

Alumno/a:	Alejandro Vargas López	NIA:	100387197
Alumno/a:	Eduardo González Fernández	NIA:	100451296

## 1 Resumen ejecutivo

Se presenta un proyecto que consiste en realizar el diseño y consecuente implementación de un termostato autorregulable que optimice el consumo de energía. Para una temperatura establecida por el usuario, el termostato será capaz de tomar decisiones en función de la temperatura ambiente para alcanzar aquella a la que le gustaría al usuario que se encuentre una estancia. Estas decisiones se toman en intervalos de media hora en los que se establece si el termostato debería apagarse o encenderse en función de los resultados de las mediciones de la temperatura de la habitación.

Se proporcionan además una serie de valores tanto para cuando la calefacción esté encendida como apagada que afectarán a las decisiones que se toman con diferentes probabilidades. Estas decisiones que se han estado mencionando se basan en la política óptima del Proceso de Decisión de Markov correspondiente.

El sistema se implementa en Python sin partir de un esquema base por lo que la distribución de los diferentes archivos se ha decidido según se ha creído lo más conveniente y apropiado. Más adelante se detallarán los diferentes archivos y ficheros que se pueden encontrar en el sistema así como lo que contienen y para qué sirven.

## 2 Objetivos

El objetivo es desarrollar un sistema que sea capaz de recibir inputs de temperatura y determinar cuál es la acción que menor coste conlleva, encender o apagar. Podemos dividir el objetivo principal en varios objetivos:

- Determinar acción óptima: Lo haremos mediante un MDP
- Leer y tratar archivos csv: Necesitamos obtener las probabilidades de transición para el MDP, usaremos el formato csv para guardar todos los datos necesarios, el sistema debe poder leer esta información
- Mostrar resultados: El sistema debe poder calcular la mejor y acción y también poder visualizarlo de una manera clara, el sistema también se encargará de interpretar los cálculos en acciones concretas que un humano pueda entender
- El proyecto contiene varios subobjetivos, incluyendo la naturaleza distribuida del sistema al contar con varias máquinas funcionando simultáneamente y conectadas entre sí. Sin embargo, en esta práctica sólo abordaremos la parte de determinar la mejor acción.

## 3 Descripción formal del modelo del MDP

Un modelo de decisión de Markov consta de un conjunto de estados, acciones, probabilidades de transición y costest y se define como la siguiente tupla  $MDM = \langle S; A; P;$

C>. Cada estado representa una situación o estado del sistema en un momento dado, y cada acción representa una elección o decisión que se puede tomar en ese estado teniendo en cuenta el coste asociado a las mismas. Las probabilidades de transición indican la probabilidad de que el sistema pase de un estado a otro dada una acción específica.

Una de las principales ventajas de los MDM es que permite modelar la incertidumbre y las decisiones pasadas de manera explícita, lo que puede ser útil para tomar decisiones informadas y mejorar los resultados.

Aplicado a nuestro proyecto, los estados están representados por un intervalo de temperaturas cuyo rango se expande desde los 16°C hasta los 25°C aumentando o disminuyendo de medio en medio grado cada vez que se realiza una acción. Dichos estados forman una matriz de transición que se recoge dentro de un fichero .csv para su posterior lectura dentro del sistema. Las acciones que se pueden tomar en cada momento son encender o apagar la calefacción y las probabilidades de transición vienen dadas por el propio enunciado y varían según las acciones. Es decir, si lo que se requiere en ese momento es encender, las probabilidades de transición serán unas y si por el contrario lo que se precisa es apagar, otras.

## 4 **Análisis detallado del modelo de costes**

Supongamos que el consumo de energía de la calefacción eléctrica es de 2 kWh/h y queremos calcular el coste de mantenerla encendida durante 30 minutos.

Coste de mantener la calefacción encendida:

Consumo de energía por hora: 2 kWh/h

Duración: 30 minutos (0.5 horas)

Precio por kWh de electricidad: 0,15 € (valor hipotético)

Coste de mantener la calefacción encendida durante 30 minutos:

$$2 \text{ kWh/h} \times 0.5 \text{ horas} = 1 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ kWh} \times 0.15 \text{ €/kWh} = 0.15 \text{ €}$$

Por lo tanto, el coste estimado de mantener la calefacción encendida durante 30 minutos sería de aproximadamente 0.15 €.

En cuanto al coste de mantener la calefacción apagada, es más difícil proporcionar una estimación precisa ya que depende de varios factores, como el aislamiento de la vivienda, las condiciones climáticas y la temperatura deseada. Sin embargo, es posible que haya una ligera reducción en el consumo de energía al mantener la calefacción apagada durante ese período de tiempo, lo que podría resultar en un ahorro mínimo en comparación con mantenerla encendida.

Tras este análisis tomaremos la decisión de establecer el coste de encendido en  $0.15 \times 1000 = 1500$  y apagado a la mitad de esta cifra, 750.

## 5 Política óptima

Tras probar con varios valores de costes, la política óptima sigue un patrón claro. Si el coste encender no es excesivamente más bajo que el de apagar, para todos los estados de menor temperatura que 22, la calefacción se enciende y se apaga en caso contrario. Los únicos valores que provocan un comportamiento distintos, son en lo que el coste de apagar es significativamente más alto que el de encender, lo cual a priori, no tiene sentido. Por ejemplo si establecemos el coste de apagar a 750000, lo que supondría un aumento drástico, empezamos a observar que en estados de menor temperatura que 22, el sistema recomienda encender. Sin embargo esto no es realista, el coste de apagar debería ser menor que el de encender. Por lo que en casi todas las situaciones el sistema mostrará el comportamiento definido al inicio de este párrafo. **En estado con temperatura menor a 22, Encender. En estado con temperatura inferior a 22, Apagar.**

## 6 Fases del proyecto

El proceso de desarrollo consta de diferentes partes, empezando por el análisis del enunciado. Esto nos ha permitido sacar las primeras conclusiones en cuanto a cómo se realizaría la posterior implementación sin embargo esa parte todavía quedaba muy genérica puesto que no sabíamos con seguridad la estructura que tendría el sistema final. Eso se ha ido refinando a lo largo que se iba avanzando en función de las necesidades y requerimientos que se nos iban presentando.

Continuando con la implementación, el primer paso fue sacar las matrices de transición a partir de los datos del enunciado. Esto se completó haciendo uso de diferentes aplicaciones. En primer lugar, la plataforma Google Sheets para construir las tablas de Encendido y Apagado con sus diferentes probabilidades. Una vez terminados, se exportaron con .csv como se ha mencionado anteriormente para poder hacer uso de ellos con Python. Para esto era necesario hacer uso de la biblioteca csv que es puede importar. Mencionar en este punto que el entorno de desarrollo utilizado ha sido Visual Studio Code por las facilidades que ofrece para conectar con el repositorio de GitHub y poder así compartir el código de una forma sencilla a la par que poder hacerlo en cualquier momento y lugar porque los cambios quedan reflejados.

La estructura de ficheros está formada por un archivo principal que controla la ejecución del programa. Las funciones que se han implementado forman parte de un módulo externo al que se llama cuando es necesario. Este módulo cuenta con una serie de funciones para cumplir con las diferentes funcionalidades que requiere el sistema, siendo estas: Una serie de funciones relacionadas con los archivos .csv que permiten obtener las rutas, leerlos y devolver los valores en formato de matriz para su correcto procesamiento. Por otro lado, un par de funciones que implementan las ecuaciones de Bellman necesarias para la toma de decisiones dentro de los MDM. La función *iter\_bellamn* consiste en un bucle que realiza operaciones teniendo en cuenta resultados anteriores hasta que convergen los resultados y poder obtener así la política óptima.

## 7 Presupuesto

En este caso hay que tener en cuenta diferentes aspectos de los que se compone el proyecto en su totalidad. Por un lado tenemos el software que se conforma del desarrollo del

sistema y su mantenimiento así como un sistema de ciberseguridad que no permita, entre otras cosas, la modificación de parámetros. Esto requeriría conectividad con un servidor que mantuviese controlados los numerosos sistemas que se encuentren activos cuyo rango puede variar en gran medida.

Por otro lado habría que tener en cuenta el dispositivo físico en sí que además necesita tener conexión a internet para comunicarse con el servidor, además de la instalación propiamente dicha. Es un proyecto que forma parte de la nueva vertiente de casas inteligentes que se están diseñando a día de hoy y que cada día son más funcionales, más cómodas y más seguras. La domótica hace referencia al conjunto de sistemas y tecnologías capaces de automatizar una vivienda mediante la gestión inteligente de la energía, las comunicaciones, la iluminación, etc.

A continuación, se muestra una tabla de todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, las horas de trabajo asociadas son una estimación al alza. El coste final dependerá de varios factores, esto tan solo es una estimación. El coste rondaría los 120 euros.

Elemento necesario	Coste
Software (2 horas)	40 euros
Instalación (2 horas)	30 euros
Termostato con WiFi	50 euros

## 8 Conclusiones

Las conclusiones finales son bastante positivas, hemos conseguido crear un componente de lo que sería todo el sistema. Lo desarrollado en esta práctica sería la parte más lógica de todo el sistema, la que decide la acción a tomar. En una situación haría falta código para el desarrollo del servidor (proceso que usaría nuestro MDP) y del cliente (termostato), el servidor recibiendo el feedback de temperatura del cliente, podría determinar qué es mejor hacer. Por lo tanto, estamos satisfechos con el trabajo realizado y hemos podido aplicar a un caso real lo estudiado en clase.