

# Plataforma móvil de arquitectura abierta

## ROMAA

David Gaydou, Gonzalo Perez Paina, Javier Salomone, Guillermo Steiner

Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería  
Universidad Tecnológica Nacional, F.R.C.

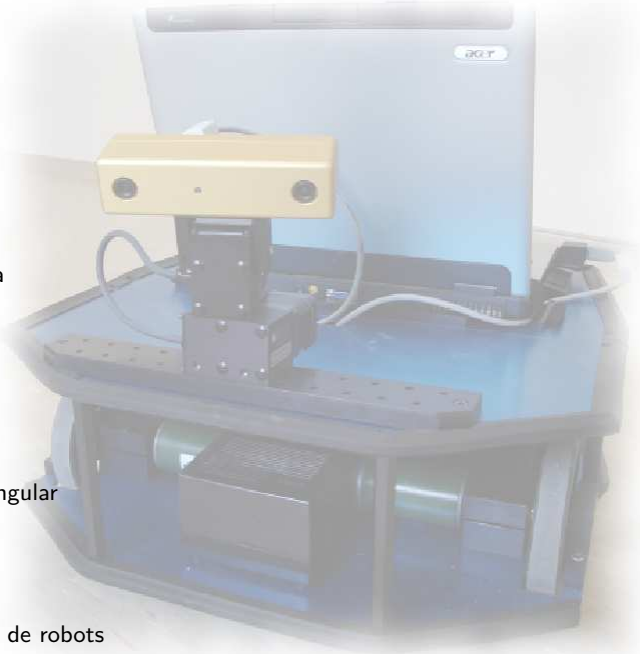
<http://twiki.frc.utn.edu.ar/CIII>

Córdoba, Argentina



V Jornadas Argentinas de Robótica  
UNS, Bahía Blanca

- 1 Introducción
  - Objetivos generales
  - Estructura
  - Características
  - Arquitectura abierta
- 2 Descripción
  - Estructura mecánica
  - Tracción y Odometría
  - Diagrama en bloques
  - Sistema energético
  - Control de tracción
  - Drivers de potencia
- 3 Experimentos
  - Odometría
  - Trayectoria lineal y angular
- 4 Costos materiales
- 5 Trabajos Futuros
  - Sensores
  - Entorno de desarrollo de robots



# Objetivos generales

## Necesidad

A partir de la necesidad de disponer de una plataforma móvil para ensayar y validar algoritmos de procesamiento de imágenes y navegación

## No muy pequeño

Suficientemente grande para flexibilidad en montaje de sensores y actuadores

## No muy grande

Suficientemente pequeño para desplazarse con facilidad en ambientes interiores

# Objetivos generales

## Necesidad

A partir de la necesidad de disponer de una plataforma móvil para ensayar y validar algoritmos de procesamiento de imágenes y navegación

## No muy pequeño

Suficientemente grande para flexibilidad en montaje de sensores y actuadores

## No muy grande

Suficientemente pequeño para desplazarse con facilidad en ambientes interiores

# Objetivos generales

## Necesidad

A partir de la necesidad de disponer de una plataforma móvil para ensayar y validar algoritmos de procesamiento de imágenes y navegación

## No muy pequeño

Suficientemente grande para flexibilidad en montaje de sensores y actuadores

## No muy grande

Suficientemente pequeño para desplazarse con facilidad en ambientes interiores

# Estructura

## Estructura

Plataforma para experimentación en ambientes interiores de laboratorio

## Componentes

Componentes de fácil acceso en el mercado o mínimos costos de maquinado

## Tracción diferencial

- Facilita el control
- Mínimo mantenimiento
- Gran maniobrabilidad

# Estructura

## Estructura

Plataforma para experimentación en ambientes interiores de laboratorio

## Componentes

Componentes de fácil acceso en el mercado o mínimos costos de maquinado

## Tracción diferencial

- Facilita el control
- Mínimo mantenimiento
- Gran maniobrabilidad

# Estructura

## Estructura

Plataforma para experimentación en ambientes interiores de laboratorio

## Componentes

Componentes de fácil acceso en el mercado o mínimos costos de maquinado

## Tracción diferencial

- Facilita el control
- Mínimo mantenimiento
- Gran maniobrabilidad



# Características

- Autonomía energética suficiente para una jornada completa de operación sin interrupción para recarga o cambio de las baterías
- Alta capacidad de procesamiento on-board
  - Pensado fundamentalmente para notebook → compacta
  - Autonomía
  - Potencia
  - Conectividad
  - Flexibilidad

# Arquitectura abierta

## Desde dos perspectivas

- Utilización de recursos de licencia pública (no reinventar)
- Obtener máximo grado de modularidad que permita el fácil acceso a cualquier nivel de la estructura jerárquica del sistema

# Arquitectura abierta

## Desde dos perspectivas

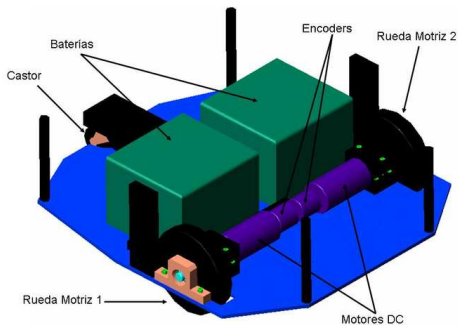
- Utilización de recursos de licencia pública (no reinventar)
- Obtener máximo grado de modularidad que permita el fácil acceso a cualquier nivel de la estructura jerárquica del sistema

# Síntesis

- Simple
- Robusto
- Modular
- Ajustado a estándares



# Componentes



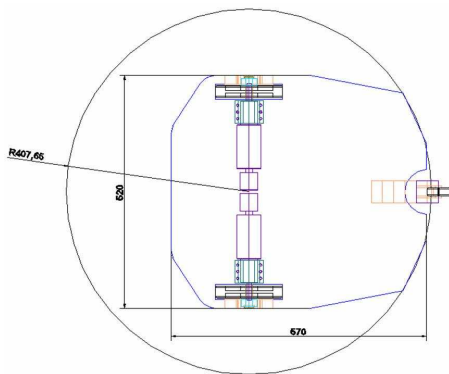
- Placas aluminio 2024
- Motorreductores IGNIS MR103-400
- Encoders Autonics E40H-8-100-2-1-24
- Baterías Probattery BSLA-12260-CPB

# Dimensiones

- Peso: 35Kg
- Carga útil: 48Kg
- Diámetro de ruedas: 147mm
- Trocha: 503mm
- Radio de giro: 0mm
- Radio área de giro: 407mm

# Dimensiones cont.

## Dimensiones y área de giro



- Ancho: 520mm
- Largo: 570mm
- Alto: 200mm

# Tracción

- tensión nominal:  $24\text{Volts}$
- potencia nominal:  $288\text{W}$
- velocidad lineal máx.:  $2,405\text{m/s}$
- velocidad lineal mínima medible:  $7,22 \times 10^{-6}\text{m/s}$
- velocidad angular mínima medible:  $1,82 \times 10^{-3}^\circ/\text{s}$



# Odometría

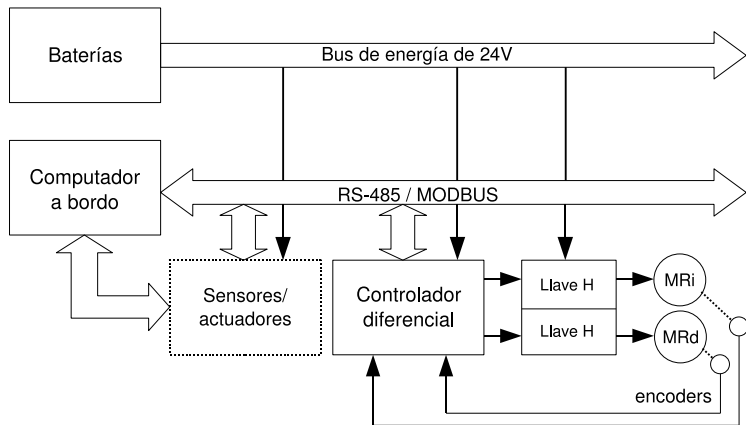
|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Res. desplaz. lineal               | $72,2 \times 10^{-3}$ mm   |
| Res. desplaz. angular              | 0,018 °                    |
| Res. velocidad angular a vel. máx. | $85,8 \times 10^{-3}$ °/s  |
| Res. velocidad lineal a vel. máx.  | $340 \times 10^{-6}$ m/s   |
| Res. velocidad angular a vel. mín. | $3,09 \times 10^{-12}$ °/s |
| Res. velocidad lineal vel. mín.    | $12,3 \times 10^{-15}$ m/s |

Cuadro: Odometría

|                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| Res. angular a velocidad máx. | $31,9 \times 10^{-6}$ °/s  |
| Res. lineal a velocidad máx.  | $681,3 \times 10^{-6}$ m/s |
| Vel. angular mínima medible   | $11,3 \times 10^{-3}$ °/s  |
| Vel. lineal mínima medible    | $14,4 \times 10^{-6}$ m/s  |

Cuadro: Medición de velocidad por período

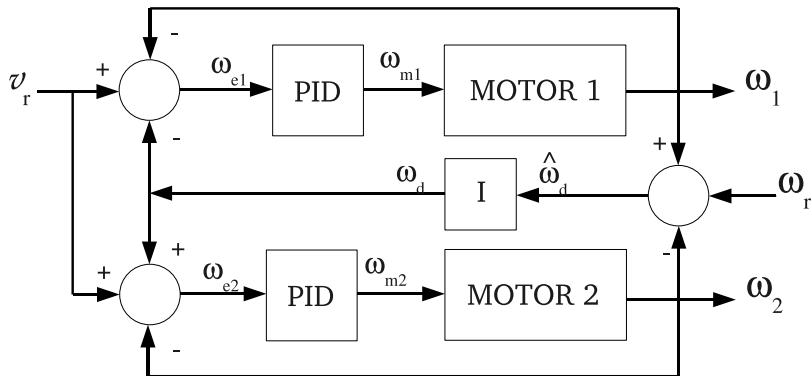
# Diagrama en bloques



# Sistema energético

- Tensión nominal:  $24V$
- Capacidad nominal:  $I_{cte} = 3A, 24Ah$
- Peso:  $8,9Kg$
- Vida útil
  - 100 sesiones anuales
  - $72W$  promedio
  - Profundidad de descarga 50 %
- Carga durante la noche
- 4 años de duración

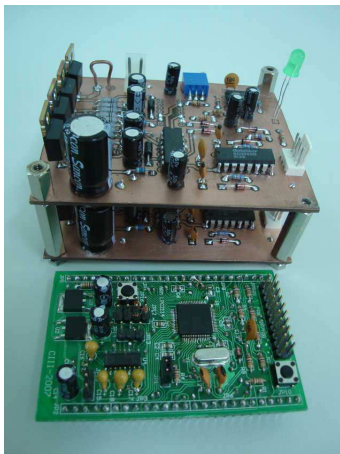
## Control de tracción



# Control de tracción cont.

- LPC2114 Philips - RISC  $\mu$ C, núcleo ARM 32bits 60MHz
- freeRTOS
  - Lectura datos encoders por interrupción de baja latencia
  - Período de lazo de control ajustable desde  $5ms$
  - Cálculos en punto flotante
  - Librería de comunicación freeMODBUS
- Programación modular C-ANSI
- Entorno de desarrollo GNUARM

# Drivers de potencia



- Puente H con MOSFETs
- Control de sobrecorriente (chopper)
- Habilitación
- Modulación de ancho de pulso ( $frec = 20KHz$ )

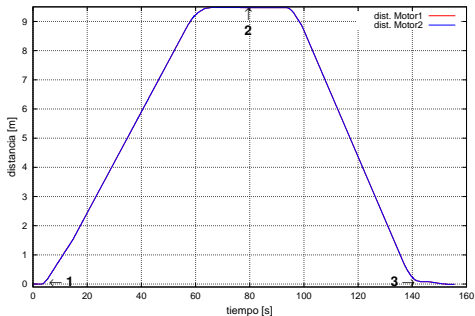
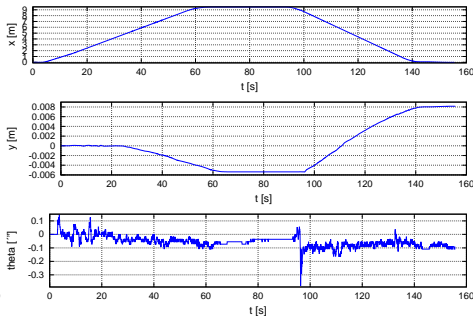
# Odometría

Enfocados al sistema de odometría “dead-reckoning”

- Error relativo en la trayectoria lineal (distancia/orientación)
- Error relativo en la trayectoria angular(distancia/orientación)

# Trayectoria lineal

Distancia recorrida por cada rueda

Posicion x, y, orientacion  $\theta$ 

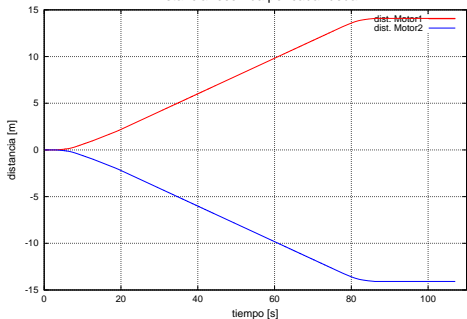
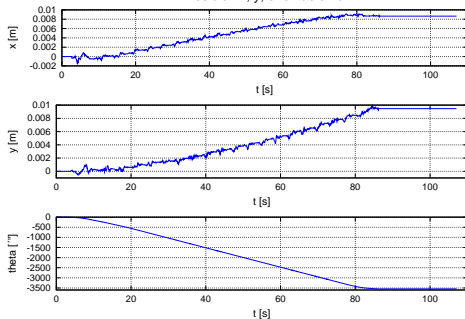
|           | $(x_1; y_1)$ | $(x_2; y_2)$           | $(x_3; y_3)$       |
|-----------|--------------|------------------------|--------------------|
| Realidad  | (0; 0)       | $\sim (+9, 48; 0)$     | $\sim (0; +0, 02)$ |
| Odometría | (0; 0)       | $(+9, 4783; -0, 0053)$ | $(0; +0, 0081)$    |

Cuadro: Odometría línea recta. unidades [m]



# Trayectoria angular

Distancia recorrida por cada rueda

Posicion x, y, orientacion  $\theta$ 

|           | $(x_i; y_i)$ | $(x_f; y_f)$            |
|-----------|--------------|-------------------------|
| Realidad  | (0; 0)       | $\sim (+0, 02; -0, 01)$ |
| Odometría | (0; 0)       | (+0, 00865; +0, 00947)  |

Cuadro: Angular (10 vueltas). unidades [m]

# Costos materiales

|                         | precio unitario | precio total |
|-------------------------|-----------------|--------------|
| materiales y mecanizado | -               | ~ \$ 4000    |
| 2 motorreductores IGNIS | \$650           | \$ 1300      |
| 2 encoders Autonics     | \$525           | \$ 1050      |
| 2 baterias Probattery   | \$302\$         | \$ 604       |
| electrónica             | -               | ~ \$ 500     |

Cuadro: Costos materiales

- TOTAL aprox.: \$7454 (prototipo)

# Trabajos futuros

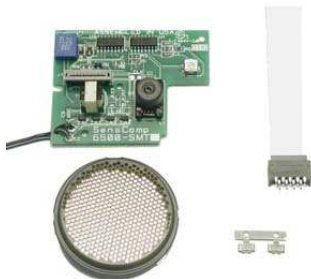
- Técnicas para minimizar imperfecciones mecánicas (ej. alineación de ruedas)
- Experimento de calibración de parámetros de cinemática (ej. UMBmark <sup>1</sup>)
- Modelo dinámico
  - Integración del modelo dinámico al simulador

---

<sup>1</sup>“UMBmark, A Method for Measuring, Comparing, and Correcting Dead-reckoning Errors in Mobile Robots”, J. Borenstein and L. Feng, University of Michigan, 1994

# Integración de sensores

Sensores de ultrasonido  
SensComp/Polaroid  
6500 Range Module, 600  
Serie Transducer



Sensor láser Hokuyo  
UHG-08LX Scanning range  
finder sensor



# Entorno de desarrollo de robots

Programación de driver para “Entorno de Desarrollo”  
y generación de modelos de simulación 2D y 3D

Entornos a analizar

- ActiveMedia, Advance Robotics Interface Application - ARIA,  
<http://robots.mobilerobots.com/wiki/ARIA>
- Carnegie Mellon Robot Navigation Toolkit - CARMEN,  
<http://carmen.sourceforge.net/home.html>
- Player/Stage/Gazebo (Client/Server network interface/2D multiple robot simulator/3D multiple robot simulator) - PSG,  
<http://playerstage.sourceforge.net/>

# Entorno de desarrollo de robots

## Player/Stage

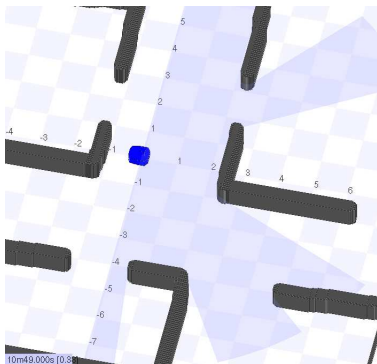


Figura: Modelo ROMAA en Stage



Figura: Entorno multi-robot en Stage

# Herramientas libres utilizadas

- S.O. PC GNU/Linux Debian, [www.debian.org](http://www.debian.org)
- S.O. Embebido freeRTOS, [www.freertos.org](http://www.freertos.org)
- Cálculo numérico GNU Octave, <http://www.gnu.org/software/octave/>
- Programación PC - gcc, <http://gcc.gnu.org>
- Programación sist. embebidos GNUARM, [www.gnuarm.com](http://www.gnuarm.com)
- Documentación, coordinación y trabajo cooperativo twiki, <http://twiki.org>
- Repositorio de software SVN, <http://subversion.tigris.org>
- Creación de documentos y presentación  $\text{\LaTeX}$ , [www.latex-project.org](http://www.latex-project.org)

# Gracias!