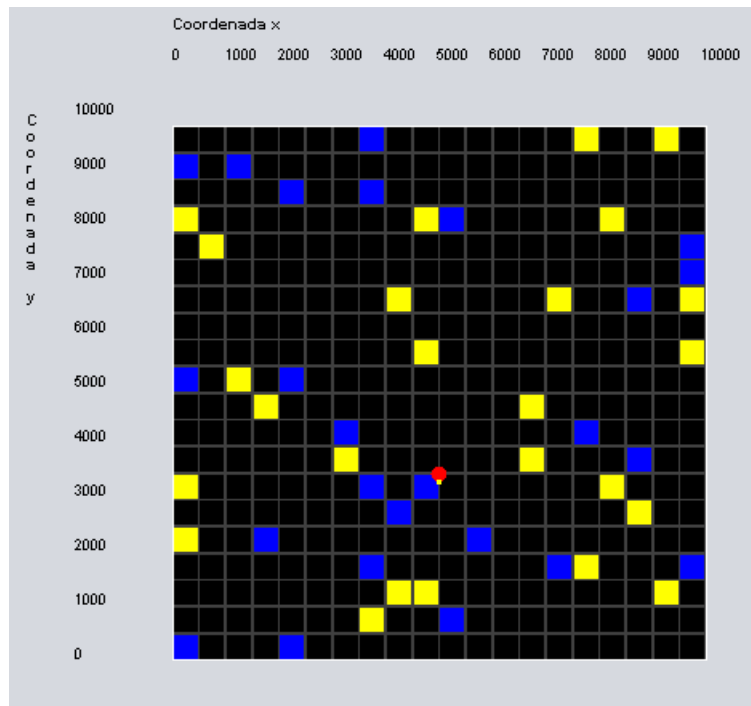
- **compilar:** Despliega el compilador de FMDPs
- **ver:** Muestra las opciones: *política*, *utilidad*, *recompensa*, *estados*.
- **política:** Permite visualizar la política de un FMDP previamente compilado.



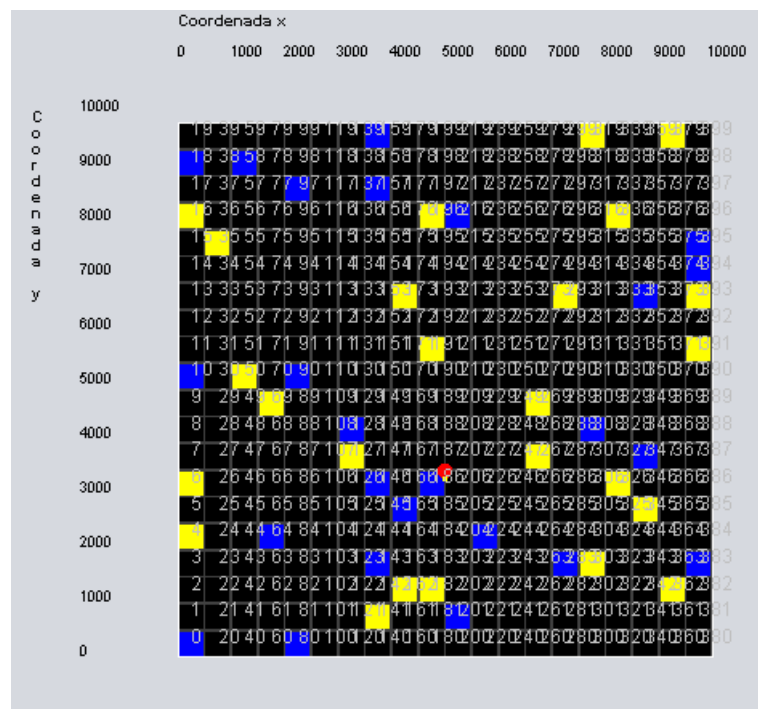
- **utilidad:** Permite visualizar la utilidad de un FMDP previamente compilado.



- **recompensa:** Permite visualizar la recompensa de un FMDP previamente compilado.



- **Gamas de azul:** Recompensas positivas.
 - **Gamas de amarillo:** Recompensas negativas.
- **estados:** Permite visualizar los estados de un FMDP previamente compilado.



- Se muestra el número de estado en cada una de las 400 secciones (cuadros).

3.5.1.4. Acerca de

3.5.2. Datos Ambientales

Datos Ambientales

ancho (cm)

alto (cm)

escala (%)

tamaño celda (cm)

recompensas

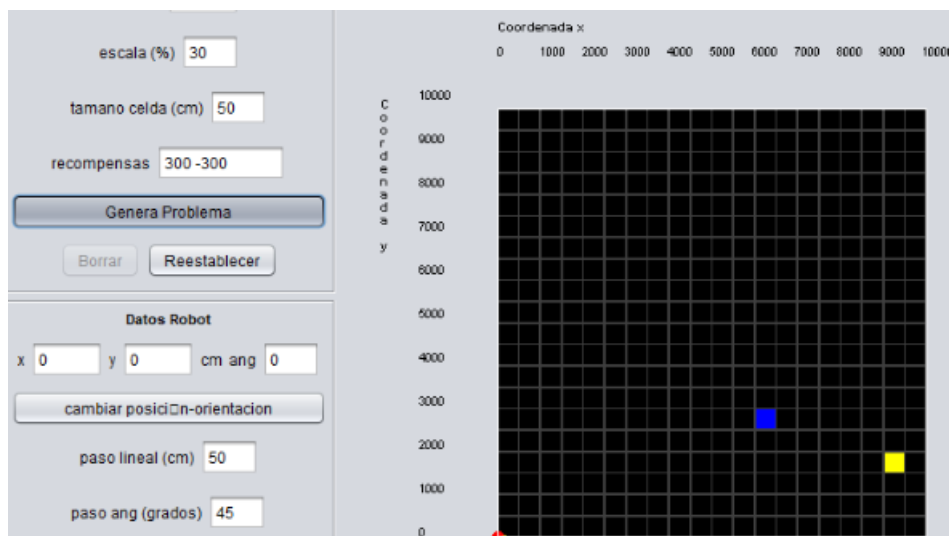
- **ancho (cm):** Controla el eje x de la cuadrícula de visualización.
- **alto (cm):** Controla el eje y de la cuadrícula de visualización.
- **escala (%) :** Controla la escala de la cuadrícula.
- **tamaño celda (cm):** Modifica los tamaños de las celdas de las cuadrículas.

NOTA: Para que los cambios se puedan visualizar, se tiene que seleccionar la opción *Restablecer*.

- **recompensas:** En la casilla de recompensas se puede añadir tanto recompensas positivas como negativas.

NOTA: Se sugiere establecer las recompensas entre -900 a 900, con el fin de poder visualizar todos los datos sin problema.

3.5.2.1. Generar Problema



El boton *Generar Problema*, generará el número de recompensas que estén definidas en el espacio *recompensas*. En el grafico están definidas dos recompensas, una negativa y una positiva.

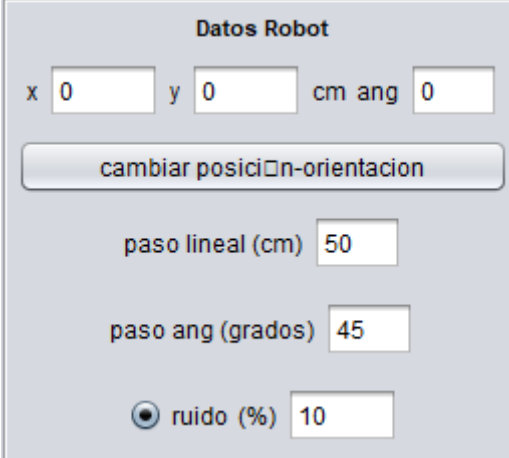
3.5.2.2. Borrar

NO DISPONIBLE

3.5.2.3. Restablecer

Con el boton *Restablecer* se visualizan los cambios realizados a la cuadrícula o se eliminan todas las recompensas añadidas.

3.5.3. Datos Robot



El formulario, titulado "Datos Robot", contiene los siguientes campos de entrada:

- Coordenadas: "x" con valor 0, "y" con valor 0, y "ang" con valor 0.
- Botón: "cambiar posición-orientación".
- Parámetros de movimiento: "paso lineal (cm)" con valor 50, y "paso ang (grados)" con valor 45.
- Parámetro de ruido: "ruido (%)" con un selector de radio activado y valor 10.

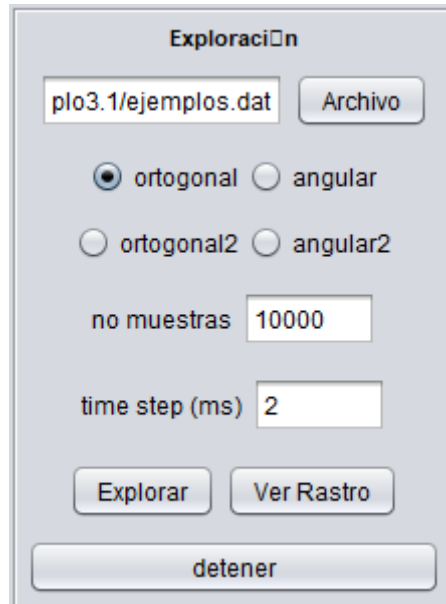
3.5.3.1. Cambiar posición-orientación

Permite reposicionar al agente mediante coordenadas x y y . Existe además la opción *ang* la que permite cambiar el ángulo inicial a donde apunta el agente.

Nota: Para que la opción *ang* esté disponible se necesita que la opción *angular* en **Exploración** esté seleccionada. (sección 3.4.4)

- **paso lineal (cm):** Define la distancia de salto que el agente realizará para moverse de un estado a otro.
- **paso ang (grados):** Define el angulo con el cual el agente se movera de un estado a otro.
- **ruido (%):** Permite controlar la señal no deseada que se mezcla con la señal útil que quiere transmitir el agente.

3.5.4. Exploración



The image shows a software dialog box titled "Exploración". It contains a text field with the value "plo3.1/ejemplos.dat" and a button labeled "Archivo". Below this are four radio button options: "ortogonal" (selected), "angular", "ortogonal2", and "angular2". There are two text input fields: "no muestras" with the value "10000" and "time step (ms)" with the value "2". At the bottom, there are three buttons: "Explorar", "Ver Rastro", and a larger "detener" button.

3.5.4.1. Archivo

Permite seleccionar el archivo *.dat* donde se guardaran los datos de la exploración.

Nota: Cuando el ambiente es guardado, se genera una ruta automáticamente, y los datos se guardaran en un archivo llamado *ejemplos.dat*

Exploración, permite elegir el tipo de exploración que el agente realizará. Entre estas se encuentran:

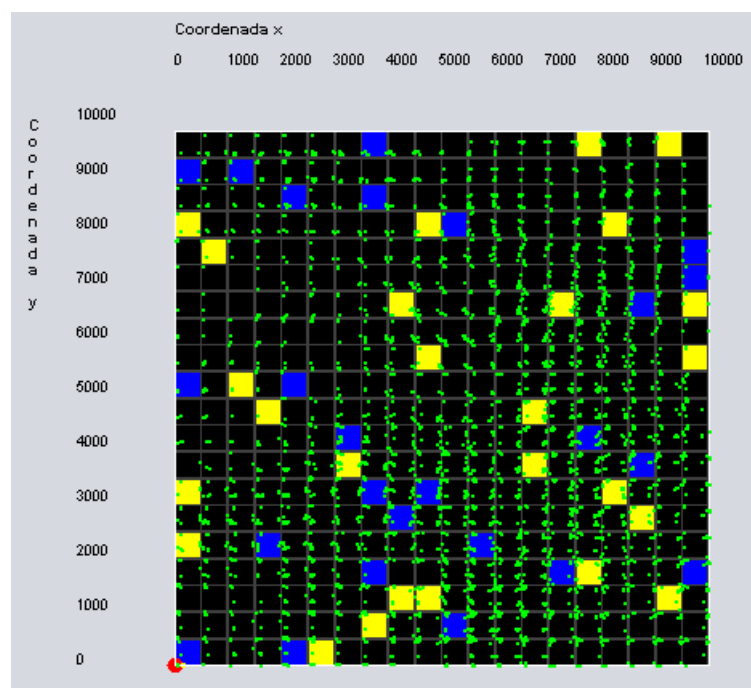
- **ortogonal:** El agente solo se moverá de manera ortogonal con respecto al estado en el que se encuentre.
- **ortogonal2:** El agente se mueve igual que en la opción *ortogonal*, pero este no tendrá en cuenta la acción 4 (operación nula).
- **angular:** El agente se moverá con varios ángulos posibles de giro con respecto a su posición actual.
- **angular2:** El agente se mueve igual que en la opción *angular*, pero este no tendrá en cuenta la acción 4 (operación nula).

3.5.4.2. Explorar

- **No. muestras:** Número de muestras que el agente tomará del ambiente generado.
- **time step (ms):** Velocidad con la que el agente recorre el ambiente.

3.5.4.3. Ver Rastro

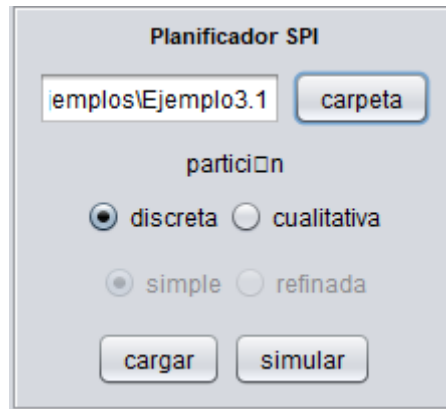
Una vez realizada la exploración, esta opción permite visualizar los lugares que el agente visitó.



3.5.4.4. Detener

Detiene la exploración que el agente esté realizando.

3.5.5. Planificador SPI



3.5.5.1. Carpeta

Permite seleccionar la carpeta donde se guardaron los archivos generados por el compilador.

3.5.5.2. Partición

Existen 4 opciones dependiendo al problema que se quiera simular. Estas opciones son:

- **discreta:** Si el problema es fmdp.
- **cualitativa:** Si el problema es qfmdp
 - **simple o refinada:** Depende de la compilación que tuvo el qmdp.

3.5.5.3. Cargar

Carga los datos contenidos en la carpeta previamente seleccionada.

3.5.5.4. Simular

Simula las acciones que el agente toma con respecto a la política ya generada.

Referencias

Chadès, I., Chapron, G., Cros, M.-J., Garcia, F., y Sabbadin, R. (2014). *MDPtoolbox: a multi-platform toolbox to solve stochastic dynamic programming problems*. *Ecography* 37, 916-920.

Poupart, P. (2009, Mayo). *Symbolic Perseus*. <https://cs.uwaterloo.ca/~ppoupart/software.html#symbolicperseus>

Reyes, A., y Ibarguengoytia, P. (2006). Abstraction and Refinement for Solving Continuous Markov Decision Processes.