



UNIVERSIDAD DE CHILE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

---

# Diseño e Implementación de Memoria de Largo Plazo para Robots de Servicio

---

PROPUESTA DE MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
ELÉCTRICO E INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN.

*Autor:*

Matías PAVEZ

matias.pavez@ing.uchile.cl

+569 9888 9358

*Profesor Guía: (DIE)*

Javier RUIZ DEL SOLAR

jruizd@ing.uchile.cl

*Co-Guía: (DCC)*

Jocelyn SIMMOND

jsimmond@dcc.uchile.cl

Santiago de Chile  
Abril, 2017

# 1. Contexto

A continuación se presenta una breve introducción a los temas requeridos para contextualizar esta propuesta de trabajo de título: La robótica de servicio, el equipo de trabajo y la RoboCup. Además, se introduce el tema de la memoria humana, requerido para entender los conceptos técnicos que se propone implementar y como se relacionan con la robótica.

## 1.1. Robots de Servicio

La robótica de servicio es un área enfocada en asistir a los seres humanos en tareas repetitivas y comunes, como la recolección de basura. Formalmente, se define un *robot de servicio* como un robot “que realiza tareas útiles para humanos o equipamiento, excluyendo aplicaciones de automatización industrial”[1]. Luego, el robot requiere cierto grado de autonomía, que es la habilidad de actuar a partir del estado actual, usando lo que observa del ambiente y sin intervención humana. Así, un robot de servicio debe trabajar en ambientes no controlados y con la autonomía suficiente que le permita llevar a cabo su cometido.

Un caso de uso típico es la asistencia en las tareas del hogar, donde se espera que un robot pueda ayudar a ordenar, preparar comida u ofrecer bebestibles. Otros casos de uso consideran el cuidado de adultos mayores, robots para compañía en el hogar, mascotas robots, salud o educación. Particularmente, la compañía SoftBank Robotics es pionera en ofrecer a Pepper como el primer robot humanoide ya adoptado en hogares de Japón, así como robot de bienvenida en hoteles y tiendas[2].

## 1.2. Equipo de Trabajo: UChile Homebreakers

El laboratorio de robótica del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile alberga dos equipos de robótica: *UChile Robotics Team*, dedicado al fútbol robótico y *UChile Homebreakers Team*, enfocado en robótica de servicio. Ambos son conformados por alumnos de pregrado y postgrado de diversas especialidades, y liderados por el profesor Javier Ruiz del Solar[3].

UChile Homebreakers existe desde el año 2007 y actualmente cuenta con 15 estudiantes. Todo su desarrollo de software está basado en ROS, un framework para el desarrollo de plataformas robóticas y con miles de usuarios alrededor del mundo[4].

El equipo trabaja en dos plataformas humanoides, Bender y Pepper. Bender es un robot construido en el laboratorio y con el objetivo de ser un mayordomo en el hogar. Pepper, desarrollado por SoftBank Robotics, está diseñado para ser un robot de compañía. Ambos comparten la misma arquitectura de software y prácticamente todo su código, exceptuando los drivers para acceder al hardware respectivo.

### 1.3. RoboCup @Home League

La RoboCup es una competencia internacional cuyo objetivo es ser un vehículo para el desarrollo de la robótica y la inteligencia artificial. Está compuesta de variadas ligas: Rescue, Soccer, Simulation, @Home, Industrial y Junior, cada una con diversas subligas orientadas a fomentar la investigación de distintos aspectos del campo. Su sueño es que para mediados del siglo 21, un equipo de fútbol robótico completamente autónomo sea capaz de vencer al campeón de la última copa mundial y siguiendo las reglas de la FIFA[5].

UChile Homebreakers participa desde el año 2007 en la categoría @Home. Las pruebas de la liga se desarrollan en escenarios que imitan ambientes reales, como un hogar o un restaurante. Las capacidades generalmente evaluadas y potenciadas en @Home son de Vision Computacional, Navegación autónoma, Manipulación de objetos y Reconocimiento de Voz. Cada año el equipo planifica sus desarrollos de acuerdo a los requerimientos de la competencia, por lo que trabajos fuera de las áreas mencionadas no son considerados una prioridad.

### 1.4. La Memoria Humana

La memoria hace relación al almacenamiento de experiencias en el cerebro. Hay múltiples sistemas de memoria independientes y sustentados por distintas estructuras cerebrales. A grandes rasgos, la memoria se puede dividir en de corto plazo STM (Short-Term Memory) y de largo plazo LTM (Large-Term Memory). La STM maneja información muy detallada, es de poca capacidad y permite un rápido acceso, mientras que la LTM maneja mucha información sobre experiencias y entidades, es menos detallada y de acceso más lento[6].

La LTM se puede dividir en explícita (consciente) e implícita (inconsciente). La primera almacena datos episódicos, pudiendo responder las preguntas “Qué”, “Dónde” y “Cuándo”, datos semánticos, que modelan hechos y conceptos como el lenguaje o personas, y también, las conexiones entre ambas submemorias. La memoria implícita codifica habilidades, hábitos y preferencias.

Existen procesos de consolidación y deterioro de la memoria que están constantemente en funcionamiento. La consolidación requiere un estímulo relevante, sumado al proceso de almacenamiento, lo que genera conexiones entre la memoria episódica y la respectiva zona semántica. En caso de haber experiencias repetidas, las conexiones se fortalecen. El deterioro de la memoria es un proceso que degenera las conexiones entre ambas formas de memorias explícitas.

La memoria emocional es una forma de memoria implícita que genera reacciones emocionales y sentimientos. Según los estímulos a los que se enfrente, permite modular el proceso de consolidación de la STM en LTM, modificando el nivel de relevancia de los eventos, pudiendo generar memorias muy fuertes y hábitos arraigados. Ejemplos de esto son los flashbacks y las memorias asociadas a eventos importantes.

## 2. Motivación

La memoria es una habilidad cognitiva crucial para los humanos. Al interactuar con otras personas o el ambiente les permite recordar experiencias pasadas y sus detalles. Luego, es de esperar que un robot de servicio posea una memoria que le permita potenciar sus capacidades de interacción con los humanos que ayudará[7]. Una LTM permitiría, por ejemplo, generar diálogos interesantes sobre eventos pasados o cosas que el robot puede inferir del comportamiento humano, por otro lado, también permitiría la generalización de las tareas que tiene que llevar a cabo.

Particularmente, dado el enfoque de las plataformas a utilizar, Bender cómo robot mayordomo y Pepper cómo robot social, se espera que ambos posean capacidades avanzadas de interacción con los humanos, para lo que se requiere una LTM.

### 2.1. Problema

El año 2015 se desarrolló una LTM episódica para el robot Bender, orientada a la interacción con personas y objetos[8]. El trabajo consideraba métodos para almacenar, adquirir y manejar la información episódica, sumado a un proceso simple de consolidación de memoria.

Actualmente la memoria desarrollada no está operativa, ni es factible habilitarla. A continuación se listan los aspectos que se consideran causas del problema desde un punto de vista técnico y humano:

- No se integró adecuadamente al software del robot, no se recopila ni provee información continuamente mientras el robot está en funcionamiento.
- La memoria no provee una API que siga el estándar de los desarrollos del equipo, por lo que no se usa ni es mantenida.
- RoboCup@Home no considera el uso de LTM en sus competencias, por lo que el equipo no tiene un incentivo real para seguir desarrollando o mantener la memoria. Esto además ha provocado que el código quede obsoleto.

Por otro lado, suponiendo que lo anterior estuviese solucionado, aún existen los siguientes problemas:

- Sólo considera 2 modelos semánticos: Persona y Objeto, para los cuales sólo se almacena información de nombre, nacionalidad e imagen.
- A pesar de considerar un modelo para objetos, no se integró con los módulos relacionados que recopilan la información, por lo que realmente la memoria sólo funciona para entidades de tipo Persona.

- Es esperable que una memoria considere más modelos (Personas, Objetos, Autos, Niños, Mascotas, etc) y más características para cada modelo (nombre, hobbies, trabajo, etc).
- La consolidación de memoria STM a LTM sólo considera la primera interacción con cada entidad, por lo que no existe actualización de los datos.
- Hay una restricción en los modelos y características a almacenar, respecto a la información que el robot es realmente capaz de obtener.

## 2.2. Oportunidad

Existe un vasto desarrollo respecto a la memoria y los procesos cognitivos, sin embargo, la investigación se concentra en campos como psicología, neurología y ciencias cognitivas. Los estudios de LTM para robots de servicio son muy acotados y no existe una solución estándar a implementar. Algunos robots, como la versión comercial de Pepper, utilizan LTM, pero el código asociado no es libre, ni está basado en ROS.

El uso de LTM no está en las prioridades “RoboCup” del equipo, sino que es algo útil para demostraciones y para potenciar la interacción humano-robot. Por ello, se considera que no basta con desarrollar un módulo capaz de recopilar información inteligentemente, sino que además se requiere una integración con las capacidades de diálogo o de inferencia de información, para finalmente proveer una demostración de éstas habilidades.

Así, ésta es una oportunidad para diseñar una LTM para robots de servicio, que considere aspectos como:

- Memoria episódica y semántica adecuada a tareas generales de robots de servicio.
- Métodos de consolidación de STM en LTM.
- Servicio para recopilación continua de información
- Implementación estándar y de código libre basada en ROS.
- Capacidad de generar respaldos de la memoria y recuperación de éstos.
- Memoria emocional que permita dar relevancia a los eventos.
- Inferencia de información a partir de datos de la memoria. Por ejemplo: “Juan suele desayunar a las 9am”, “El control de la TV suele estar en el sofá”, etc.

Tanto la memoria emocional, como la inferencia de información, se consideran requisitos deseables, por lo que están fuera del *core* del proyecto.

También se considera que es la oportunidad de promover la inclusión de desafíos basados en LTM en la liga @Home, a partir de los resultados de éste trabajo. Así, el desarrollo de LTMs y capacidades asociadas dejaría de ser postergado y pasaría a ser una prioridad para los equipos de la competencia.

### 3. Posibles Soluciones

Respecto al diseño de la memoria, un camino posible es modelar los datos y sus interacciones de acuerdo al funcionamiento de la memoria humana. Trabajos en esta línea han sido desarrollados por Vijayakumar[7] y Sanchez et al.[8], en el diseño de LTM's episódicas.

Para definir que modelos semánticos considerar y sus características, en una primera instancia se puede acotar el desarrollo a robots de servicio que operen bajo determinadas condiciones. Un caso de interés RoboCup son los robots de servicio para el hogar, que ayuden con las tareas domésticas. Ésto se puede acotar además, a los robots Bender y Pepper.

El algoritmo a utilizar para la consolidación de STM en LTM no está claro y debe ser estudiado. Se espera considerar los siguientes aspectos al escogerlo o diseñarlo: Selección de que información almacenar y como evitar redundancia, estrategia para cuándo y cómo actualizar la información, y mecanismos de deterioro controlado de la memoria.

Una vez definido el proceso de consolidación, se puede implementar el servicio que recopile información constantemente. Éste podría acceder a la información que genera el robot durante sus rutinas, una forma de STM básica, mediante sus interfaces ROS.

Para validar el diseño e implementación de la LTM, algunos procedimientos de interés son:

- Definición de consultas que requieran información episódica y semántica, para ser respondidas por la LTM. Por ejemplo:
  - Consultas episódicas: “¿Qué hiciste ayer y cómo?”, “¿Qué pasó hace 1 mes”.
  - Consultas semánticas: “¿Qué ha cambiado en la habitación?”, “Describe un humano que conozcas.”.
- Uso de la API para responder a las preguntas definidas.
- Uso de chatbot básico basado en AIML[9], a modo de demostración de conversación.
- Queda definir otras alternativas de validación

Para la inferencia de información, una aproximación básica sería aplicar técnicas de clustering, sin embargo, la forma de solucionarlo se debe estudiar con más detalle.

En cuanto a la memoria emocional, hay dos partes de interés, asignar importancia a los eventos y usar ese indicador para modular el proceso de consolidación. Ambos componentes deben ser estudiados con más detalle. Para su validación bastaría definir consultas que requieran información emocional, como por ejemplo: “Enumera los 10 eventos más importantes que conoces”.

## 4. Objetivos

### 4.1. Objetivo General

El objetivo general corresponde al diseño de una LTM para robots de servicio, que considere componentes episódicos y semánticos. La LTM debe ser integrada en Bender y Pepper, con un servicio en background que recopile información y con una API acorde a los desarrollos de UChile Homebreakers. Además, la LTM debe quedar integrada con alguna demostración de ésta capacidad, ya sea mediante el diálogo o mediante inferencia de información.

En resumen, el producto final debe ser una LTM integrada en los robots, de generación continua de recuerdos y que provea una demostración de ésta capacidad.

### 4.2. Objetivos Específicos

A continuación se presentan los objetivos específicos del trabajo, a modo de desglose del objetivo general en tareas más acotadas.

- Definición del proceso de consolidación de recuerdos.
- Diseño de la arquitectura del sistema y validación
- Implementación de la LTM y su API.
- Servicio para recopilación continua de información.
- Implementación de la demostración.

Otros objetivos específicos, correspondientes a requisitos que no son del *core* del proyecto, son la implementación de la memoria emocional y la implementación de un módulo de inferencia de información basada en LTM.

## 5. Metodología

Tomando en cuenta la orientación de los cursos de (CC6908, EL6908) y EL6909, se propone una metodología de 2 etapas, 1 por cada curso.

Durante el primer semestre se espera realizar la revisión bibliográfica correspondiente, y particularmente:

- Estudiar la implementación de LTM en robots de servicio y otras plataformas.
- Definir algoritmo de consolidación.

- Formalizar las validaciones y demostración a realizar.
- Diseño de la arquitectura de software.
- Estudiar alternativas para la inferencia de información y memoria emocional.

Durante el segundo semestre se propone seguir una estrategia incremental de desarrollo de software, que considere el *core* como primera iteración y los 2 objetivos alternativos en las siguientes. Análogamente, el desarrollo del core será dividido en los siguientes incrementos más pequeños:

1. Implementación de la LTM, su API y validación.
2. Servicio para recopilación continua de información.
3. Implementación de la demostración.

## Referencias

- [1] “IFR, International Federation of Robotics,” <https://ifr.org/>, [Acceso: 24-Abril-2017].
- [2] “SoftBank Robotics,” <http://www.softbank.jp/en/robot/>, [Acceso: 24-Abril-2017].
- [3] “UChile Robotics,” <http://robotica-uchile.amtc.cl/>, [Acceso: 24-Abril-2017].
- [4] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. B. Foote, J. Leibs, R. Wheeler, and A. Y. Ng, “ROS: an open-source robot operating system,” in *ICRA Workshop on Open Source Software*, 2009.
- [5] L. van Beek, K. Chen, D. Holz, L. Sanchez, M. Matamoros, H. Nagano, C. Rascon, J. R. de Souza, M. Rudinac, and S. Wachsmuth, “Robocup@home 2017: Rules and regulations,” [http://www.robocupathome.org/rules/2017\\_rulebook.pdf](http://www.robocupathome.org/rules/2017_rulebook.pdf), 2017.
- [6] H. Eichenbaum, “Memory,” *Scholarpedia*, vol. 3, no. 3, p. 1747, 2008, revision #137659.
- [7] S. Vijayakumar, “Long-Term Memory in Cognitive Robots,” Master’s thesis, Universitaet des Saarlandes, 2014.
- [8] M. L. Sánchez, M. Correa, L. Martínez, and J. Ruiz-Del-Solar, “An Episodic Long-Term Memory for Robots: The Bender Case,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9513, pp. 264–275, 2015.
- [9] “AIML: Artificial Intelligence Markup Language,” <http://www.alicebot.org/aiml.html>, [Acceso: 26-Abril-2017].