



## Simulador Buzón APS

Estudiante: Florencia Corvalán Lillo  
Curso: Electivo de investigación  
Profesores: Verónica Gil Costa  
Mauricio Marín

24 de Julio, 2023

# Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Archivos en carpeta de Drive</b>	<b>2</b>
<b>3. Descripción del código fuente</b>	<b>3</b>
3.1. Flujo general del código . . . . .	3
3.2. Consideraciones . . . . .	3
<b>4. Configuración y ejecución del simulador</b>	<b>5</b>
4.1. Configuración . . . . .	5
4.2. Ejecución . . . . .	8
<b>5. Conclusiones</b>	<b>11</b>

# 1. Introducción

En este informe se presenta brevemente la implementación de un simulador básico para el protocolo asociado a Buzón APS, que consiste, en palabras simples, en un protocolo de intervención a pacientes adultos mayores para abordar hospitalizaciones evitables en Chile. Para esto existen gestores de casos en los CESFAM, quienes evalúan el riesgo de los pacientes y en base a esto, si el riesgo final - el mayor entre el riesgo clínico y social - es alto o moderado, estos actores gestionan horas médicas, de exámenes, de servicio social y/o de atención psicológica dependiendo de las necesidades del paciente. Este simulador realiza una simulación basada en agentes y tiene por objetivo simular este proceso en términos básicos.

A lo largo del presente informe, primero se expone una lista de archivos, presentes en la carpeta de Drive asociada a este electivo de investigación, junto con una breve descripción de la información que aporta cada uno. Luego, se presenta una descripción breve del código fuente del simulador. Después, se explica cómo configurar el simulador para posteriormente ejecutarlo y obtener trazas detalladas y datos generales sobre cada simulación ejecutada. Finalmente, se presentan conclusiones sobre el trabajo realizado y trabajo futuro.

## 2. Archivos en carpeta de Drive

Los archivos descritos en esta sección se encuentran en el siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ghC7x8AS5XKeSrmBwAlSOBumwJ9MUimJ>

A continuación, se listan los archivos presentes en la carpeta anteriormente mencionada y se describe brevemente qué información aporta cada uno.

- **datos.png**: Corresponde al modelo de datos considerado para la implementación del simulador.
- **envejecimiento-en-chile-evolucion-y-caracteristicas-de-las-personas-mayores (1).pdf**: Es un documento que presenta características de las personas mayores en Chile publicado en septiembre de 2022 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Este documento puede aportar información sobre el comportamiento de las personas mayores en Chile, lo que puede ser útil para el modelo BDI de la simulación.
- **flujo\_actual.png**: Corresponde al flujo actual del protocolo, es decir, cómo se está aplicando en la realidad actualmente. Este se obtuvo a partir del documento que describe el protocolo y de lo declarado por uno de los gestores de casos en una reunión. Notar que este proceso no es iterativo y termina después de la reevaluación del caso, registrando el nuevo riesgo.
- **flujo\_sim\_actual\_20230724.png**: Es el flujo del protocolo adaptado a la simulación: con un proceso iterativo de evaluaciones y gestiones eventuales. Además, específicamente en este diagrama se indica con color celeste los procesos implementados en el simulador, y en verde se indica que esa parte del flujo se considera pero no hay ningún proceso que realice la verificación sobre la bifurcación.
- **flujo\_sim.png**: Corresponde al flujo del protocolo adaptado a la simulación pero sin colorear.
- **Indicadores-Sociodemograficos-de-las-Personas-Mayores-Nivel-Territorial-2013.pdf**: Es un documento que trata sobre los indicadores sociodemográficos de las personas mayores a nivel territorial publicado en el año 2013 por el SENAMA (Servicio Nacional del Adulto Mayor). Este documento también puede aportar información sobre el comportamiento de las personas mayores en Chile, lo que puede ser útil para el modelo BDI de la simulación.
- **ODD-Buzón-APS**: Corresponde a un documento que presenta una primera versión sobre el modelo ODD asociado al simulador.
- **PROTOCOLO.pdf**: Es el documento que describe detalladamente el protocolo oficial que el simulador presentado en este informe tiene por objetivo simular.

### 3. Descripción del código fuente

El código fuente se encuentra en el repositorio <https://github.com/FloCorvalan/buzon-sim>. Este se compone de archivos .h, donde cada uno contiene las definiciones de los atributos y métodos asociados a cada clase. Y de archivos .cc, donde cada uno contiene la implementación de los métodos de cada clase. Para su ejecución se requiere un archivo de configuración que contiene los parámetros necesarios para realizar la simulación. Este se detalla en la siguiente sección.

Cabe mencionar que se utiliza la biblioteca “nlohmann” para leer, manipular y escribir archivos .json.

Además, este código cuenta con un archivo Makefile con el que se compila para su posterior ejecución.

#### 3.1. Flujo general del código

La idea de la simulación corresponde a la evaluación y seguimiento iterativo de pacientes adultos mayores para abordar hospitalizaciones evitables.

Actualmente, el simulador solo considera dos tipos de agentes: paciente y gestor; donde ambos se asocian a un CESFAM, y cada paciente se asocia a un gestor. El flujo de la simulación comienza con la consulta del gestor asociado al paciente sobre el consentimiento informado. Para un paciente que acepta, el gestor evalúa su riesgo clínico y social, determinando un riesgo final que corresponde al mayor entre ambos riesgos. Si el paciente posee un riesgo final alto o moderado, el gestor realiza las gestiones necesarias (de acuerdo a cierta probabilidad) respecto a horas médicas, de exámenes, para servicio social y/o atención psicológica, a las que el paciente puede decidir asistir o no de acuerdo a cierta probabilidad especificada en la configuración. Luego de las gestiones se reevalúa al paciente después de cierta cantidad de tiempo y se repite el proceso. En el caso de los pacientes que resultaron con riesgo final bajo, se reevalúan después de una cantidad de tiempo definida en la configuración.

#### 3.2. Consideraciones

Consideraciones que se deben tener respecto a la implementación del simulador presentado se listan a continuación:

- Los valores de los riesgos están definidos de la siguiente manera:
  - Riesgo alto: 30.
  - Riesgo moderado: 20.
  - Riesgo bajo: 10.

Esto es relevante debido a que los riesgos clínicos y sociales de los pacientes son afectados por el comportamiento del paciente determinado por la cantidad de veces que los

pacientes asisten o no a sus horas gestionadas. Es decir, que si el paciente no asiste a sus horas médicas y/o de exámenes su riesgo clínico puede aumentar y si asiste a sus horas médicas y/o de exámenes, este puede disminuir. Lo mismo ocurre con el riesgo social, pero este es afectado por la asistencia o inasistencia a horas para servicio social y/o de atención psicológica. Esta idea tiene relación con los “factores” asociados a los distintos tipos de horas presentes en la configuración que se exponen en el siguiente capítulo.

- Para asociar pacientes a cierto CESFAM, primero cada CESFAM se asocia a una única ubicación representada como un número entero, por cada paciente se obtiene de manera uniforme un número aleatorio de entre 0 y la cantidad de CESFAM de la simulación, asociando al paciente a esa ubicación y al CESFAM asociado a la misma.
- Para asociar a los gestores a los CESFAM, se itera por los CESFAM y se genera la cantidad determinada en la configuración de gestores por CESFAM y se asocian a la ubicación del CESFAM y a este.
- Cada evento se crea con el puntero al agente que generó el evento y un puntero al agente que debe resolver el evento (agente objetivo). Es importante notar que el puntero al agente que debe resolver el evento siempre coincide con el tipo de agente al que se asocia el evento que se está generando.

## 4. Configuración y ejecución del simulador

### 4.1. Configuración

La configuración del simulador se basa en un archivo `.json` de configuración que posee los siguientes parámetros con el significado que se indica:

1. `end_sim`: Tiempo máximo de simulación en horas.
2. `cesfam_amount`: Cantidad de CESFAM en la simulación.
3. `patients_amount`: Cantidad de pacientes totales en la simulación.
4. `managers_amount`: Cantidad de gestores por cada CESFAM.
5. `answer_consent_time`: Tiempo en horas en que el paciente demora en responder el consentimiento informado.
6. `receive_medical_hour_time`: Tiempo en horas en que transcurre entre que el gestor gestiona una hora médica y el paciente es informado.
7. `receive_test_hour_time`: Tiempo en horas en que transcurre entre que el gestor gestiona una hora a exámenes y el paciente es informado.
8. `receive_social_hour_time`: Tiempo en horas en que transcurre entre que el gestor gestiona una hora para servicio social y el paciente es informado.
9. `receive_psycho_hour_time`: Tiempo en horas en que transcurre entre que el gestor gestiona una hora de atención psicológica y el paciente es informado.
10. `attend_medical_hour_time`: Tiempo en horas que transcurre entre que el paciente es informado para una hora médica y en que se realiza la atención.
11. `attend_test_hour_time`: Tiempo en horas que transcurre entre que el paciente es informado para una hora a exámenes y en que se realiza la atención.
12. `attend_social_hour_time`: Tiempo en horas que transcurre entre que el paciente es informado para una hora para servicio social y en que se realiza la atención.
13. `attend_psycho_hour_time`: Tiempo en horas que transcurre entre que el paciente es informado para una hora de atención psicológica y en que se realiza la atención.
14. `accept_consent_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente acepte el consentimiento informado.
15. `attend_medical_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente asista a una hora médica.

16. `attend_test_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente asista a una hora a exámenes.
17. `attend_social_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente asista a una hora para servicio social.
18. `attend_psycho_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente asista a una hora de atención psicológica.
19. `ask_consent_time`: Tiempo en horas que el gestor tarda en preguntar sobre el consentimiento informado a un paciente.
20. `pre_classify_clinical_risk_time`: Tiempo en horas que el gestor tarda en pre clasificar el riesgo clínico de un paciente.
21. `pre_classify_social_risk_time`: Tiempo en horas que el gestor tarda en pre clasificar el riesgo social de un paciente.
22. `manage_patient_time`: Tiempo en horas en que el gestor tarda en comenzar a realizar las gestiones asociadas a un paciente.
23. `re_evaluate_low_risk_time`: Tiempo en horas en que el gestor debe realizar la reevaluación de un paciente que obtuvo un riesgo final bajo.
24. `re_evaluate_managed_time`: Tiempo en horas en que el gestor debe realizar la reevaluación de un paciente que obtuvo un riesgo final alto o moderado y que, por lo tanto, fue gestionado.
25. `manage_medical_hour_time`: Tiempo en horas en que el gestor gestiona una hora médica.
26. `manage_test_hour_time`: Tiempo en horas en que el gestor gestiona una hora a exámenes.
27. `manage_social_hour_time`: Tiempo en horas en que el gestor gestiona una hora para servicio social.
28. `manage_psycho_hour_time`: Tiempo en horas en que el gestor gestiona una hora de atención psicológica.
29. `low_clinical_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo clínico bajo en su primera evaluación.
30. `medium_clinical_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo clínico moderado en su primera evaluación.



31. `high_clinical_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo clínico alto en su primera evaluación.
32. `low_social_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo social bajo en su primera evaluación.
33. `medium_social_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo social moderado en su primera evaluación.
34. `high_social_risk_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que el paciente posea un riesgo social alto en su primera evaluación.
35. `medical_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que se requiera gestionar una hora médica.
36. `test_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que se requiera gestionar una hora a exámenes.
37. `social_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que se requiera gestionar una hora para servicio social.
38. `psycho_hour_prob`: Número entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que se requiera gestionar una hora a atención psicológica.
39. `medical_hour_factor`: Número entero mayor o igual a 0 que representa el factor en que la asistencia o no asistencia a una hora médica afectará en el riesgo clínico del paciente.
40. `test_hour_factor`: Número entero mayor o igual a 0 que representa el factor en que la asistencia o inasistencia a una hora a exámenes afectará en el riesgo clínico del paciente.
41. `social_hour_factor`: Número entero mayor o igual a 0 que representa el factor en que la asistencia o inasistencia a una hora para servicio social afectará en el riesgo social del paciente.
42. `psycho_hour_factor`: Número entero mayor o igual a 0 que representa el factor en que la asistencia o inasistencia a una hora de atención psicológica afectará en el riesgo social del paciente.
43. `manager_start_hour`: Número entre 0 y 24 que indica la hora de inicio de la jornada laboral de los gestores.
44. `manager_end_hour`: Número entre 0 y 24 que indica la hora de término de la jornada laboral de los gestores.

## 4.2. Ejecución

Para ejecutar el código, primero se debe compilar con el comando “make” en la ubicación del archivo Makefile.

Luego existe la posibilidad de realizar una única ejecución mediante el comando `build/sim.out` en la misma ubicación. A este comando se le pueden agregar los *flags* `-c` que indica la ubicación del archivo de configuración a utilizar, y `-o` que indica un identificador en el nombre del archivo de salida con las trazas detalladas del simulador. Un ejemplo con estos *flags* sería:

```
build/sim.out -c ./config/config.json -o first_sim
```

Con esto se utilizará el archivo `config.json` que se encuentra en la carpeta `/config` del repositorio del simulador y el nombre del archivo de salida con las trazas detalladas será `out_first_[timestamp].dat`, donde `[timestamp]` corresponde al *timestamp* de inicio de la simulación, y quedará en la carpeta `/out` del repositorio.

Si no se entregan estos parámetros, el simulador por defecto utiliza el archivo `config.json` de la carpeta `/config` y el nombre del archivo de salida será `out_[timestamp].dat`.

Dentro de los archivos de salida con trazas detalladas sobre la simulación, por cada evento resuelto se registran los siguientes datos:

- `sim_clock`: El valor del reloj de la simulación cuando ocurre el evento.
- `process`: Proceso que se realiza con el evento.
- `agent_id`: Es el identificador del agente en la simulación. Acorde al tipo de agente.
- `agent_type`: Corresponde al tipo de agente que resuelve el evento.
- `event_id`: Identificador del evento en la simulación.
- `manager_id`: Identificador del gestor asociado al evento si el agente que resuelve el evento es de tipo paciente.
- `patient_id`: Identificador del paciente asociado al evento si el agente que resuelve el evento es de tipo gestor.
- `clinical_risk`: Es el riesgo clínico del agente si es que es un agente de tipo paciente.
- `social_risk`: Es el riesgo social del agente si es que es un agente de tipo paciente.
- `final_risk`: Riesgo final del agente si es que es un agente de tipo paciente.

Cabe mencionar que por cada simulación efectuada, aparte del archivo con las trazas detalladas del simulador, se genera un archivo llamado `general_[timestamp].dat` que contiene datos globales de la simulación, listados a continuación:

- **cesfam\_amount**: Cantidad de CESFAM considerados en la simulación (proviene del archivo de configuración).
- **managers\_amount**: Cantidad de gestores por CESFAM considerados en la simulación (proviene del archivo de configuración).
- **patients\_amount**: Cantidad de pacientes totales considerados en la simulación (proviene del archivo de configuración).
- **managed\_patients\_amount**: Cantidad de pacientes gestionados en la simulación. Se considera solo una vez cada paciente.
- **total\_interventions**: Cantidad de intervenciones totales en la simulación. Se considera cada vez que un paciente es gestionado.
- **decreased\_risk\_events**: Cantidad de veces que algún paciente disminuyó su riesgo final.
- **increased\_risk\_events**: Cantidad de veces que algún paciente aumentó su riesgo final.
- **total\_medical\_hours\_received**: Cantidad de horas médicas recibidas por los pacientes.
- **total\_test\_hours\_received**: Cantidad de horas a exámenes recibidas por los pacientes.
- **total\_social\_hours\_received**: Cantidad de horas para servicio social recibidas por los pacientes.
- **total\_psycho\_hours\_received**: Cantidad de horas de atención psicológica recibidas por los pacientes.
- **total\_medical\_hours\_attended**: Cantidad de horas médicas a las que los pacientes asistieron.
- **total\_test\_hours\_attended**: Cantidad de horas a exámenes a las que los pacientes asistieron.
- **total\_social\_hours\_attended**: Cantidad de horas para servicio social a las que los pacientes asistieron.
- **total\_psycho\_hours\_attended**: Cantidad de horas de atención psicológica a las que los pacientes asistieron.

Por otra parte, si se desea ejecutar múltiples simulaciones, se puede utilizar el archivo `run.sh` que ejecuta la simulación 5 veces para cada uno de los siguientes archivos:

- `config_a.json`: Archivo donde existe una alta probabilidad de que el gestor agende todo tipo de horas.
- `config_b.json`: Archivo donde existe más alta probabilidad de que el gestor agende horas de atención médica-exámenes.
- `config_c.json`: Archivo donde existe más alta probabilidad de que el gestor agende horas de atención social-psicológica.

Estos archivos pueden ser modificados y luego ejecutar las múltiples simulaciones mediante el comando `bash run.sh` en la ubicación del archivo `run.sh`.

## 5. Conclusiones

A lo largo de este informe, se presentó un simulador básico sobre el protocolo asociado a Buzón APS, donde primero se expuso el aporte de los archivos reunidos y generados durante el semestre presentes en la carpeta de Drive asociada a la asignatura. Luego, se explicó brevemente la estructura del código fuente y el flujo de la simulación, y se mencionaron consideraciones relevantes sobre la implementación. Finalmente, explicó cómo configurar el simulador indicando el significado de cada uno de los parámetros presentes en el archivo de configuración, se explicó cómo ejecutar una única simulación y múltiples simulaciones, y se detalló el significado de los datos presentes en los archivos de salida.

Se puede decir que a partir del trabajo realizado se logró implementar un simulador que simula lo básico del protocolo asociado a Buzón APS, dado que se tiene una implementación capaz de simular el proceso base del protocolo en donde se considera la evaluación y eventual intervención de los pacientes adultos mayores que poseen un riesgo final alto o moderado. Donde el riesgo es variable y depende directamente de su comportamiento - el riesgo final puede disminuir si es que el paciente asiste a sus horas gestionadas. Y es en base a la eventual disminución del riesgo de los pacientes, a causa de las intervenciones realizadas, que se estarían abordando las hospitalizaciones evitables.

Sin embargo, hay que destacar que queda mucho trabajo por hacer al respecto, principalmente para completar el flujo de la simulación con procesos necesarios en ciertos casos como es la asesoría geriátrica; completar la lógica de la simulación para conseguir un entorno más realista, como la consideración de los hospitales, la consideración de la capacidad de los CESFAM para atender las horas gestionadas, y la implementación de horarios diferentes para los gestores de casos. Por último, un aspecto importante a considerar en el trabajo futuro, es la implementación de un modelo BDI que represente a diferentes perfiles de pacientes y que condicione su comportamiento a lo largo de la simulación.