APUNTES DE CLASE

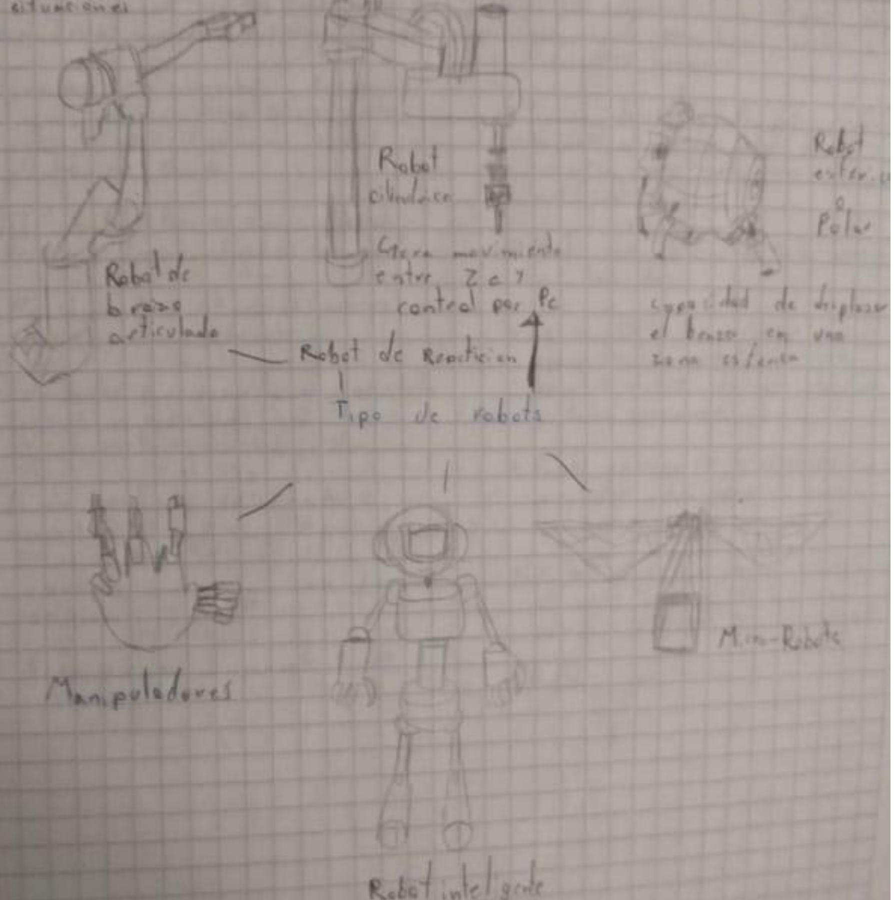
Héctor David Curiel Sánchez

Ing. Mecatrónica. 8°B T/M. Materia: Cinemática de Robots. Maestro: Carlos Enrique Morán Garabito UPZMG

Hector David Curiel Sanchez 07/01/2019

¿Que es un Robot?

- Máquina automatica programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autonoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotado de sensores que le permiten adaptarse a nuevas situaciones



Uriel Sanchez

• Cuales son las diferencias entre un robot industrial y una maquina-herramienta CNC?

Maquina

• Esta hecha para repetir una tarea especifica, con movimientos precisos

• Funciona con elementos y principios fisicos clasicos como poleas, resortes, engranes, ejes, asi como con electronica basica

• Es controlada: para su funcionamiento requiere de intervencion humana

• No responde a estimulos del entorno ni actua autonomamente

• Esta hecha para reemplazar actividades fisicas y operativas que complementan el trabajo humano

• Es un producto terminado, si se necesita que haga una tarea diferente, hay que ajustarla y modificarla con respecto a su diseño original

• Requiere un componente fisico

Robot

• Es una maquina inteligente puede ser programada para hacer muchas y diferentes tareas

• Tienen elementos computacionales y tecnologia mas avanzada como sensores, IOT y podria tener inteligencia artificial

• Puede ser autonomo, teleoperado o las dos

• Es sensible a su contexto y puede aprender de este, tomar conciencia de las situaciones y tomar decisiones

• Puede encargarse de actividades mas complejas como la mano humana

• Si la tarea que se le asigna al robot cambia, no hay que cambiar al robot, solo reprogramarlo

• Puede ser virtual

Hector David Curiel Sanchez

¿Como debe decidirse el tipo de robot para un determinado trabajo?
Para poder escoger el robot adecuado se debe tener a considerar la tarea a realizar como el peso a cargar o los grados de libertad necesarios para esa actividad. Tambien tienes que revisar el software que maneja como tambien los certificados de control.

¿Que es R.U.R?
Robots Universales de Rossum. Es una obra de teatro escrita por el checo Karel Capek.

Cuales son los problemas de seguridad en el uso de Robots?
- Los robots industriales son extraordinariamente potentes, especialmente aquellos que tienen gran capacidad y alcance, pueden ser peligrosos
- La seguridad es de suma importancia, tanto en la instalacion durante la produccion
- La seguridad se refiere principalmente a mantener el personal fuera del alcance de trabajo del robot, sirve para asegurar que los movimientos detenerse en caso de una emergencia
- Los robots tienen cadenas de seguridad dual o cadenas de marcha integradas, estos usan dos circuitos paralelos que detendran el movimiento del robot cuando sean interrumpidos
- Se preven conexiones externas, incluidos los paros de emergencia

Como se especifica un robot industrial
Un robot industrial genera una serie de movimientos, que como tales se especifican y se los diseñan para una funcion especificada o conocida.

Cual es la poblacion de robots en el mundo?
La poblacion de robots en el mundo es de 2.6 millones

Que industria es considerada el usuario mas grande de robots industriales de tipo serial?
La industria automotriz

Anote las diferencias entre robots seriales y paralelos
Los robots paralelos tienen una configuracion paralela en contraste estructura de tipo serial de un robot industrial

Cuales son las areas nuevas de aplicacion de robots?

- Manipulacion en fundicion
- " en Moldeados plasticos
- " en tratamientos termicos
- " en la forja y estampacion
- Soldadura
- Aplicacion de materiales
- Mecanizacion
- Aplicacion de sellantes y Adhesivos
- Alimentacion de maquinas
- Programado
- Corte
- Montaje
- Paletizacion
- Medicion
- Control de calidad
- Manipulacion en salas blancas
- " de materiales
- Agricultura y silvicultura
- Ayuda a discapacitados
- Construccion
- Domestico
- Entornos peligrosos
- Espacio
- Medicina y salud
- Mineria
- Entornos submarinos
- Vigilancia y seguridad
- Telepresencia
- industria nuclear

Hector David Carcel Sanchez   Fecha?

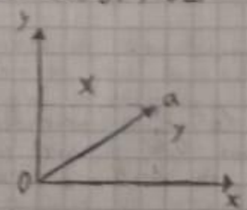
Representacion de la posicion

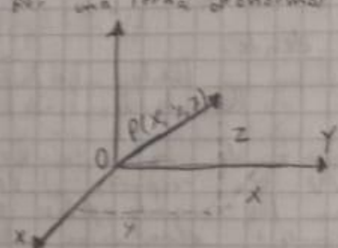
La localizacion de un cuerpo rigido en el espacio precisa de especificar tanto su posicion como su orientacion.

En un plano bidimensional la posicion de un cuerpo rigido precisa de dos grados de libertad y por tanto, la posicion del cuerpo quedará definida por dos componentes independientes.

Normalmente los sistemas de referencia se definen mediante ejes perpendiculares entre sí con un origen definido. Estos se denominan sistemas cartesianos, y en el caso de trabajar en el plano (2 dimensiones), el sistema de referencia OXY correspondiente queda definido por dos vectores coordenados OX y OY perpendiculares entre sí con un punto de intersección común O.

Si se trabaja en el espacio (tres dimensiones), el sistema cartesiano OXYZ estará compuesto por una terna ortonormal de vectores unitarios OX, OY y OZ





Representación de la orientación

Una orientacion en el espacio tridimensional viene definida por tres grados de libertad o tres componentes linealmente independientes. Esta relacion vendrá dada por la posición y orientación del sistema asociado al objeto respecto al de referencia.

La matrices de rotación son el método más extendido para la descripción de orientaciones, debido principalmente a la comodidad que se tiene en el plano dos sistemas de referencia OXY y OUV con un mismo origen O, siendo el sistema OXY el de referencia fijo y el sistema OUV el móvil, solidario al objeto. Los vectores unitarios de los ejes coordenados del sistema OXY son i_x, j_y mientras que los del sistema OUV son i_u, j_v.

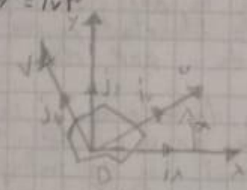
Un vector p del plano se puede representar como

$$P = P_u i_u + P_v j_v$$

Hector David Curiel Sanchez

Ademas se verifican las igualdades siguientes

$$\begin{cases} P_x = i_x P \\ P_y = i_y P \end{cases}$$



Sustituyendo la Expresion:

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} P_u \\ P_v \end{bmatrix}$$

donde:

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix}$$

Se le llama matriz de rotación, que define la orientación del sistema OUV con respecto al sistema OXY, y que sirve para transformar las coordenadas de un vector en un sistema a las del otro

Angulos de Euler

Para la representacion de orientacion en un espacio tridimensional mediante un matriz de rotacion es necesario definir nueve elementos:

Todo sistema OUVW solidario al cuerpo cuya orientacion se requiere describir, puede definirse con respecto al sistema OXYZ mediante tres angulos: ϕ, θ, ψ, denominados angulos de Euler que representan los valores de los giros a realizar sobre tres ejes ortogonales entre si de modo que girando sucesivamente el sistema OXYZ sobre estos ejes ortonormales los valores de ϕ, θ, ψ se obtendrá el sistema OUVW

Par de rotación

La representación de la orientación de un sistema OUVW con respecto al sistema de referencia OXYZ también puede realizarse mediante la definición de un vector $K(k_x, k_y, k_z)$ y un angulo de giro θ tal que el sistema OUVW

Hector David Curiel Sanchez

Corresponde al sistema OXYZ girado un ángulo θ sobre el eje k

La traslación y la rotación son transformaciones que se realizan en relación a un sistema de referencia. Por tanto, si se quiere expresar la posición y orientación de un sistema O'UVW originalmente coincidente con el de referencia y que ha sido rotado y trasladado según éste, habrá que tener en cuenta si primero se ha realizado la rotación y después la traslación o viceversa.

Se parte de un sistema OUVW coincidente con OXYZ al que se va a aplicar una traslación según un vector $P_{x,y,z}$ y una rotación de 180° alrededor del eje OZ.

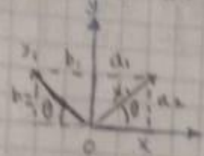
Un cuaternio está formado por cuatro componentes (q_0, q_1, q_2, q_3) que representan las coordenadas del cuaternio en una base $\{e, i, j, k\}$

$$Q = q_0 e + q_1 i + q_2 j + q_3 k = (S, V)$$

Matrices de transformación homogénea sus principales ventajas residen en su capacidad de representación conjunta de posición y orientación y en la comodidad con la que se puede realizar la composición de transformaciones.

Los angulos de Euler, en cualquiera de sus modalidades, sólo son capaces de representar orientación, y, aunque permiten una notación compacta (sólo tres números reales), no permiten la composición de rotaciones ni la aplicación sobre un vector de la rotación que definen.

Matrices de rotacion



X_1 con relacion a x; $a_1 = |X_1| \cos\theta \rightarrow (x_1, x)$
X_1 con relacion a y: $a_2 = |X_1| \operatorname{sen}\theta \rightarrow (x_1, y)$

y_1 con relacion a x: $-b_1 = |y_1| \cos(\theta + 90) = -|y_1| \operatorname{sen}\theta \rightarrow (y_1, x)$
y_1 con relacion a y; $b_2 = |y_1| \operatorname{sen}(\theta + 90) = y_1 \cos\theta \rightarrow (y_1, y)$

$$X_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \operatorname{sen}\theta \end{bmatrix} \qquad y = \begin{bmatrix} \cos(\theta + 90) \\ \operatorname{sen}(\theta + 90) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\operatorname{sen}\theta \\ \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_1^0 \left[X_1^0, y_1^0\right] = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_1, x_0) & (y_1, x_0) \\ (x_1, y_0) & (y_1, y_0) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} (x_1, x_0) & (y_1, x_0) & (z_1, x_0) \\ (x_1, y_0) & (y_1, y_0) & (z_1, y_0) \\ (x_1, z_0) & (y_1, z_0) & (z_1, z_0) \end{bmatrix} \quad \text{en } x \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta \\ 0 & \operatorname{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$\text{en } y \begin{bmatrix} \cos & 0 & \operatorname{sen}\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \operatorname{sen}\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \quad \text{en } z \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta & 0 \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matrices Homogeneas

$$F = \begin{bmatrix} R_{3\times3} & P_{3\times1} \\ f_{1\times3} & W_{1\times1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} [\text{Rotación}] & [\text{Punto}]_{3\times1} \\ [\text{Perspectiva}]_{1\times3} & [\text{Escalado}]_{1} \end{bmatrix}$$

Rotar

$x \to 60^\circ$ $y \to 70^\circ$ $z \to 10^\circ$

$x \to 40$ $y \to 10$ $x \to 50$

$x \to 20$ $z \to 18$ $x \to 30$

$x \to 30^\circ$ $z \to 10^\circ$ $y \to 30^\circ$

$y \to 30^\circ$ $z \to 10^\circ$ $x \to 30^\circ$

- Leer D-H + explicacion Cuaderno

Diseño

Curiel Sanchez Hector David

Fecha??
22/01/2019

$$x = 60^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & -0.866 \\ 0 & 0.866 & 0.5 \end{bmatrix} \qquad y = 70^\circ \begin{bmatrix} 0.342 & 0 & 0.93 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.93 & 0 & 0.342 \end{bmatrix}$$

$$x(y) = \begin{bmatrix} 0.342 & 0 & 0.93 \\ 0.814 & 0.5 & -0.296 \\ 0.47 & 0.866 & 0.17 \end{bmatrix}$$

$$z = 10^\circ \begin{bmatrix} 0.985 & -0.174 & 0 \\ 0.174 & 0.985 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad z(xy) = \begin{bmatrix} 0.337 & -0.060 & 094 \\ 0.688 & 0.350 & -0.296 \\ 0.312 & 0.995 & 0.171 \end{bmatrix}$$

$$x = 40^\circ = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.766 & -0.643 \\ 0 & 0.643 & 0.766 \end{bmatrix} \qquad y = 10^\circ \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.174 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.174 & 0 & 0.643 \end{bmatrix}$$

$$x(y) = \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.174 \\ 0.112 & 0.766 & -0.633 \\ 0.133 & 0.647 & 0.754 \end{bmatrix} \qquad x = 50 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.643 & 0.766 \\ 0 & 0.766 & 0.643 \end{bmatrix}$$

$$X(xy) = \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.124 \\ 0.112 & 0.766 & 0.635 \\ -0.133 & 0.643 & 0.754 \end{bmatrix}$$

$$x = 20^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.940 & -0.343 \\ 0 & 0.343 & 0.940 \end{bmatrix} \qquad z = 18^\circ \begin{bmatrix} 0.951 & -0.309 & 0 \\ 0.309 & 0.951 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$x(z) = \begin{bmatrix} 0.951 & -0.309 & 0 \\ 0.290 & 0.894 & -0.343 \\ 0.105 & 0.326 & 0.940 \end{bmatrix} \qquad x = 30^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.866 & -0.5 \\ 0 & 0.5 & 0.866 \end{bmatrix}$$

$$x(xz) = \begin{bmatrix} 0.951 & -0.267 & 0.54 \\ 0.290 & 0.602 & -0.744 \\ 0.105 & 0.752 & 0.651 \end{bmatrix}$$

$$x=30^\circ=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0.866 & -0.5\\ 0 & 0.5 & 0.866\end{bmatrix}\quad z=10^\circ=\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$x(z)\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.150 & 0.853 & -0.5\\ 0.087 & 0.492 & 0.866\end{bmatrix}\quad y=30\begin{bmatrix}0.866 & 0 & 0.5\\ 0 & 1 & 0\\ 0.5 & 0 & 0.866\end{bmatrix}$$

$$y(x_z)=\begin{bmatrix}0.853 & -0.174 & 0.492\\ 0.379 & 0.853 & 0.358\\ 0.356 & 0.492 & 0.793\end{bmatrix}$$

$$y=30^\circ=\begin{bmatrix}0.866 & 0 & 0.5\\ 0 & 1 & 0\\ -0.5 & 0 & 0.866\end{bmatrix}\quad z=10^\circ=\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$y(z)\begin{bmatrix}0.853 & -0.150 & 0.5\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ 0.492 & 0.087 & 0.866\end{bmatrix}\quad x=30^\circ=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0.866 & -0.5\\ 0 & 0.5 & 0.866\end{bmatrix}$$

$$x(yz)\begin{bmatrix}0.835 & 0.120 & 0.508\\ 0.174 & 0.853 & -0.162\\ 0.492 & 0.508 & 0.706\end{bmatrix}$$

a_{i-1} → distancia de Z_{i-1} a Z_i → a lo largo del eje X_{i-1}

α_{i-1} → angulo entre Z_{i-1} y Z_i → con respecto al eje X_{i-1}

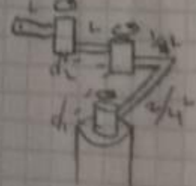
d_i → distancia de X_{i-1} a X_i → a lo largo del eje Z_i

θ_i → angulo entre X_{i-1} y X_i → con respecto al eje

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

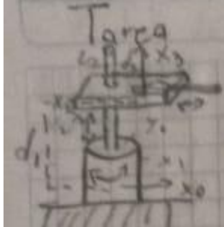
i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	90	d_1	θ_2
3	L_2	-90	0	θ_3



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	$\frac{2}{4}L$	90	$\frac{1}{4}L$	θ_2
3	L	0	d_2	θ_3

Curiel Sanchez Hector David 12/02/2019

Tarea



RPP

RPR

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	0	90°	d_2	θ_2
3	L_1	0	0	θ_3

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	0	90°	d_2	θ_2
3	L_1	-90°	0	θ_3

Curiel Sanchez Hector David 13/02/2019

Calculo de matrices Homogeneas

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ S\theta_i C\alpha_i & C\theta_i C\alpha_{i-1} & -S\alpha_{i-1} & -d\, S\alpha_{i-1} \\ S\theta_i S\alpha_i & C\theta_i S\alpha_{i-1} & C\alpha_{i-1} & d\, C\alpha_{i-1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^0 = T_1^0 \; T_2^1 \; T_3^2$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90°	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_1 & -C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_3^2 = \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & L_2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_1 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

C(θ) * C(θ) * C(θ) - S(θ) * S(θ) - 2C(θ_1) * S(θ_2) * S(θ_1) * S(θ), S(θ_3) * C(θ
* C(θ_1) - S(θ_2) * S(θ) - 2C(θ_1) * C(θ) * S(θ), 0, 12 * C(θ_2) * C(
- S(θ_2) * S(θ) + 11 * C(θ)

C(θ_2) * S(θ_3), C(θ_3) + C(θ_2) * C(θ_3), 1, 0

- S(θ_3) * C(θ_2)^2 - S(θ)^2 - C(θ_3) * C(θ_2) * S(θ) + C(θ) * S(θ_2),
S(θ_3) * C(θ_2) * S(θ) + C(θ) * S(θ_2) - 12 * C(θ_2) * S(θ) +
C(θ) * S(θ_2) - 11 * S(θ)

0 0 0 1

Garcia Sanchez Hector David

12/03/2021

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_2^1 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S\theta & -C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & l_2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

C(θ1) * C(θ2) * C(θ) - C(θ) * S(θ1) * S(θ2), -C(θ2) * S(θ)
- C(θ1) * C(θ) * S(θ2) - C(θ2) * C(θ) * S(θ1), - S(θ) l1 *
C(θ) + l2 * C(θ1) * C(θ)

0 0 0 0

S(θ1) * S(θ2) * S(θ) - C(θ1) * C(θ2) * S(θ) C(θ1) * S(θ) *
S(θ) - C(θ2) * C(θ) + C(θ2) * S(θ1) * S(θ1) * S(θ), - C(θ)
- l1 * S(θ) - l2 * C(θ1) * S(θ)

0 0 0 1

Cusel Sanchez Hector David 13/02/20[illegible]

$$T_1^0 = \begin{matrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_1 & -c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} \qquad T_2^1 = \begin{matrix} c\theta_2 & -s\theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & -1 & -d \\ s\theta_2 & c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

$$T_3^2 = \begin{matrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & L_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_3 & -c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

S(θ₁)*S(θ), C(θ₁)*C(θ₂)*C(θ), C(θ₂)*S(θ) - C(θ) * C(θ) [illegible]
S(θ₂), -C(θ)* S(θ₁), C(θ)*S(θ₂), [illegible] * C(θ)

-C(θ₂)*S(θ₁), S(θ)*S(θ₂), 0, 0

C(θ)* S(θ₁) - C(θ₁)*C(θ₂)*S(θ), C(θ₂)*C(θ) + C(θ)* [illegible]
S(θ₂)*S(θ), S(θ₁)*S(θ), -1* S(θ)

0 0 0 1

Cruz Sanchez Hector David 13/02/2019

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_2^1 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & 31_2L \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

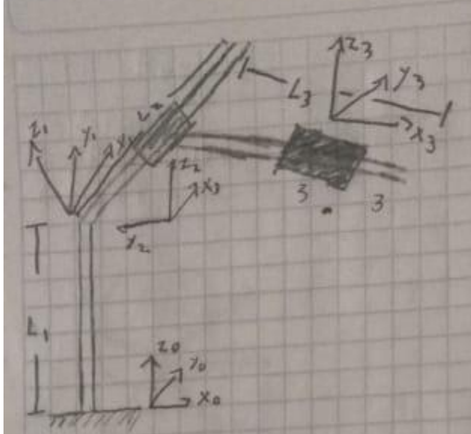
$$T_3^2 = \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & L_2 \\ S\theta_3 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$C(\theta_1) * C(\theta_2) * C(\theta) - C(\theta) * S(\theta_1) * S(\theta_2),\ C(\theta_2) * S(\theta) - C(\theta)$
$* C(\theta) * S(2) - C(\theta_2) * C(\theta) * S(\theta_1),\ 0,\ 1 * S(\theta)$

$S(\theta_1) * S(\theta_1) * S(\theta) + C(\theta_1) * C(\theta_2) * S(\theta),\ C(\theta_2) * C(\theta) + C(\theta_1)$
$* S(\theta_2) * S(\theta) + C(\theta_2) * S(\theta_1) * S(\theta),\ 0,\ 1 * C(\theta)$

$C(\theta_1) * S(\theta_2) + C(\theta_2) * S(\theta_1),\ C(\theta_1) * C(\theta_2) - C(\theta_2) * C(\theta) - S(\theta_1)$
$* S(\theta_2),\ 0,\ 1 * C(\theta)$

0 0 0 1

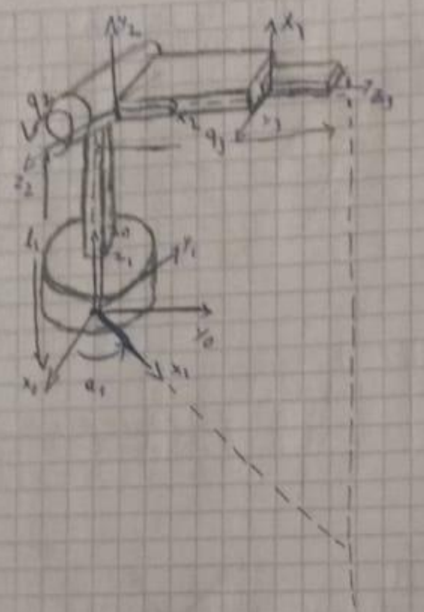


i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	-90	0	0
4	L_3	0	0	0

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_2^1 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_2 & -C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_4^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_4^0 \begin{bmatrix} (\cos(\theta_1))(\cos(\theta_2)) - (\sin(\theta_1))(\sin(\theta_2)) & -(\cos(\theta_1))(\sin(\theta_2)) - (\cos(\theta_2))(\sin(\theta_1)) & 0 & L_1+L_2+L \\ (\cos(\theta_1))(\sin(\theta_2)) - ((\cos(\theta_2))(\sin(\theta_1)) & (\sin(\theta_1))(\sin(\theta_1)) - (\cos(\theta_1))(\cos(\theta_1)) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ
1	0	0	0	q_1
2	0	-90	L_1	q_2
3	0	90	q_3	90

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} Cq_1 & -Sq_1 & 0 & 0 \\ Sq_1 & Cq_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1 = \begin{bmatrix} Cq_2 & -Sq_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -Sq_2 & -Cq_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

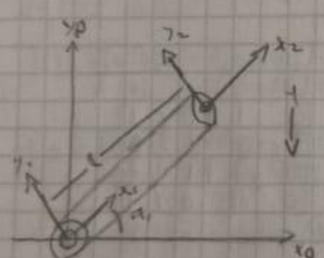
$$T_3^2 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -q_3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^0 \Bigg[$$

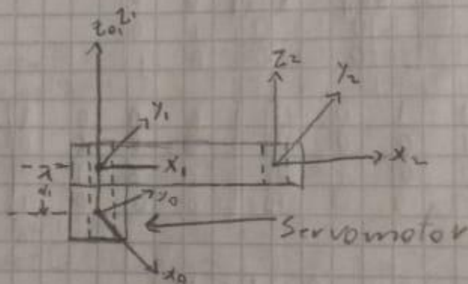
$$T_0^1 = \begin{bmatrix} C(q_1) & -S(q_1) & 0 & 0 \\ S(q_1) & C(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

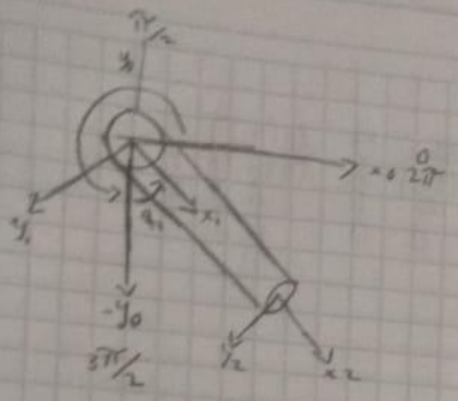
$$T_0^2 = \begin{array}{c} \begin{bmatrix} C(q_1) & -S(q_1) & 0 & l\,c(q_1) \\ S(q_1) & C(q_1) & 0 & l\,s(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} x \\ y \\ z \\ \\ \end{array}$$

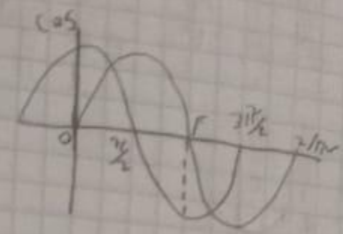
$$T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	q_1
2	l_1	0	0	0







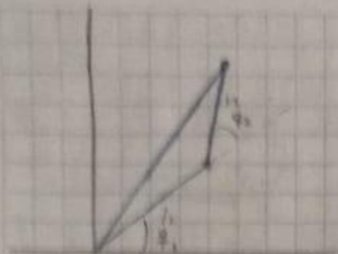


$$T_0^1(3\pi/2) = \begin{bmatrix} \cancel{C(3\pi/2)}^{\,0} & \cancel{-S(3\pi/2)}^{\,(-1)} & 0 & 0 \\ \cancel{S(3\pi/2)}^{\,(-1)} & \cancel{C(3\pi/2)}^{\,0} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C(q_1) & -S(q_1) & 0 & 0 \\ S(q_1) & -C(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -C(q_1) & C(q_1) & 0 & 0 \\ -S(q_1) & S(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_1^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & l \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^2 = \begin{bmatrix} S(q_1) & C(q_1) & 0 & l_1 C(q_1) \\ -C(q_1) & S(q_1) & 0 & l_1 S(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} y \\ x \end{bmatrix} = f_R(q) = \begin{bmatrix} l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) \\ l_1 \operatorname{sen}(q_1) + l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

$$q_2 = \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{l_2 \operatorname{sen}(q_2)}{l_1 + l_2 \cos(q_2)}\right)$$

ecuacion diferencial

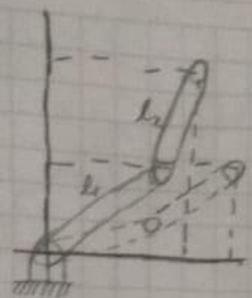
$$\frac{d}{dx}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{\partial f_R(q)}{\partial (q)}(q) \quad \dot{q}$$

$$J(q)\ \frac{\partial f_R(q)}{\partial (q)} = \begin{bmatrix} -l_1 \operatorname{sen}(q_1) - l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) & -l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) & l_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_1 \operatorname{sen}(q_1) - l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) & -l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) & l_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

y la determinante es $\det[J(q)] = l_1 l_2 \operatorname{sen}(q_2)$ donde $\det[J(q)] = 0$ para $q_2 = 0, \pm n\pi$

uriel Sanchez Hector David



encontrar los angulos de posicion en Posicion original

(4,6) $l_1 = 30$

(x,y) $l_2 = 20$

(3,8)	(4,-1)	(-5,3)	(-8,-8)
(-5,-2)	(-2,1)	(7,3)	
(1,-3)	(5,2)	(-4,-3)	
(-7,7)	(2,-9)	(-8,-3)	
(8,3)	(1,-5)	(-1,1)	
(1,-7)	(-6,3)	(-2,-8)	
(-2,8)	(7,-4)	(-3,-9)	
(3,-9)	(-8,5)	(-4,-1)	
(-4,1)	(9,-6)	(-5,-2)	
(5,-2)	(-1,7)	(-6,-3)	

Practica #3

- Como programar y diseñar su robot con Ros
- Cinematica inversa y directa en Ros

Hector David Curiel Sanchez 25/03/20

Practica 2

$S:(8,3)(1,-5)(-1,1)$

$(8,3)$

$$q_2 = \left(\frac{(8)^2 + (3)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)}\right) = -1.02$$

atan $= -45.63$

$$q_1 = \text{atan}\left(\tfrac{3}{8}\right) - \text{atan}\left[\frac{(30)\,\text{sen}(-45.63)}{(20)+(30)\cos(-45.63)}\right] = 97.06$$

$(1,-5)$

$$q_2\left(\frac{(1)^2 + (-5)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)}\right) = -1.06$$

atan $= -46.66$

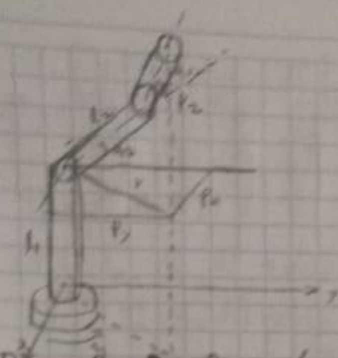
$$q_1 = \text{atan}\left(\tfrac{-5}{1}\right) - \text{atan}\left[\frac{(30)\,\text{sen}(-46.66)}{(20)+(30)\cos(-46.66)}\right] = 16.75$$

$(-1,1)$

$$q_2\left(\frac{(-1)^2 + (1)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)}\right) = 1.08$$

atan $= -47.20$

$$q_1 = \text{atan}\left[\tfrac{-1}{1}\right] - \text{atan}\left[\frac{(30)\,\text{sen}(-46.66}{(20)+(30)\cos(-47.20)}\right] = 16.39$$



Datos: P_x, P_y, P_z donde se quiere llevar el extremo del robot

Método geométrico

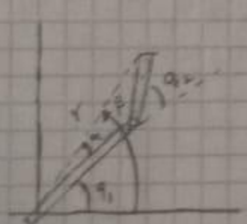
$$q_1 = \arctan\left(\frac{P_y}{P_x}\right)$$

$$\cos q_3 = \frac{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 - l_2^2 - l_3^2}{2 l_2 l_3}$$

$$\operatorname{sen} q_3 = \pm\sqrt{1-\cos^2 q_3}$$

$$\therefore q_3 = \arctan\left(\frac{\pm\sqrt{1-\cos^2 q_3}}{\cos q_3}\right)$$

Para q_2



$$q_2 = \beta - \alpha$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{P_z}{r}\right)$$

$$= \frac{P_z}{\pm\sqrt{P_x^2+P_y^2}}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{l_3 \operatorname{sen} q_3}{l_2 + l_3 \cos q_3}\right)$$

$$q_2 = \arctan\left(\frac{P_z}{\pm\sqrt{P_x^2+P_y^2}}\right)$$

$$= \arctan\left(\frac{l_3 \operatorname{sen} q_3}{l_2 + l_3 \cos q_3}\right)$$

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} C_{q_1} & 0 & -S_{q_1} & 0 \\ S_{q_1} & 0 & C_{q_1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_2^1 = \begin{bmatrix} C_{q_2} & 0 & -S_{q_1} & 0 \\ S_{q_2} & 0 & C_{q_2} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^0 = A_1^0 A_2^1 A_3^2$$

$$(A_1^0)^{-1} T_n^0 \; A_2^1 A_3^2 \rightarrow \text{despejamos } q_1$$

$$(A_1^0)^{-1} T_n^0 = A_2^1 A_3^2 \rightarrow \begin{bmatrix} C_{q_1} & 0 & -S_{q_1} & 0 \\ S_{q_1} & 0 & C_{q_1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} C_{q_2} & 0 & S_{q_2} & 0 \\ S_{q_2} & 0 & -C_{q_2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_{q_1} & S_{q_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & L_1 \\ -S_{q_1} & C_{q_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{q_2} & 0 & S_{q_2} & S_{q_3} q_2 \\ S_{q_2} & 0 & -C_{q_2} & C_{q_2} q_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$-P_x S_{q_1} + P_y C_{q_1} = 0 \Rightarrow \frac{S_{q_1}}{C_{q_1}} = \frac{P_y}{P_x} \Rightarrow q_1 = \arctan\left(\frac{P_x}{P_y}\right)$$

$A_2^1 (A_1^0)^{-1} T_n^0 = A_3^2 \Rightarrow$ despejamos q_2 y q_3

$$A_2^1 (A_1^0)^{-1} T_n^0 = A_2^1 A_3^2 \rightarrow \begin{bmatrix} C_{q_2} & 0 & -S_{q_2} & 0 \\ S_{q_2} & 0 & C_{q_2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_{q_1} & 0 & -S_{q_1} & 0 \\ S_{q_1} & 0 & C_{q_1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_{q_2} & S_{q_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S_{q_2} & C_{q_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{q_1} & S_{q_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & L_1 \\ -S_{q_1} & C_{q_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(A_2^1)^{-1} (A_1^0)^{-1} T_n^0 = \begin{bmatrix} C_{q_2} C_{q_1} & C_{q_2} S_{q_1} & S_{q_2} & -L_1 S_{q_2} \\ -S_{q_1} & C_{q_1} & 1 & 0 \\ -S_{q_2} C_{q_1} & -S_{q_2} S_{q_1} & C_{q_1} & -L_1 S_{q_2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$p_x C_{q_2} C_{q_1} + p_y S_{q_1} C_{q_2} + p_z S_{q_2} - L_1 S_{q_2} = 0 \Rightarrow \frac{S_{q_2}}{C_{q_2}} = \frac{p_x C_{q_1} + p_y S_{q_1}}{p_z - L_1}$$

$$\Rightarrow q_2 = \arctan\left(-\frac{p_x C_{q_1} + p_y S_{q_1}}{p_z - L_1}\right)$$

$$-S_{q_2} C_{q_1} p_z - S_{q_2} S_{q_1} p_y + p_z C_{q_2} - L_1 C_{q_2} = q_3 \Rightarrow q_3$$

$$= C_{q_2}(p_z - L_1) - S_{q_2}(C_{q_1} p_z + S_{q_1} p_y)$$

Hector David Curiel Sanchez 08/09/2019
Practica 3: Paquete de ROS

Controladores de posicion

Acc_Finder
Cartesian_msgs

Controlador de posicion: Controlador de manera simultanea los grados de movimientos de la pieza

Acc_Finder: Es para la configuracion de las herramientas pequeñas del cartesiano se utiliza en la navegacion y manipulacion de estas.

Cartesian_msgs: Contiene las coordenadas (X, Y, Z), este nos sirve para el robot cartesiano.
Es cambiar variables para controlar los movimientos