



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# CONTROL DE UN ROBOT MANIPULADOR SCARA

**MULLO AIMACAÑA RUBÉN DARÍO**

**TUTOR: PhD. VICTOR H. ANDALUZ**



# PUBLICACIÓN



## 2<sup>o</sup> Congreso Internacional de Ciencia de Datos y aplicaciones ( ICDSA 2021)

Conferencia internacional en formato virtual

en asociación con

ESCUELA DE COMPUTACIÓN Y COMUNICACIÓN MÓVIL, UNIVERSIDAD DE JADAVPUR, KOLKATA, INDIA

Y

SOCIEDAD DE INVESTIGACIÓN DE SOFT COMPUTING

10-11 DE ABRIL DE 2021

L PROCEDIMIENTO POSTERIOR A LA CONFERENCIA DE ICDSA21 SE PUBLICARÁ EN LA SERIE DE LIBROS



© 2022

## Actas de la conferencia inter- nacional sobre ciencia de datos y aplicaciones

ICDSA 2021, Volumen 1

Editores: Saraswat , M., Roy , S., Chowdhury , C., Gandomi , AH (Eds.)

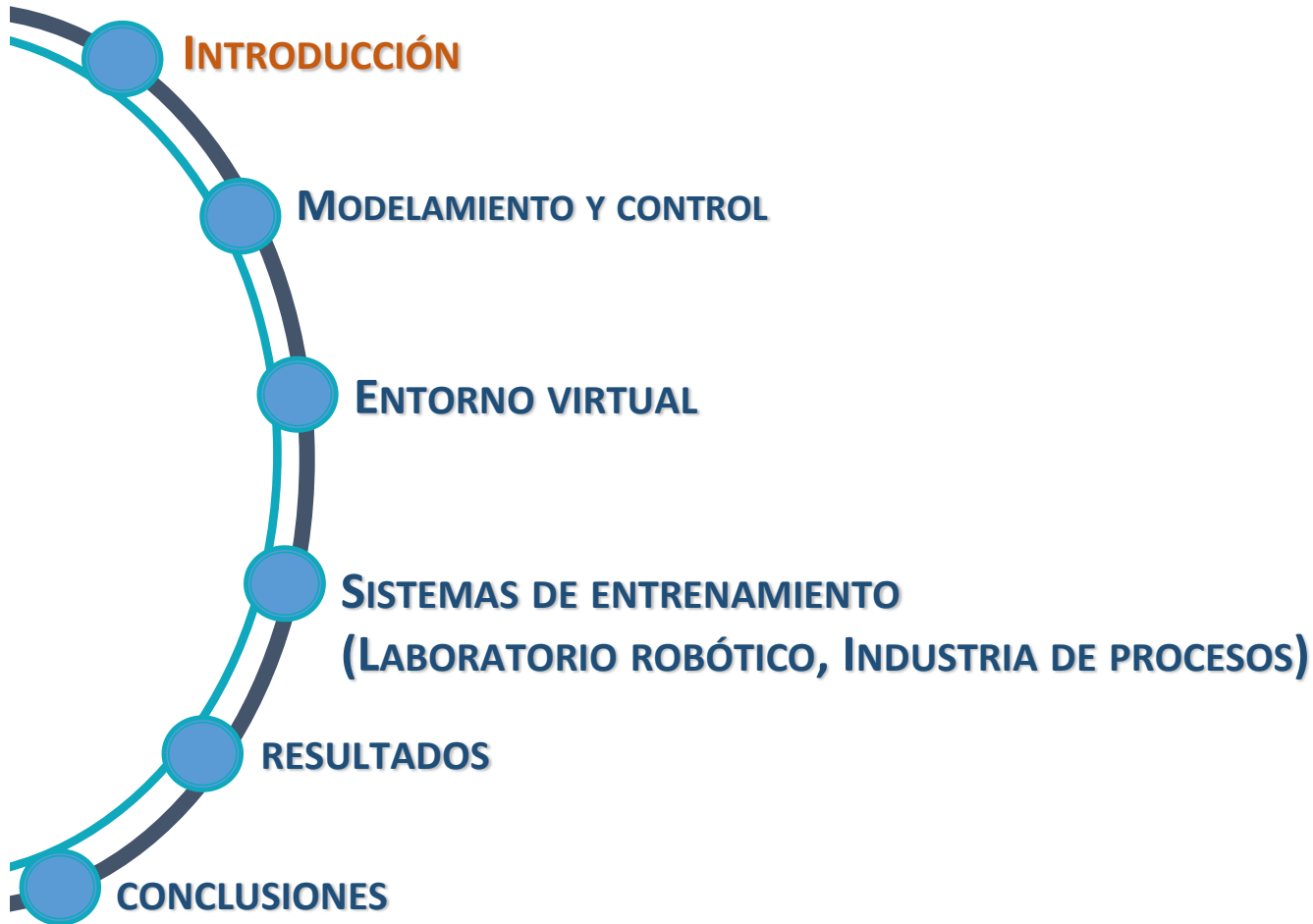


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# AGENDA:



# AGENDA:



# INTRODUCCIÓN

El uso de robots manipuladores genera un incremento en la producción, minimiza la pérdida de la materia prima, reduce los tiempos de fabricación, aumenta los estándares de calidad y disminuye los tiempos de mantenimiento.

El sector industrial los robots más utilizados son el robot manipulador antropomórfico, y el robot manipulador SCARA; la morfología de estos robots está diseñado para mantener un alto índice de repetibilidad en los movimientos, trayectorias y posiciones para ejecutar operaciones de manipulación de materiales, ensamblado, selección de objetos entre otros.

Generar una alternativa para probar y evaluar nuevos algoritmos de control o a su vez para los procesos de mantenimiento en líneas de producción, se propone el desarrollo de un entorno virtual 3D que permita evaluar estrategias de control en un sistema robotizado.



# MODELACIÓN Y CONTROL DE UN ROBOT MANIPULADOR SCARA

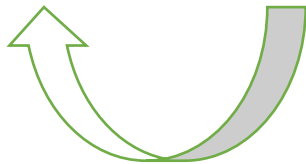
**Modelamiento**  
Cinemático y Dinámico  
Manipulador SCARA



**Algoritmo de control**  
Tareas autónomas



**Sistema virtual**



Laboratorio  
de robótica

Proceso  
industrial



## OBJETIVO GENERAL

Modelar y controlar un robot manipulador SCARA mediante un algoritmo de control.



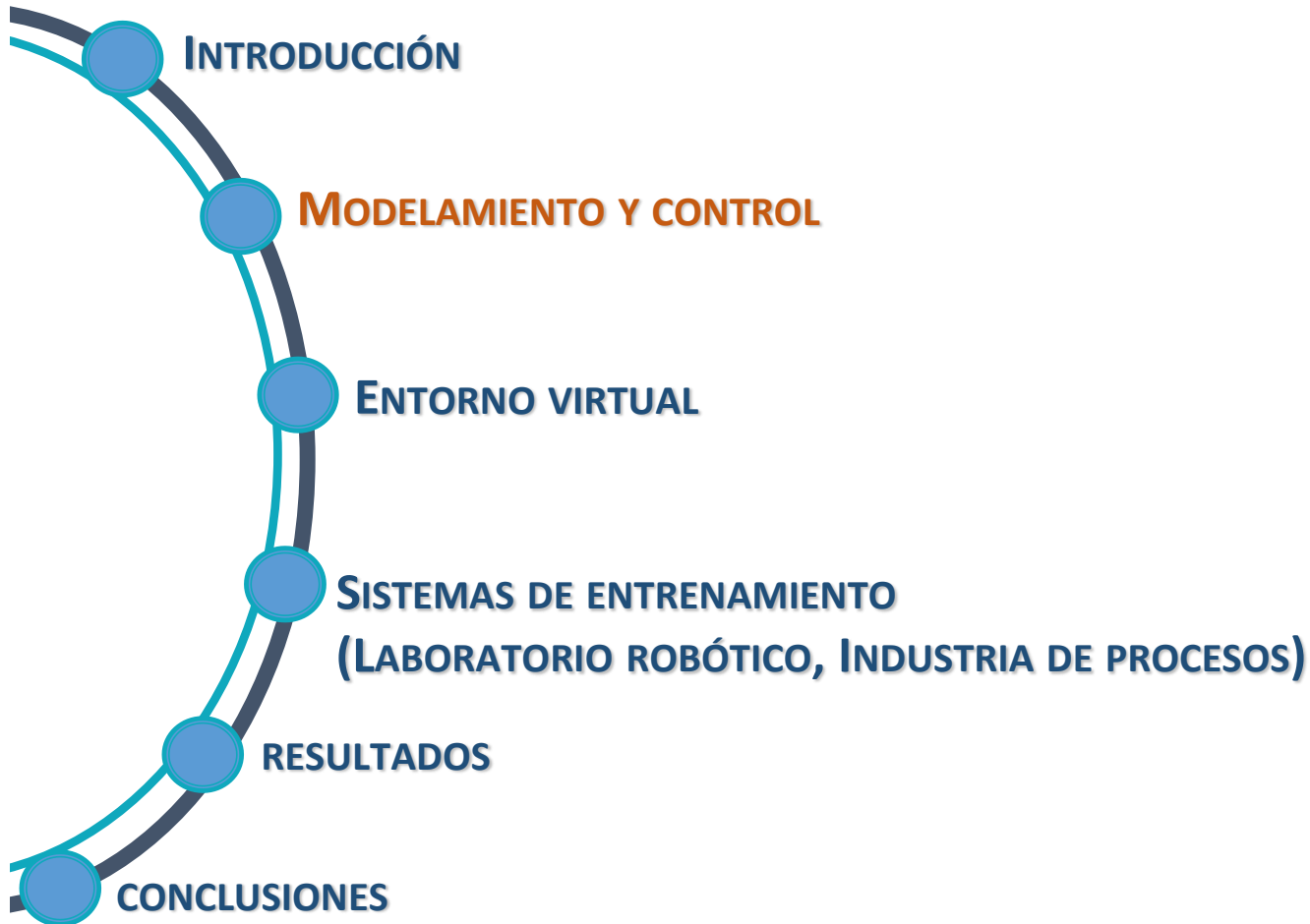
## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar en bases científicas la modelación del robot SCARA para proponer un algoritmo de control.
- Determinar las características cinemáticas de movimientos de un robot manipulador SCARA de 2 grados de libertad en X-Y y 1 grado de libertad en el eje Z.
- Determinar el modelamiento dinámico del robot SCARA a fin de implementar un algoritmo de control avanzado.
- Proponer un esquema de control basado en la teoría de métodos numéricos con el propósito de ejecutar tareas de control autónomo.
- Analizar la estabilidad y robustez del algoritmo de control propuesto a fin de evaluar los errores.
- Elaborar un artículo científico para la publicación del mismo en una revista indexada de alto impacto

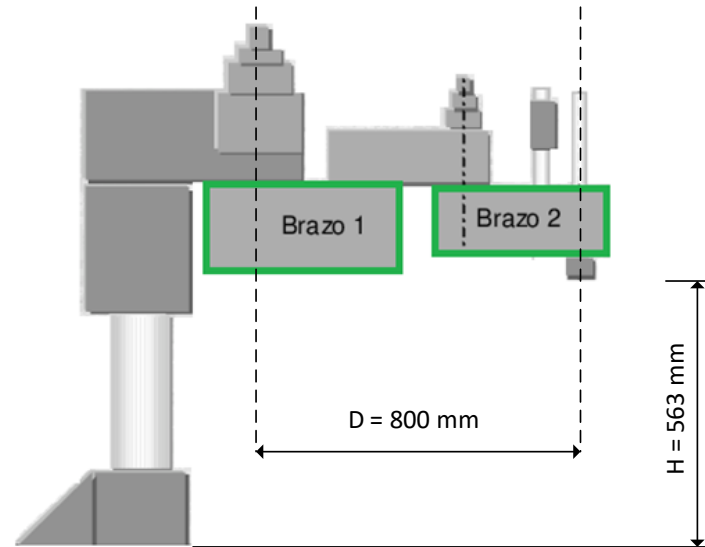




# AGENDA:



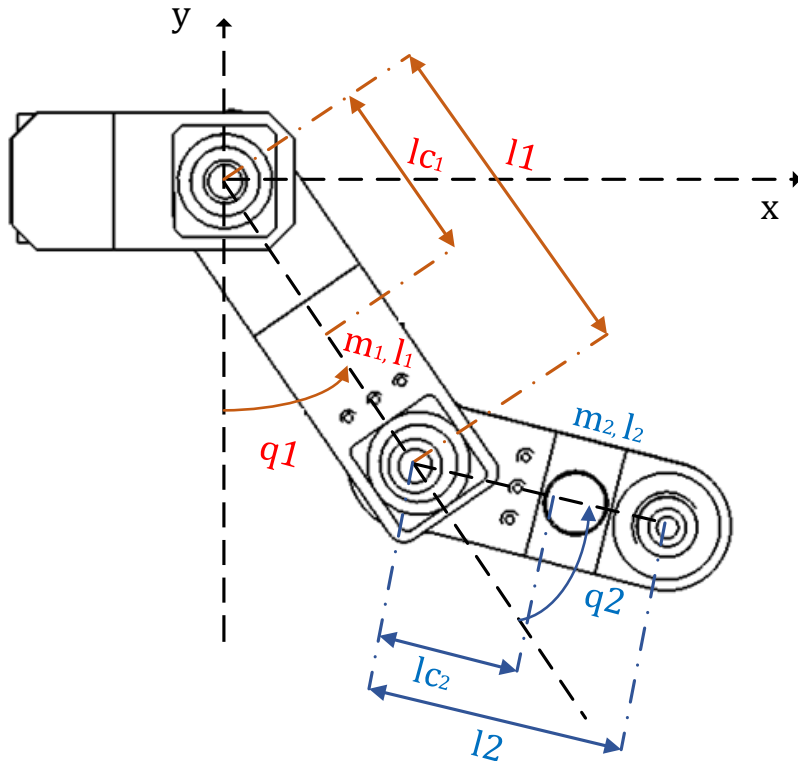
## Modelamiento del robot manipulador SCARA



Los modelos cinemático y dinámico del robot manipulador de tres grados de libertad, se establece dos eslabones conectados mediante articulaciones rotacionales y otro grado de libertad de forma lineal al eje z

## Modelamiento del robot manipulador SCARA

El *modelo cinemático directo del robot* se basa en un plano de 2 dimensiones, el origen se establece en la primera articulación. El sistema depende de la relación entre las dos coordenadas cartesianas (x, y) y estas obedecen a las articulaciones  $q_1$  y  $q_2$ . El eje z se define como;  $z = h - q_3$ , donde  $q_3$  es la posición del eslabón lineal y  $h$  es la distancia entre el primer eslabón y la base del robot.



$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = f(q_1, q_2)$$

## Modelamiento del robot manipulador SCARA

El *modelo dinámico del robot manipulador* puede obtenerse a partir de las ecuaciones dinámicas de Lagrange, estas se basan en la diferencia entre la energía cinética y potencial de las articulaciones del robot

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) + f(q) = T$$

Está compuesto por:

- $M$  es la matriz de inercia  $\in R^{n \times n}$
- $C$  es la corolis la fuerza centrípeta ocasionada por el movimiento del robot  $\in R^{n \times n}$
- $g \in R^n$  vector de gravedad
- $f \in R^n$  representa fricción o perturbaciones.

Los tipos de robots cuyos movimientos se realizan en el plano horizontal se minimiza el término gravitacional.



El *sistema de control* se fundamenta en el cálculo de la entrada del actuador necesaria para alcanzar el punto deseado. Con estos parámetros se considera la ley de control compuesto por términos PD

$$\tau = Kp qe + Kv qe'$$

Donde,

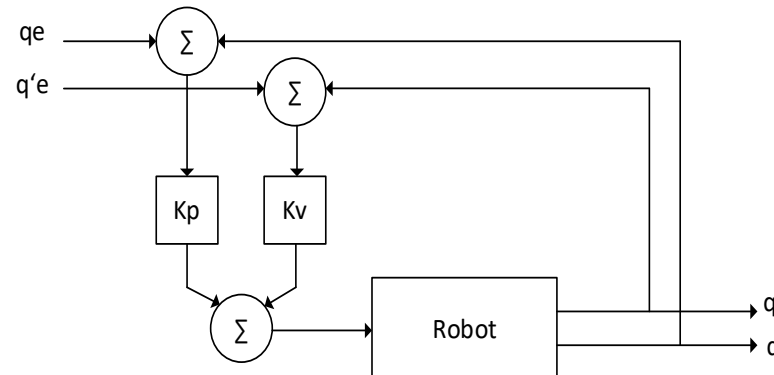
$Kp \in R^{n \times n}$  matriz de ganancia posición

$Kv \in R^{n \times n}$  matriz de ganancia velocidad

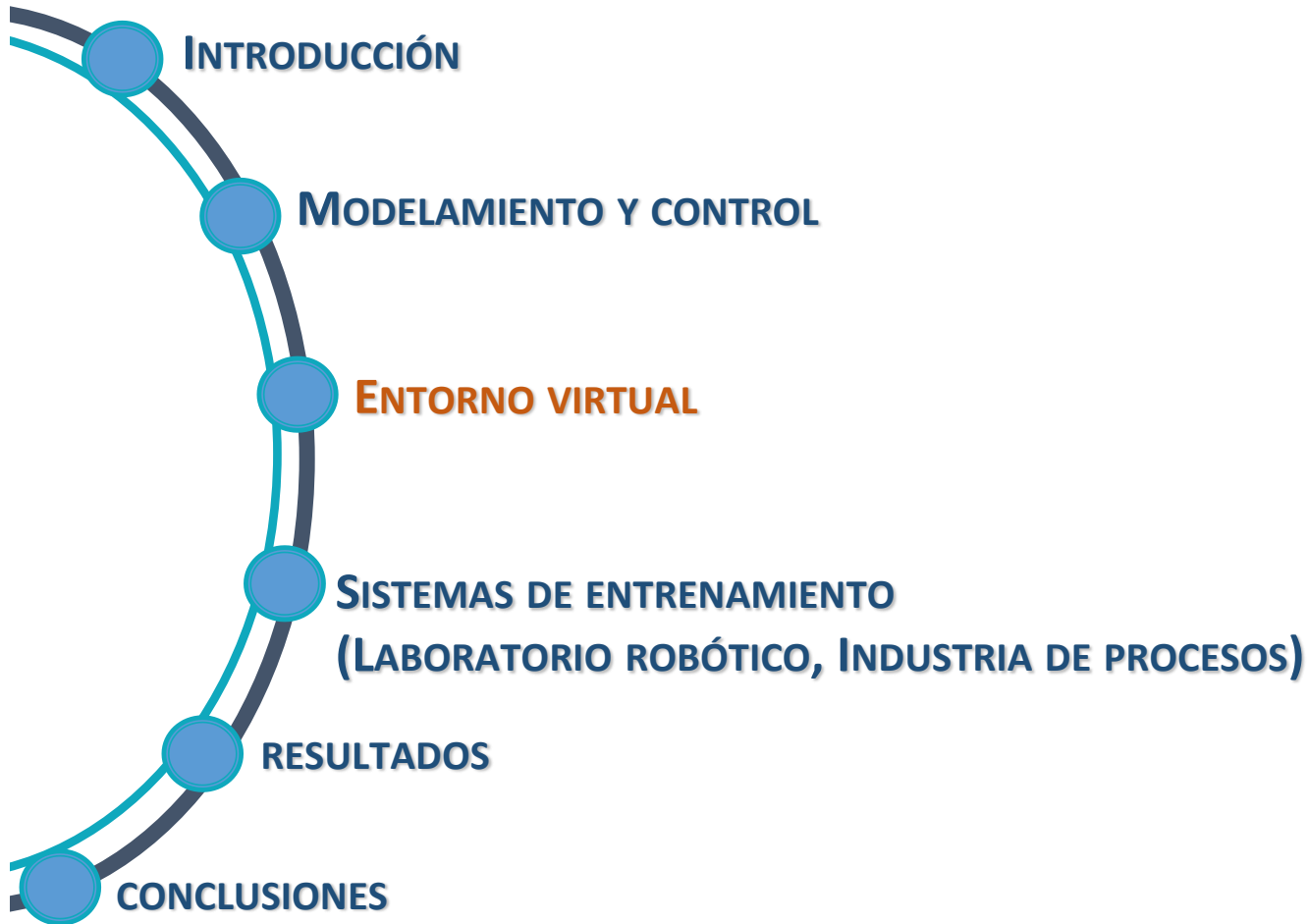
$qe$  error de posición

$qe'$  error de velocidad.

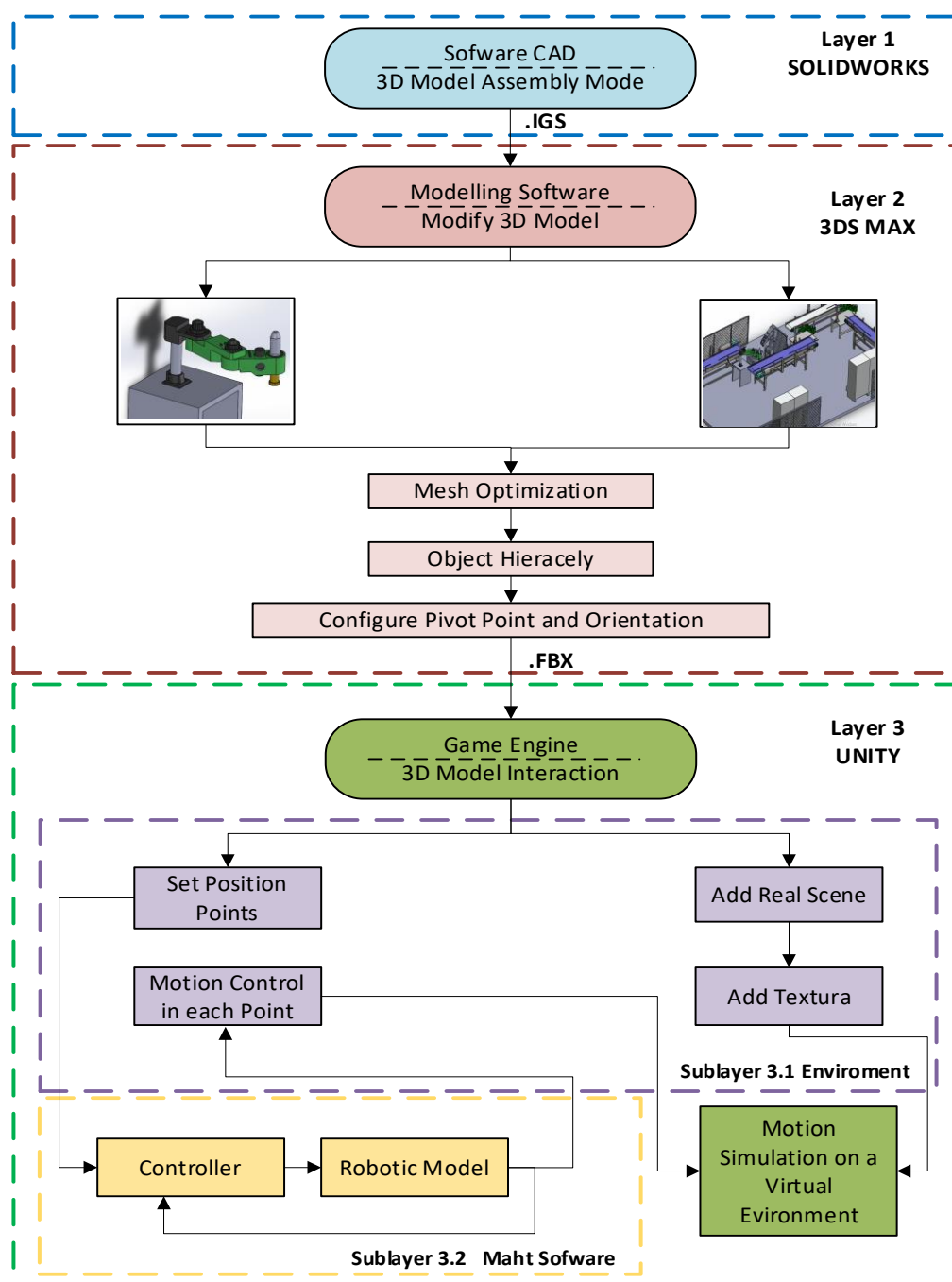
Para la determinación de  $qe$  se establece  $qe = qd - q$ , donde  $qd$  posición deseada y  $q$  posición asignada previamente. Esta ley se aplica al tercer grado de libertad en el eje z mediante  $hze = hzd - hz$ , donde  $hze$  error de altura eje z.



# AGENDA:



# ENTORNO VIRTUAL



# DISEÑO 3D DE LOS ELEMENTOS



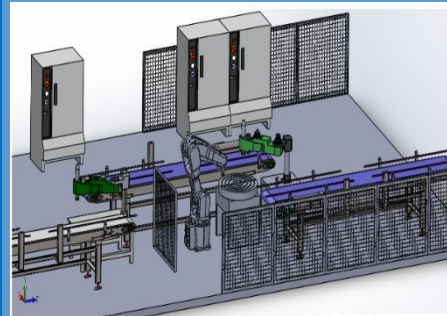
Robot SCARA

\*.sldprt



Laboratorio

\*.sldprt



Industria de procesos

\*.sldprt

Diseño 3D



Diseño convertido

\*.fbx

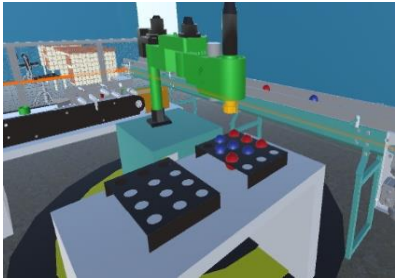




# Desarrollo de la Aplicación

## Control de movimientos

Secuencia de movimientos  
P-P y/o trayectoria



Manipulador SCARA  
Entorno industrial  
Movimiento autónomo



## Modelamiento y control

```
Editor - C:\Users\toshiba\c55\Desktop\espe\tesis\modelo_matematico_solar\modelo_teorico\modelo.m
conexion.m x simulink_conexion.m x programall.m x ejemplo1.m x uso_lm x modelo.m x
1 % area 34.000m2
2 %datos del modulo
3 Isc=0.84;
4 Voc=37.4;
5 Im=0.37;
6 Vm=31.4;
7 Ncs=10;
8 Ncp=6;
9 %generador numero de modulos
10 Nms=80;
11 Nmp=8;
12 Ta=25;
13 G=1000;
14 TONC=47;% temperatura operacional del modulo 42-47
15 %corriente de corto circuito
16 I=Isc*(1000);
17 %Temperatura del modulo cebtrigrados
18 TC=Ta+(((TONC-20)/800)*G);
19 %tension del circuito abierto de la cedula
20 Voc=Voc*(1-0.0025*(TC-25));
21 %tension del modulo normalizado voc
22 Vt=0.025*((TC+273)/300);
23 vocmo=Voc/Vt;
```

Intercambio de datos

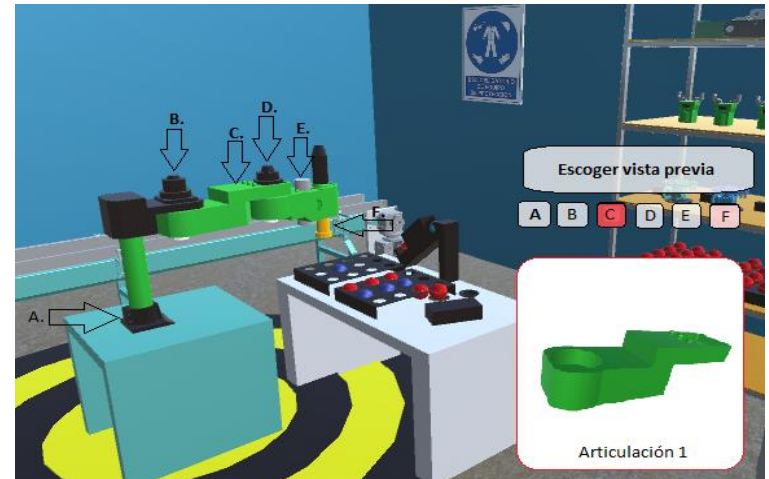


# AGENDA:

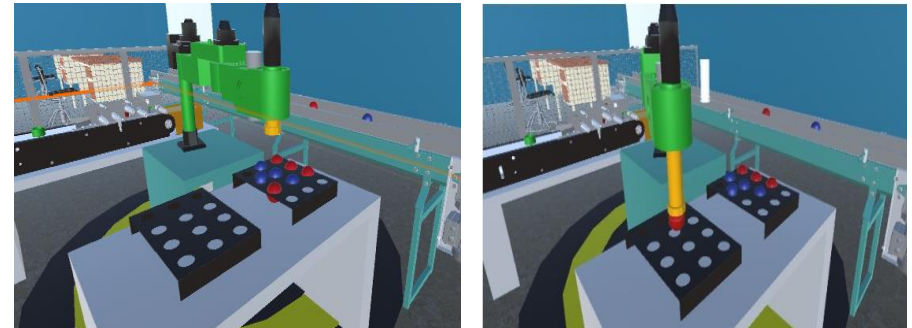


## Laboratorio robótica

- Está orientado a fortalecer de manera práctica la manipulación y el control de un robot manipulador SCARA.
- El usuario puede ingresar a la celda robótica para reconocer la morfológico del robot de manera dinámica e interactiva
- Se comprueba el rendimiento de la estructura de control mediante una trayectoria punto a punto para realizar el movimiento de objetos de una posición a otra.



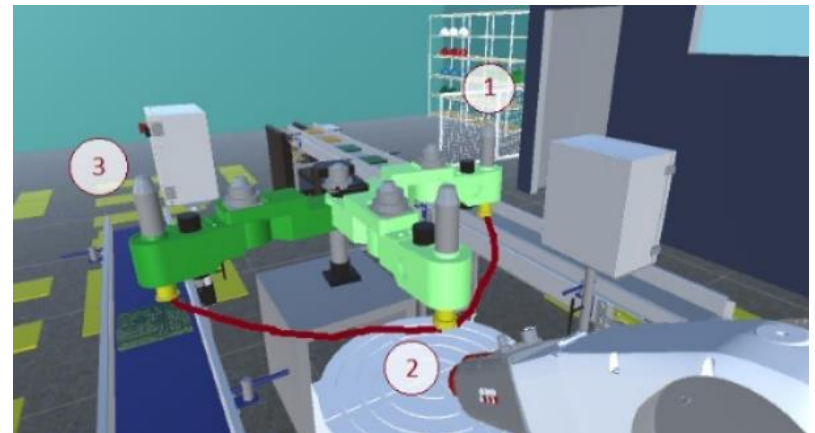
Reconocimiento morfológico



Control punto a punto

# Proceso Industrial

- Entorno industrial enfocado al ensamblado de tarjetas electrónicas
- Adaptación de los usuarios a entorno reales de la industria, permitiendo identificar los procesos a controlar mediante la inmersión e interacción del operador en entornos de trabajo, siguiendo las normas y procedimientos de seguridad.
- En el área de mecanizado el robot manipulador SCARA se encarga del manejo de las tarjetas mediante una trayectoria establecida.



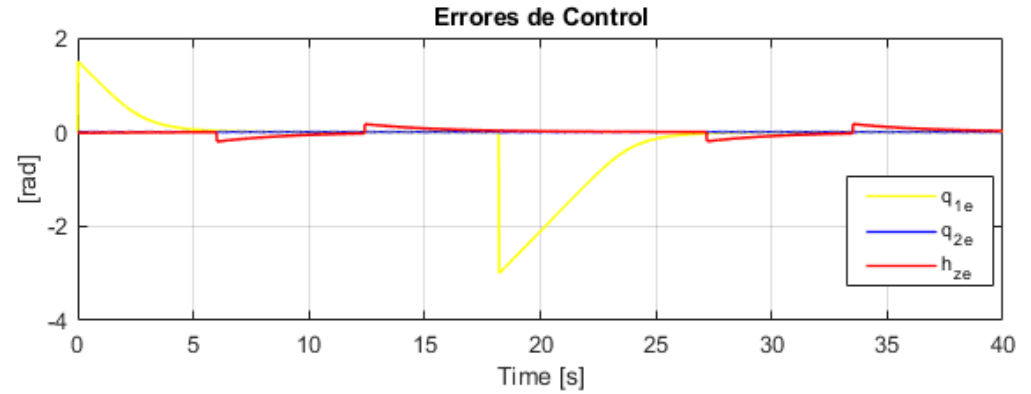
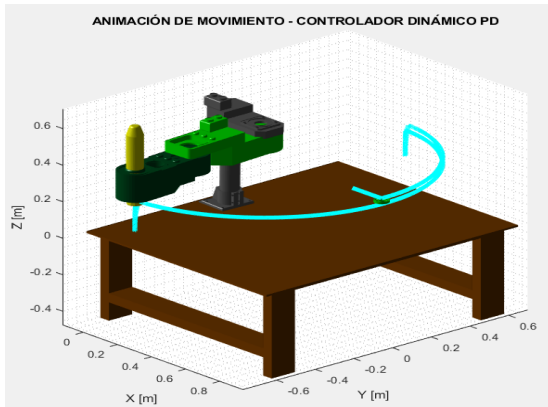
Proceso industrial

# AGENDA:

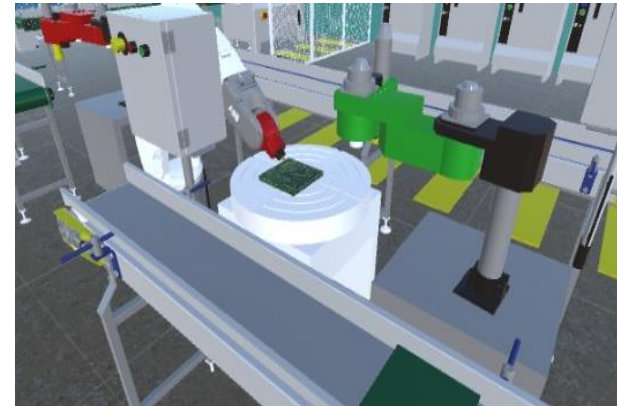
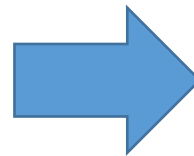
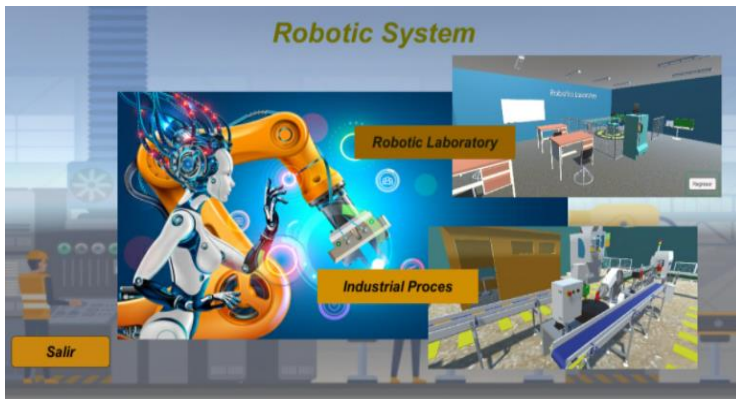


# Resultados

Representa la evolución temporal del error de control en respuesta a los movimientos desarrollados por el eslabón  $q_1$ ,  $q_2$  y el efector final en el eje z



Control de robot manipulador SCARA



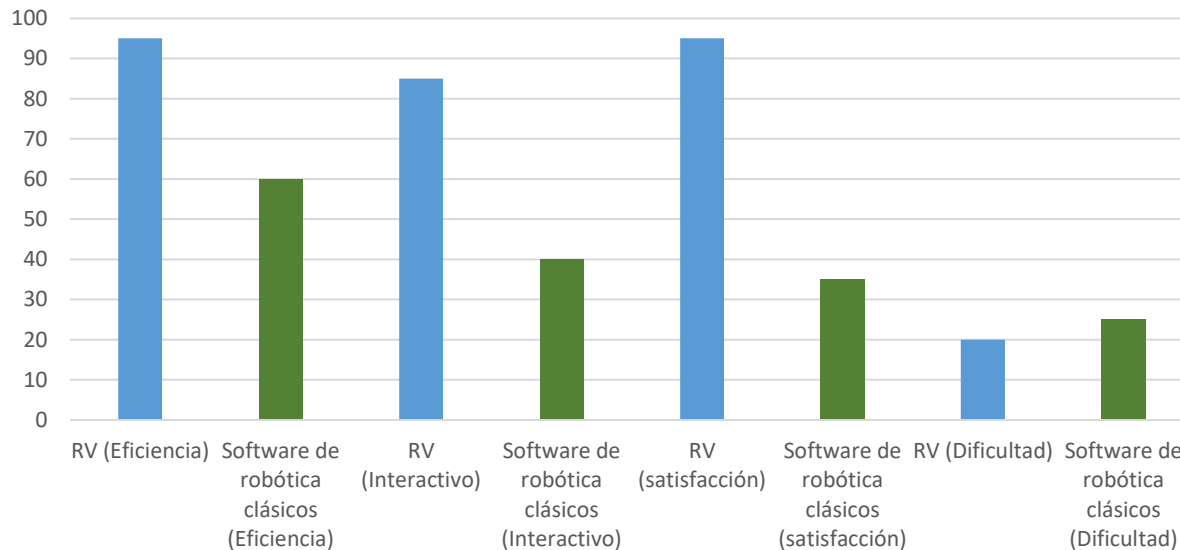
Implementación de un plataforma de entrenamiento virtual

# AGENDA:



# Conclusiones

Se desarrolló un simulador 3D para evaluar algoritmos de control en sistemas robóticos. Esta aplicación considera una comunicación entre MATLAB–Unity3D mediante un enlace dinámico. El simulador virtual mejora los procesos de formación técnica en el área de la robótica porque considera: (i) Laboratorio de robótica, permite a los usuarios reconocer la morfología, manipular y controlar el robot manipulador SCARA de manera didáctica, mientras que en (ii) Proceso Industrial, los usuarios se familiarizan de forma real en procesos industriales, manteniendo normas y procesos de seguridad en cada área de trabajo.







# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# GRACIAS

