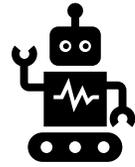


Robots Mviles



UNIDAD 3: Autonomía

Dra. Carolina Díaz Baca

U3: Autonomía

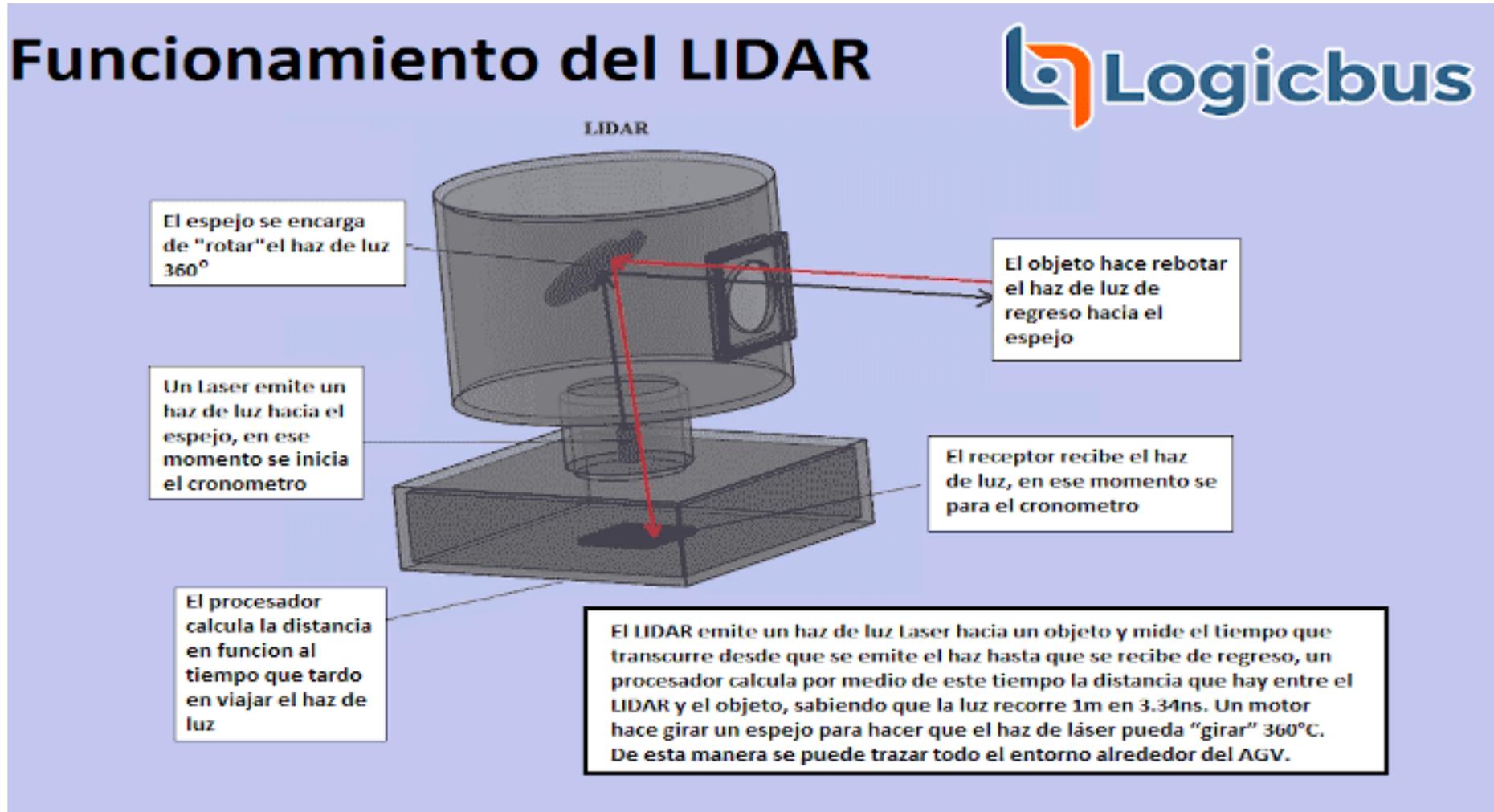
Percepción y Sensores

Cinemática localización

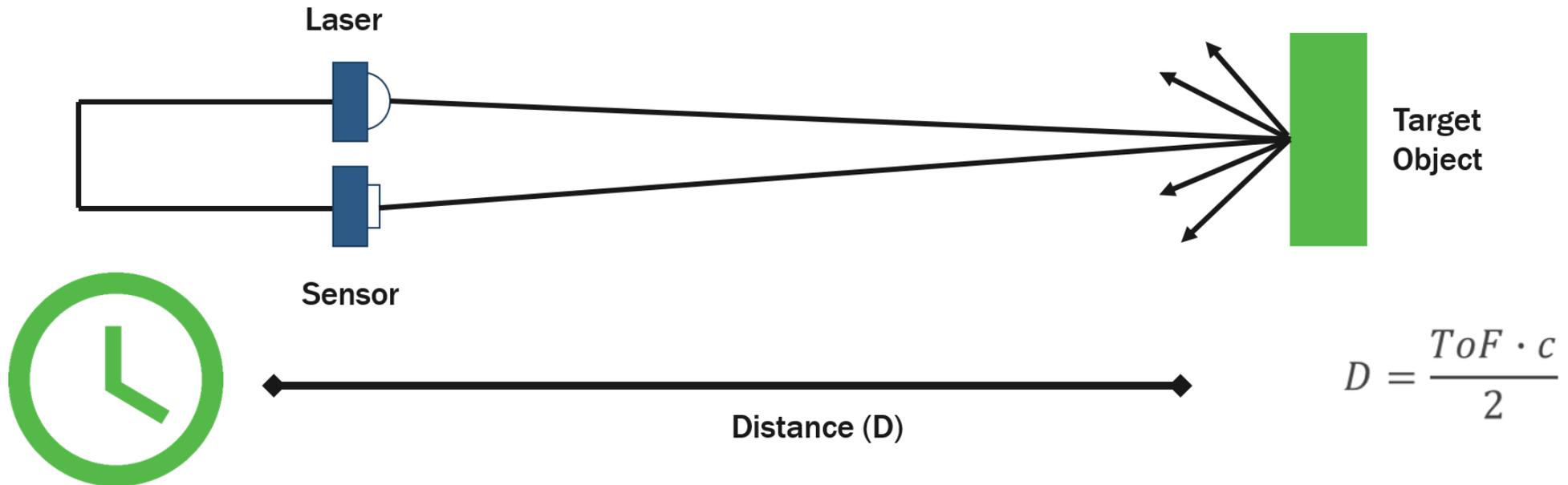
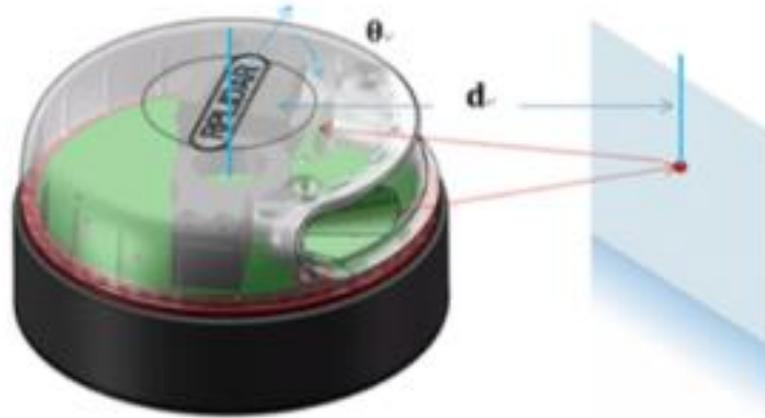
Mapeo

SLAM

Lidar: Laser imaging detection and ranging

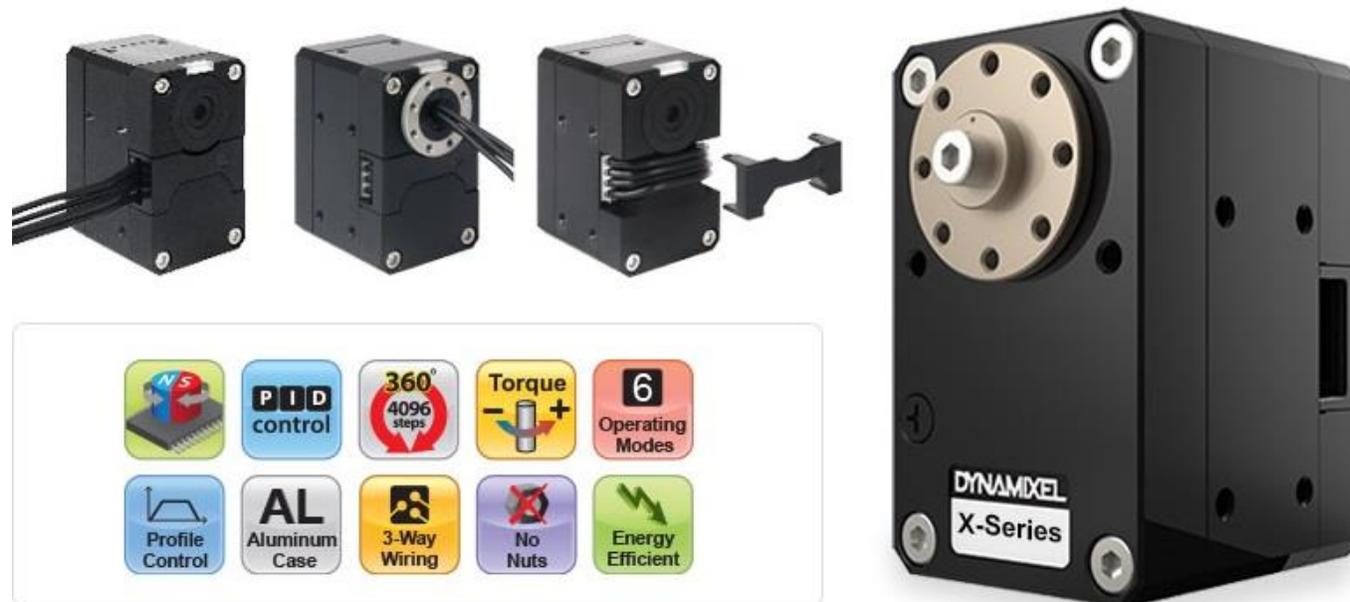


Lidar: laser imaging detection and ranging



Actuadores, motores articulaciones

- 2x servomotores digitales Dynamixel XL430-W250-T.
 - [1] Control de velocidad: Permite controlar la velocidad del motor.
 - [3] Control de posición (por defecto): Permite controlar la posición del robot entre 0 y 360°, esto limita el radio de acción del servo a una revolución.
 - [4] Control de posición extendido. Permite controlar la posición pudiendo recorrer más de una vuelta, hasta un máximo de 512 vueltas.
 - [16] Control PWM: Desactiva todos los controles del dispositivo y aplica un voltaje al motor directamente.



Cinemática directa/inversa

Dada una velocidad en el espacio articular del robot saber cuál es la velocidad en el espacio cartesiano

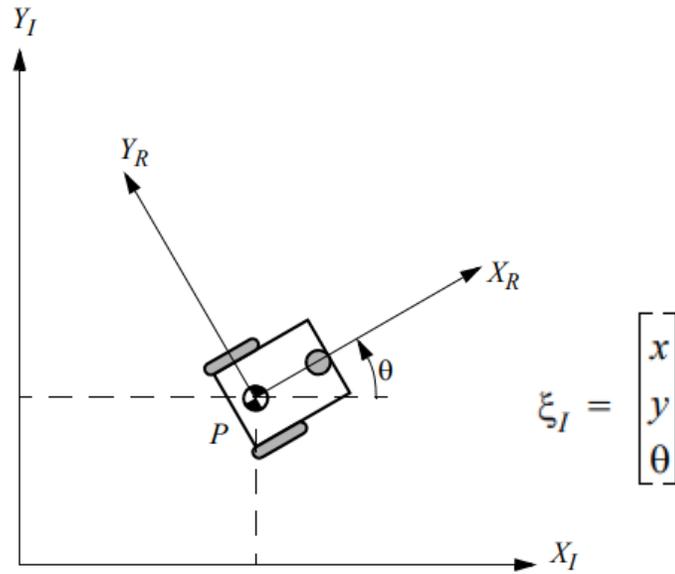


Dada una velocidad en el espacio cartesiano del robot saber cuáles son las velocidades de cada motor que me llevaron a esa velocidad

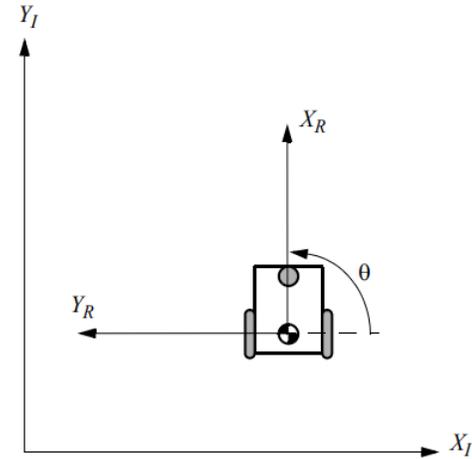
Cinematica directa/inversa (diferencial)

- El número de dimensiones en el espacio de las velocidades es el número de velocidades independientes alcanzables, se conoce como DDOF diferencial degree of freedom
- La **odometría** es el estudio de la estimación de la posición de vehículos con ruedas durante la navegación. Para realizar esta estimación se usa información sobre la rotación de las ruedas para estimar cambios en la posición a lo largo del tiempo. Este término también se usa a veces para referirse a la distancia que ha recorrido uno de estos vehículos (pudiéndose emplear otros sensores para su cálculo, como la odometría visual).
- La palabra "odometría" se compone por las palabras griegas *hodos* ("viajar", "trayecto") y *metron* ("medida").

Cinemática 2 ruedas



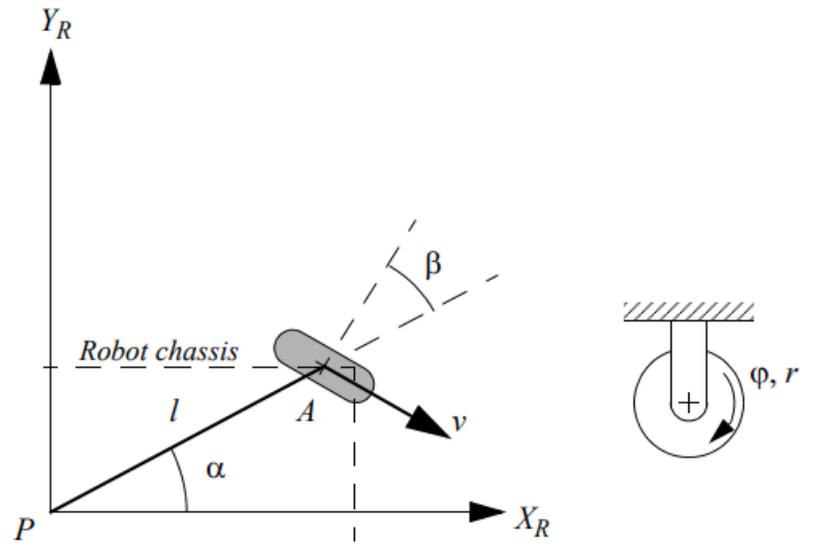
$$\xi_I = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}$$



$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

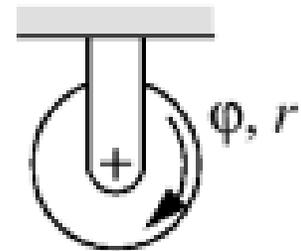
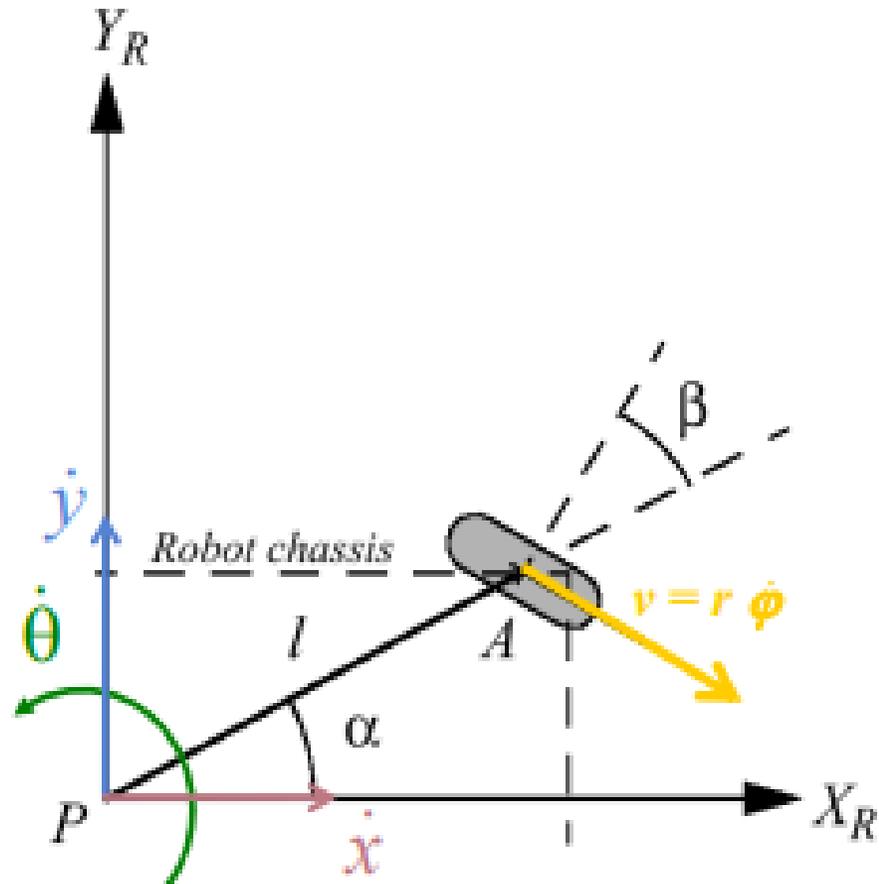
$$\dot{\xi}_R = R\left(\frac{\pi}{2}\right)\dot{\xi}_I$$

$$R\left(\frac{\pi}{2}\right) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = f(l, r, \theta, \dot{\phi}_1, \dot{\phi}_2)$$

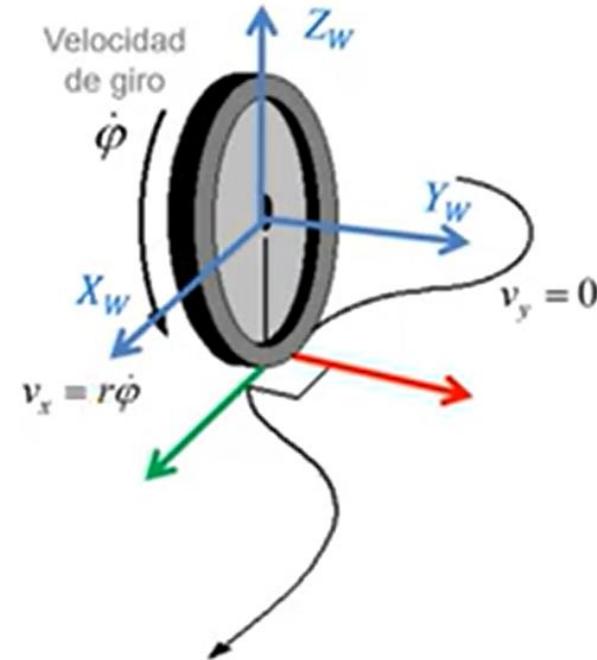
Cinematica
directa/inversa
(diferencial)



Maniobrabilidad y Restricciones

- Suposiciones (rueda ideal):
 1. La estructura es rígida
 2. El plano de la rueda es vertical
 3. Hay solo 1 punto de contacto (entre rueda/suelo)
- Restricciones:
 1. *De rodadura*: la rueda solo puede rodar en el plano que la contiene (no hay deslizamiento)
 2. *De deslizamiento*: la rueda no resbala lateralmente
- Velocidad (lineal) de la rueda:

$$\begin{aligned}v_x &= r\dot{\phi} \\ v_y &= 0\end{aligned}$$



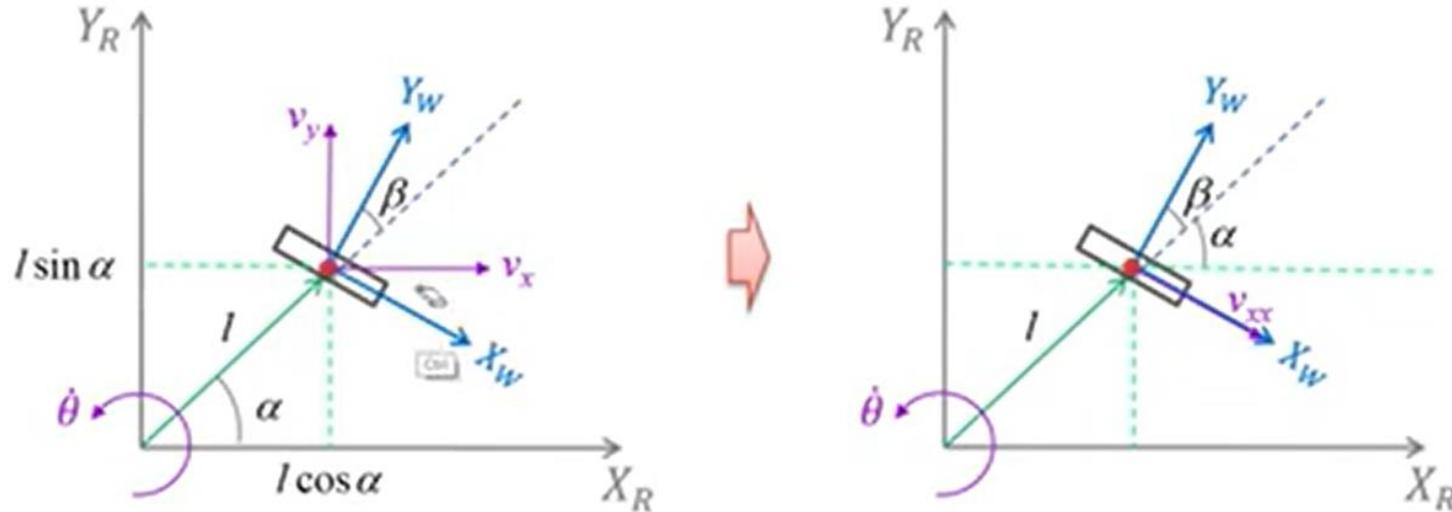
$${}^W \dot{\xi} = \begin{bmatrix} r\dot{\phi} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

En el sistema de referencia de la rueda $\{W\}$

Maniobrabilidad y Restricciones

- Rueda Convencional

- Velocidad del robot: $R_{\zeta}^x = (v_x, v_y, \dot{\theta})$



$$v_{xx} = v_x \sin(\alpha + \beta)$$

$$v_{xy} = v_x \cos(\alpha + \beta)$$

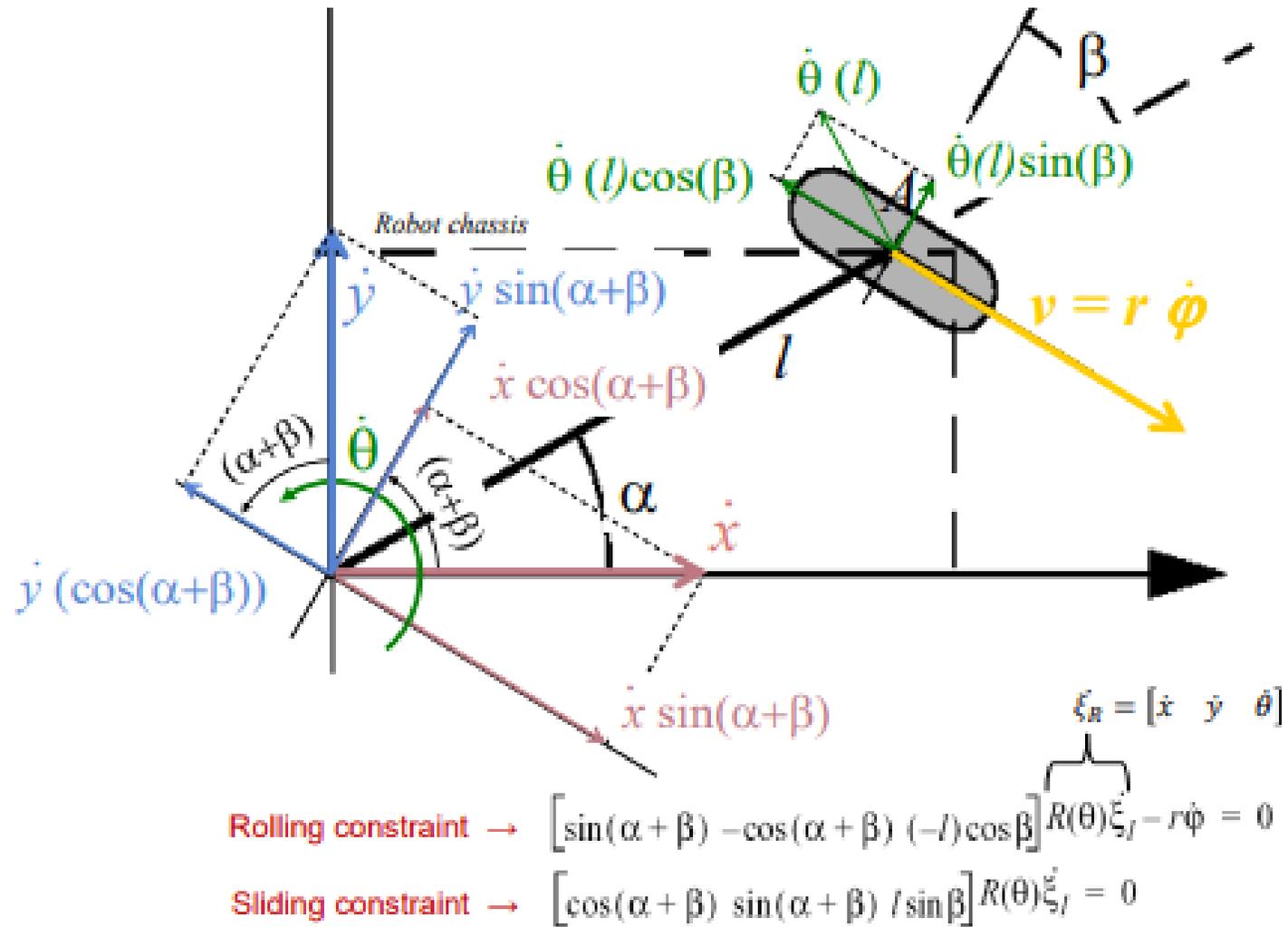
$$v_{yx} = v_y \cos(\alpha + \beta)$$

- Componentes del efecto de la velocidad angular del robot en la dirección del movimiento de la rueda y de su perpendicular:

$$v_1 = l\dot{\theta} \cos \beta$$

$$v_2 = l\dot{\theta} \sin \beta$$

Maniobrabilidad y Restricciones



Maniobrabilidad y Restricciones

- *Restricción de rodadura:* en X_W la velocidad de la rueda es $r\dot{\phi}$

$$v_{xx} - v_{yx} - v_1 = r\dot{\phi}$$

$$v_x \sin(\alpha + \beta) - v_y \cos(\alpha + \beta) - l\dot{\theta} \cos \beta = r\dot{\phi}$$

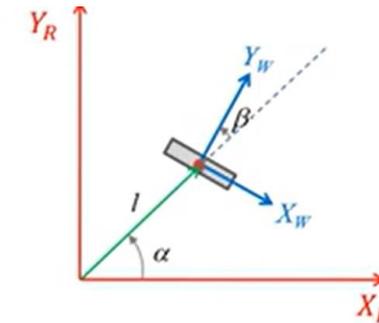
$$\begin{bmatrix} \sin(\alpha + \beta) & -\cos(\alpha + \beta) & -l \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = r\dot{\phi}$$

- *Restricción de deslizamiento:* en Y_W la velocidad de la rueda es 0

$$v_{xy} + v_{yy} + v_2 = 0$$

$$v_x \cos(\alpha + \beta) + v_y \sin(\alpha + \beta) + l\dot{\theta} \sin \beta = 0$$

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha + \beta) & \sin(\alpha + \beta) & l \sin \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = 0$$



- Rueda convencional fija: β constante
- Rueda convencional orientable: $\beta(t)$ variable

- Restricción de rodadura:

$$\begin{bmatrix} \sin(\alpha + \beta) & -\cos(\alpha + \beta) & -l \cos \beta \end{bmatrix} {}^R \dot{\xi} = r\dot{\phi}$$

La rueda avanza solo en X_W

- Restricción perpendicular al movimiento

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha + \beta) & \sin(\alpha + \beta) & l \sin \beta \end{bmatrix} {}^R \dot{\xi} = 0$$

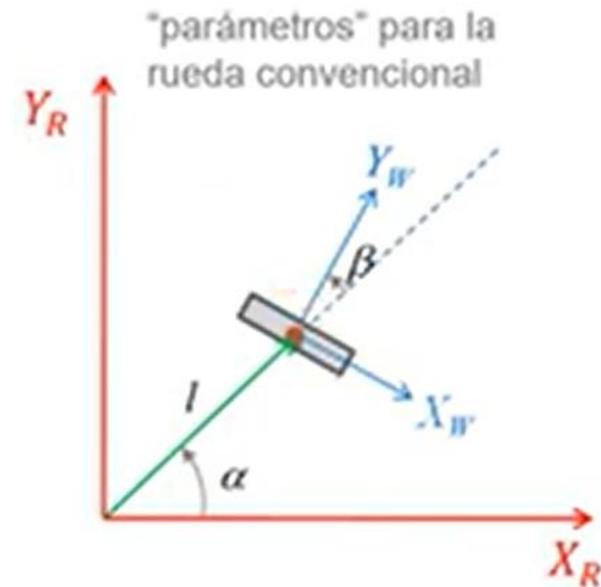
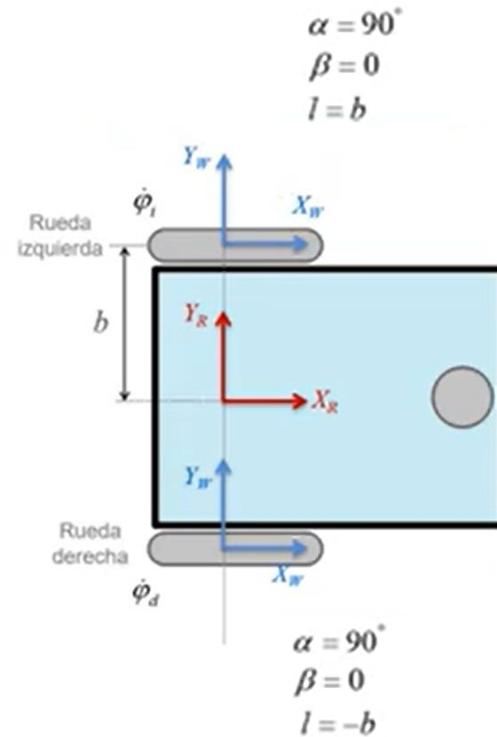
En Y_W no hay movimiento

$$A^R \dot{\xi} = B \dot{\varphi}$$

A : Cada fila contiene las restricciones de las ruedas

B : Contiene el radio de la rueda, o cero

${}^R \dot{\xi}$: Velocidad del robot en su sistema de referencia (del robot)



Maniobrabilidad y Restricciones

- Restricciones en forma matricial

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & b \\ 1 & 0 & -b \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} r & 0 \\ 0 & r \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{\varphi}_d \\ \dot{\varphi}_l \end{bmatrix}}_{\dot{\varphi}} \Rightarrow A^R \dot{\xi} = B \dot{\varphi}$$

- Cinemática directa:

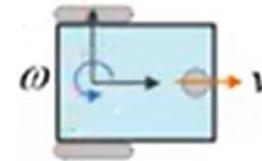
$${}^R \dot{\xi} = A^R B \dot{\varphi}$$

$${}^R \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2} & \frac{r}{2} \\ 0 & 0 \\ \frac{r}{2b} & -\frac{r}{2b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_d \\ \dot{\varphi}_l \end{bmatrix}$$



$$\begin{aligned} {}^R \dot{x} = v &= \frac{r}{2} (\dot{\varphi}_d + \dot{\varphi}_l) \\ \dot{\theta} = \omega &= \frac{r}{2b} (\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_l) \end{aligned}$$

Nota: v, ω
en el sistema
del robot



Maniobrabilidad y Restricciones

- Restricciones en forma matricial

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & b \\ 1 & 0 & -b \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_A \underbrace{{}^R \dot{\xi}} = \underbrace{\begin{bmatrix} r & 0 \\ 0 & r \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{\phi}_d \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix}}_{\dot{\phi}} \quad \Rightarrow \quad A^R \dot{\xi} = B \dot{\phi}$$

- Cinemática inversa:

$$\dot{\phi} = B^* A^R \dot{\xi}$$

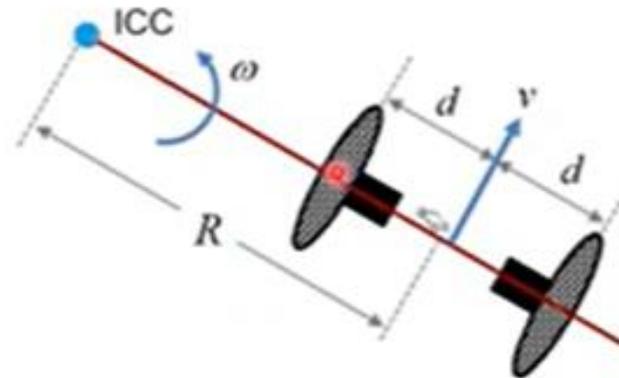
$$\begin{bmatrix} \dot{\phi}_d \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/r & 0 & b/r \\ 1/r & 0 & -b/r \end{bmatrix} \underbrace{{}^R}_{\dot{\xi}} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_d &= \frac{1}{r}(v + b\omega) \\ \dot{\phi}_l &= \frac{1}{r}(v - b\omega) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= {}^R \dot{x} \\ \omega &= \dot{\theta} \end{aligned}$$

Maniobrabilidad y Restricciones

El movimiento de un robot diferencial puede ser representado como una rotación alrededor de un punto, el cual se denomina ICC (*Instantaneous Curvature Center*), como se muestra en la siguiente figura. Determinar el radio de giro R en función de la velocidad de las ruedas del robot.

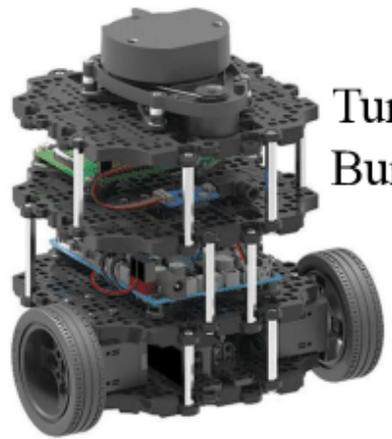


Solución

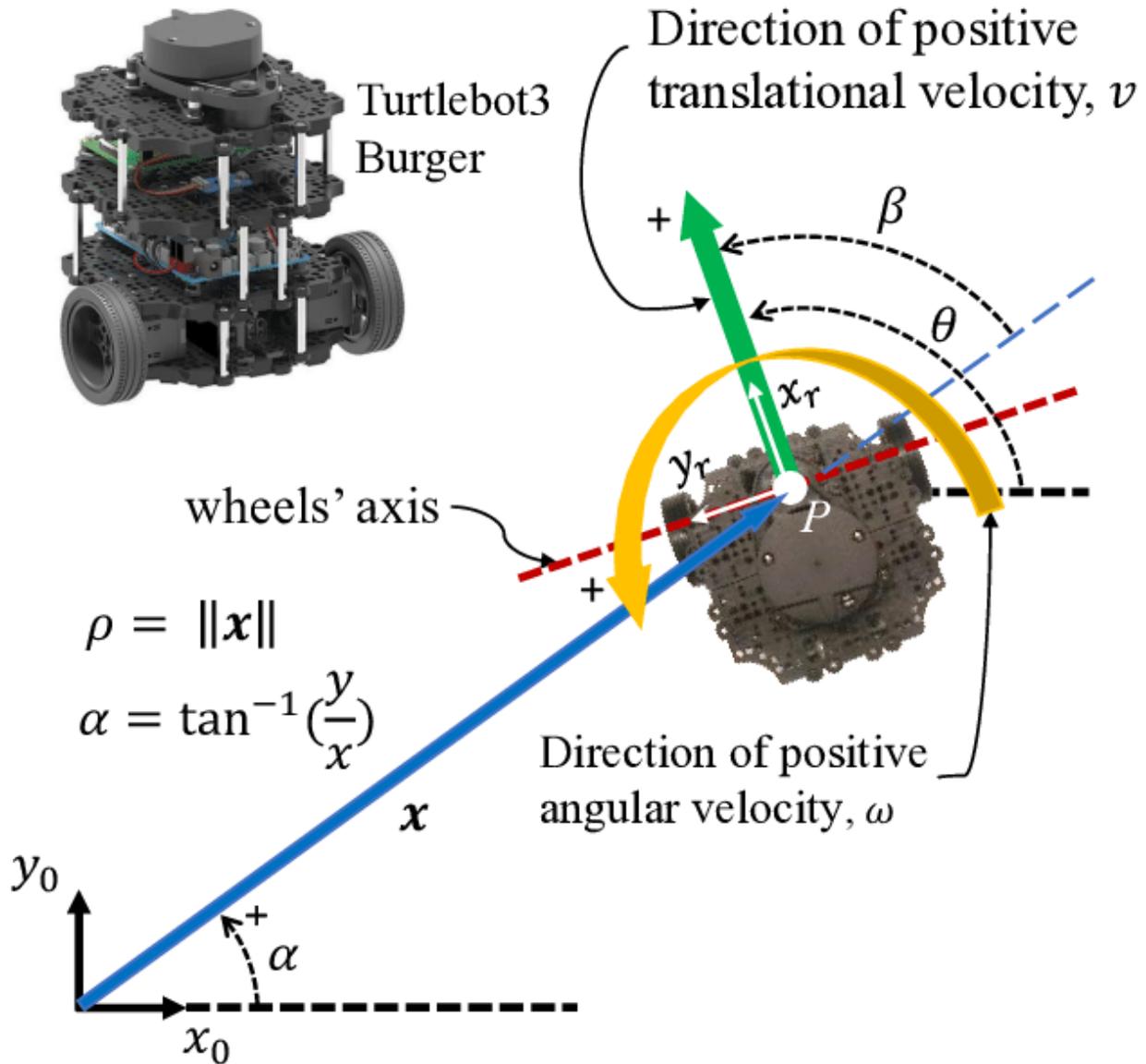
- La relación entre velocidad lineal y angular está dada por $v = \omega R$.
- Se reescribe la relación como:

$$R = \frac{v}{\omega} = \frac{b(\dot{\phi}_d + \dot{\phi}_i)}{\dot{\phi}_d - \dot{\phi}_i}$$

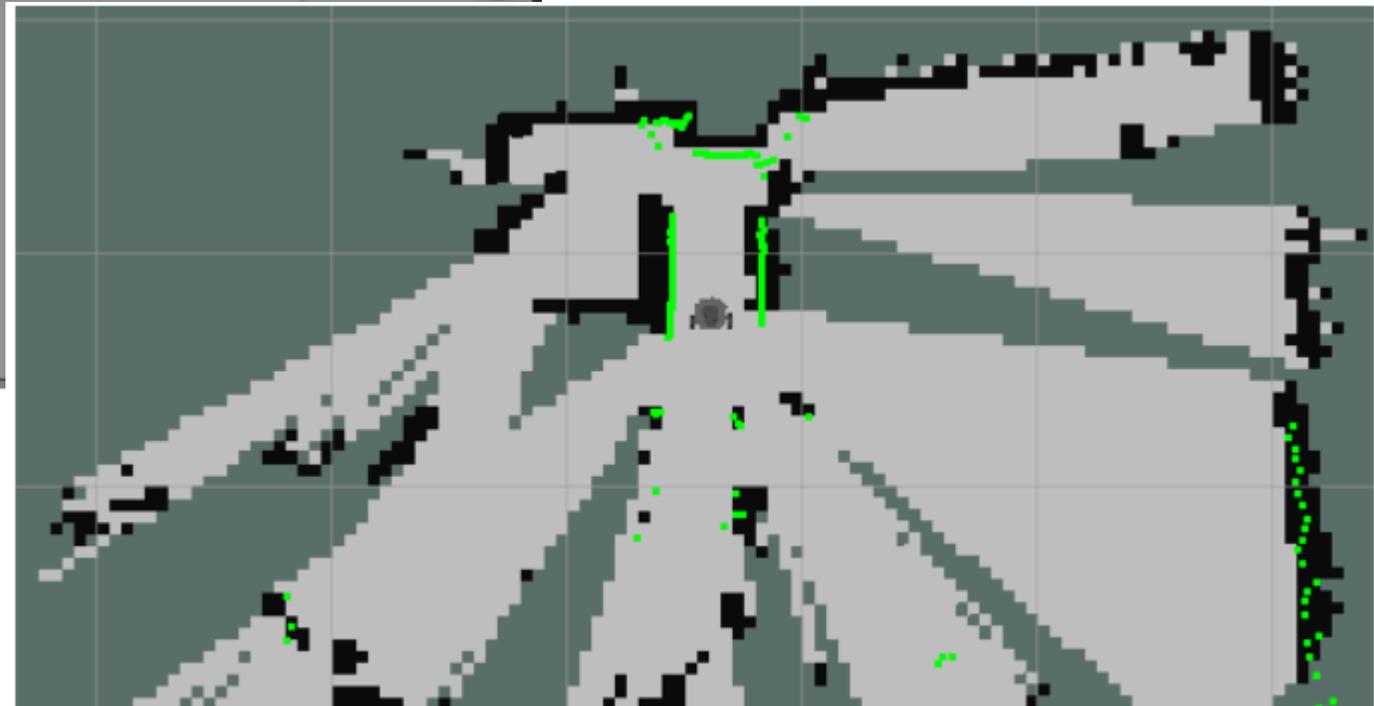
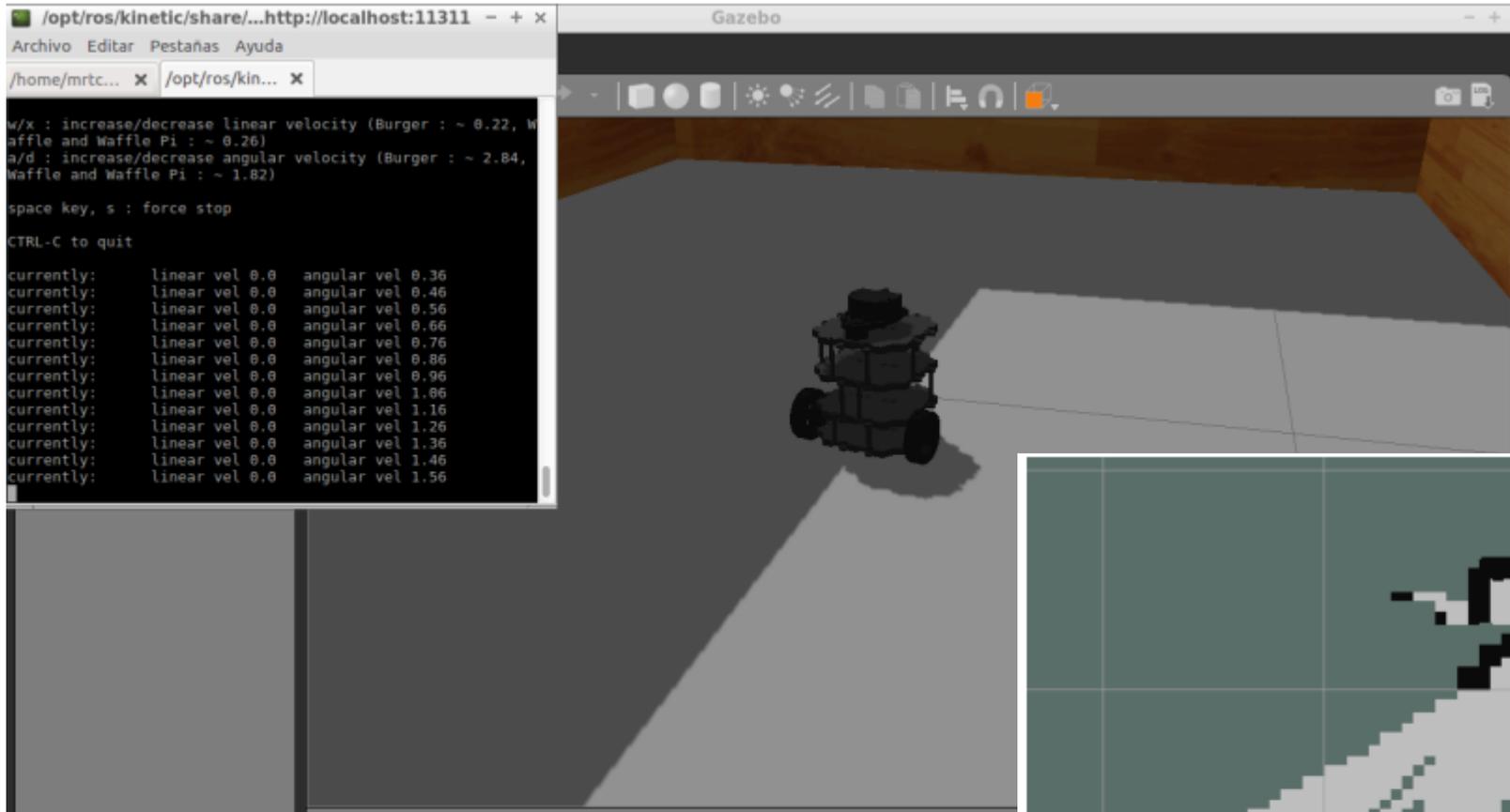
Cinematica Turtlebot3 Burger



Turtlebot3
Burger

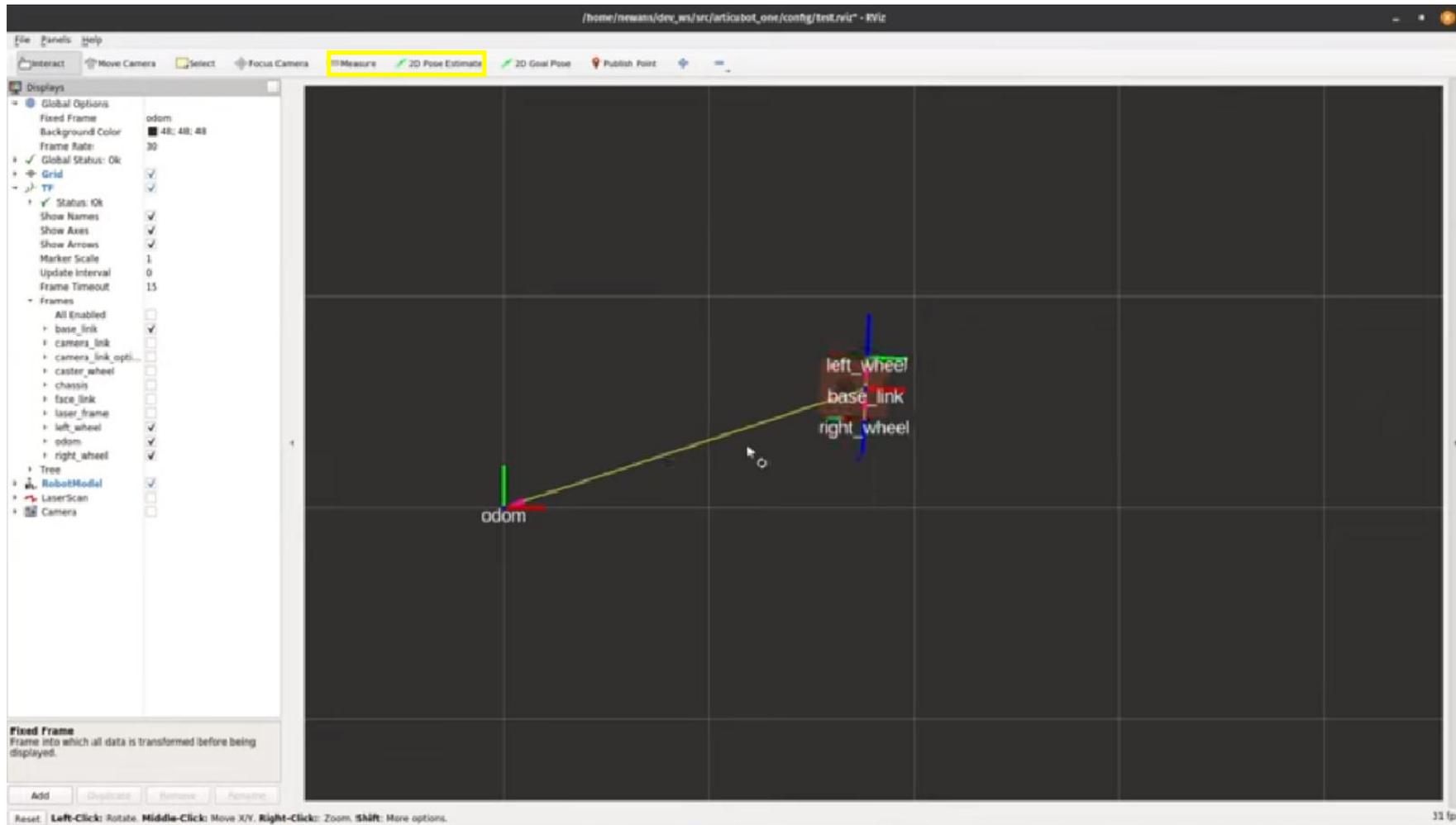


Simulación vs Rviz



TP4: Navegación y Simulación

- Abrir los modelos del turtlebot3, world y analizar en líneas generales.
- Escuchar los nodos imu/odom/joints/lidar y describir y analizar lo que observa.
- Del e-manual realizar 5 Navegar y documentar.
 - <https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/navigation/#navigation>



Fixed Frame = odom

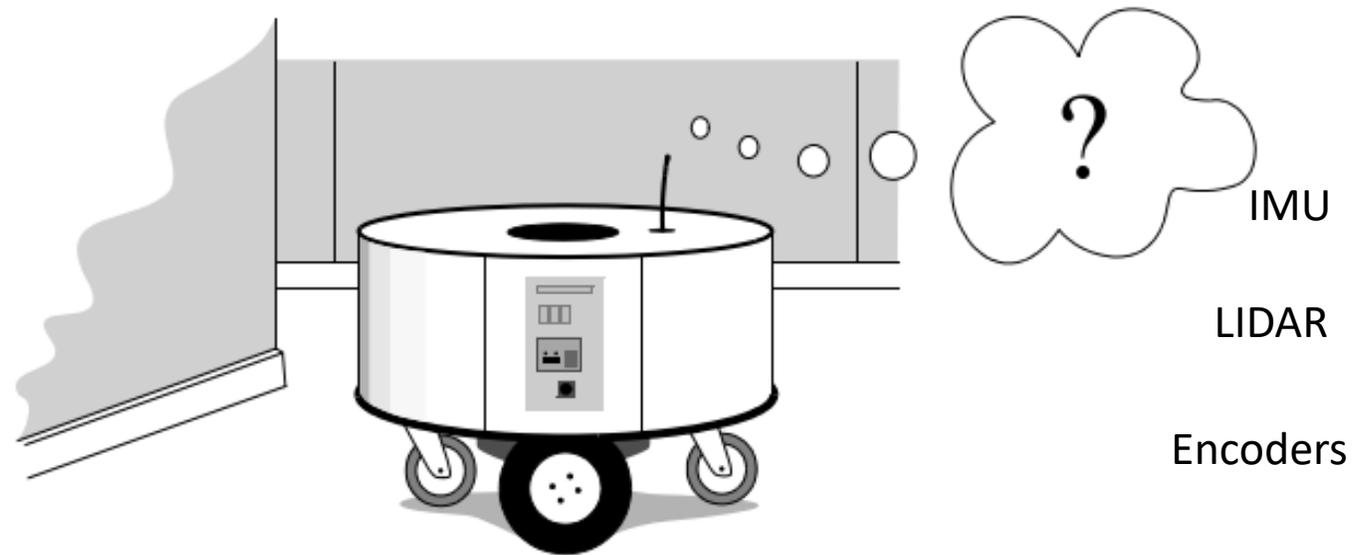
Fixed Frame = map

<https://www.ros.org/reps/rep-0105.html>: Coordinate Frames for Mobile Platforms

<https://www.ros.org/reps/rep-0103.html>: Standard Units of Measure and Coordinate Conventions

Otros links de interes!

- <https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3>
- <http://wiki.ros.org/turtlesim> (para jugar con la programacion de ROS)
- https://docs.ros.org/en/kinetic/api/moveit_tutorials/html/doc/getting_started/getting_started.html (Move It simulador robot usa RVIZ)
- <https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/simulation/#gazebo-simulation> (Gazebo Simulation)



- Modelos describir links y joints e investigar que representan en el código, que significan?
- Relacion entre modelos y world
- Comparar frecuencia de muestreo, relación entre posición velocidad y aceleración