

Herramientas de MatLab

Una vez que se ha estudiado y se conocen tanto las características del robot, como la teoría de los sistemas de control así como la teoría de la lógica difusa, es momento de analizar y estudiar las herramientas que MatLab ofrece para realizar la simulación del Robot UDLAP y del controlador difuso.

Primero se estudiará SimMechanics, el cual será el ambiente de simulación del Robot UDLAP. Posteriormente se realizará el estudio de Fuzzy Logic Toolbox, herramienta que permitirá programar y simular el controlador difuso del robot.

4.1 SimMechanics

Es una herramienta que se utiliza para modelar y simular sistemas mecánicos de forma muy fácil y eficiente en el ambiente de Simulink, además de poder realizar el estudio y análisis de sistemas sin la necesidad de escribir complejas ecuaciones y modelos matemáticos. El estudio de los sistemas mecánicos puede ser realizado desde la interfaz gráfica de Simulink. SimMechanics permite trabajar con diagramas de bloques para simular

el movimiento de sistemas mecánicos y medir el movimiento generado por la actuación mecánica.

SimMechanics ofrece una amplia biblioteca de herramientas que nos permiten especificar las propiedades de un cuerpo, como su masa, su posible movimiento, sistemas de coordenadas, entre otras.

La representación de los sistemas mecánicos se hace mediante diagramas de bloques, como cualquier otro modelo de Simulink. Los bloques de SimMechanics se unen de manera normal a los bloques de Simulink mediante los bloques de sensores y actuadores. Con las herramientas de visualización de SimMechanics se pueden animar y desplegar de manera muy sencilla interpretaciones en tercera dimensión de sistemas mecánicos.

4.2 Modelado de Sistemas Mecánicos en SimMechanics

Para modelar y simular un sistema mecánico, primero, es necesario especificar las propiedades de los cuerpos como la masa, la inercia, los grados de libertad y los ejes de coordenadas sobre los cuales actuarán los cuerpos. Posteriormente se colocarán sensores que medirán las fuerzas y movimientos de los cuerpos, así como actuadores y elementos de fuerza que generarán el movimiento del sistema. Una vez que los componentes básicos del modelo del sistema están listos, se realizará la simulación en donde Simulink realizará la tarea de encontrar los movimientos del modelo del sistema mecánico. Por último, visualizar

el sistema mecánico y la animación de la simulación, es posible gracias a la ventana de visualización de SimMechanics [3].

4.3 Librerías de SimMechanics

El modelado de sistemas mecánicos se realiza por medio de los bloques que se encuentran en las diferentes bibliotecas en las que está organizado SimMechanics, las cuales pueden ser un poco complejas pero a su vez están relacionadas entre sí. Cada una de las bibliotecas proporciona los elementos que se necesitan para modelar un sistema mecánico y simularlo para conocer su comportamiento en un ambiente ideal.

SimMechanics cuenta con la biblioteca denominada *Bodies* o cuerpos, en donde se encuentran los elementos más importantes para modelar un sistema. La biblioteca *Joints* contiene distintos tipos de articulaciones las cuales unirán los cuerpos del sistema y determinan los grados de libertad con los que contará el sistema. La biblioteca *Sensors & Actuators* contiene los bloques que unen y permiten la interacción entre bloques de SimMechanics y Simulink. Las bibliotecas *Constraints & Drivers*, *Force Elements* y *Utilities* contienen bloques que no serán utilizados para realizar el modelo del Robot UDLAP. La figura 4.1 muestra las bibliotecas que conforman a SimMechanics.



Figura 4.1: Bibliotecas de SimMechanics.

4.3.1 Biblioteca Bodies

En esta biblioteca se encuentran tres elementos los cuales se utilizan para modelar cualquier sistema mecánico. Los tres bloques contenidos en esta biblioteca son el bloque *Body* o cuerpo, el bloque *Ground* o tierra y el bloque *Machine Environment* o ambiente. La figura 4.2 muestra los bloques contenidos en la biblioteca.

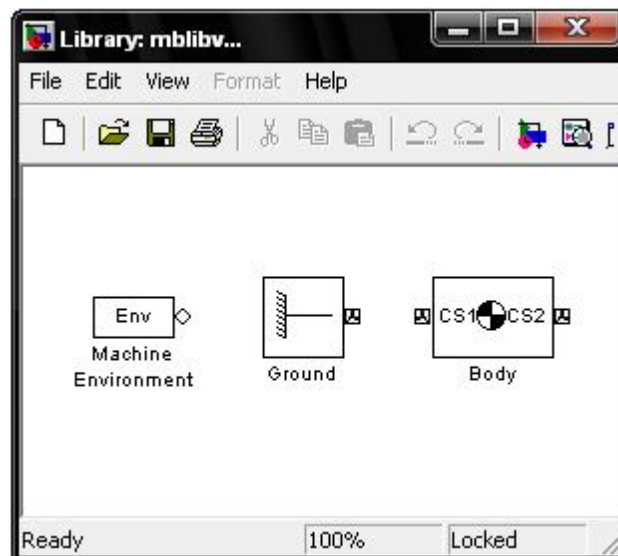


Figura 4.2: Biblioteca Bodies

El bloque *Body* permite modelar cuerpos con características o propiedades definidas por el usuario como la masa, ubicación del centro de gravedad, momento de inercia, posición, orientación y su propio sistema de coordenadas. Los cuerpos utilizan *Coordinate Systems* (CS) o sistemas de coordenadas para generar los puntos que darán forma y tamaño al cuerpo. Los sistemas de coordenadas determinan la orientación y el origen del cuerpo que se desea modelar. La orientación del cuerpo se puede referenciar con respecto al sistema de coordenadas del mundo o *World*, mediante un sistema de coordenadas dentro del mismo cuerpo y mediante un sistema de coordenadas adjunto de otro cuerpo o *Adjoining*. En la ventana Block Parameters, mostrada en la figura 4.3, se introducen los parámetros para configurar el bloque.

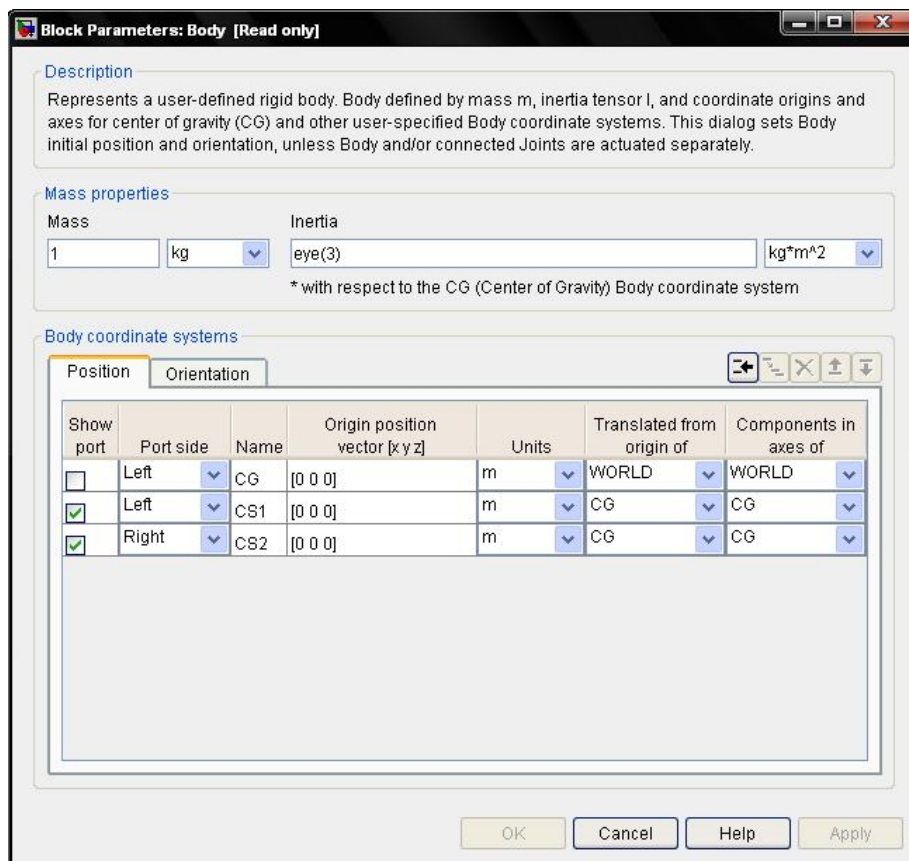


Figura 4.3: Ventana Block Parameters del bloque Body.

Otro bloque que podemos encontrar en la biblioteca es el bloque *Ground* o tierra. Este bloque representa un punto fijo en la tierra que servirá como la base de referencia para ensamblar los elementos del sistema. En la ventana de Block Parameters del bloque, de la figura 4.4, se puede especificar la ubicación de la tierra dentro del ambiente de simulación mediante el sistema de coordenadas de referencia *World*. La ubicación de este punto se puede especificar en cualquier lugar dentro del ambiente de simulación y de esta manera colocar la tierra en cualquier lugar.

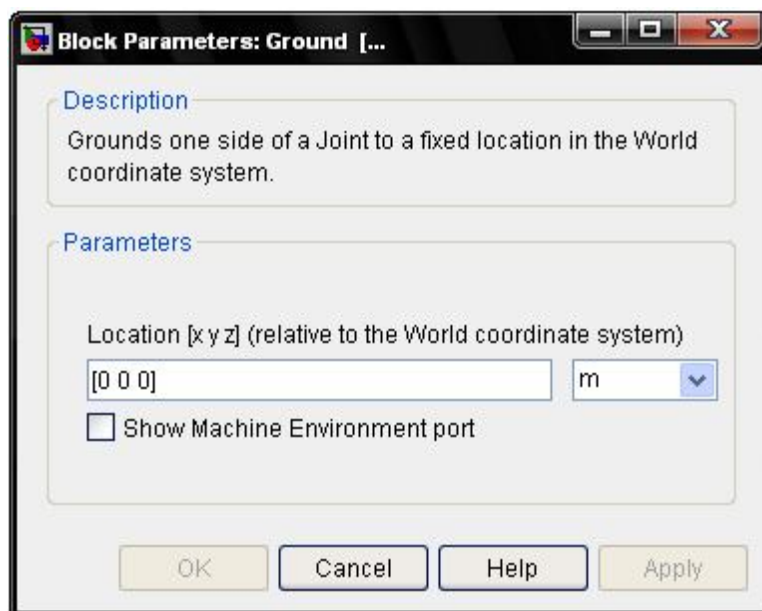


Figura 4.4: Ventana Block Parameters del bloque Ground

Por último se encuentra el bloque *Machine Environment* o ambiente el cual se conecta al bloque *Ground* y es donde se configuran las propiedades del ambiente donde trabajará el sistema mecánico que se modelará. En la ventana Block Parameters del bloque, de la figura 4.5, se pueden especificar parámetros como el eje sobre el cual actuará la

gravedad y el tipo de análisis que se realizará, solo por mencionar los que se modificaron para realizar este trabajo.

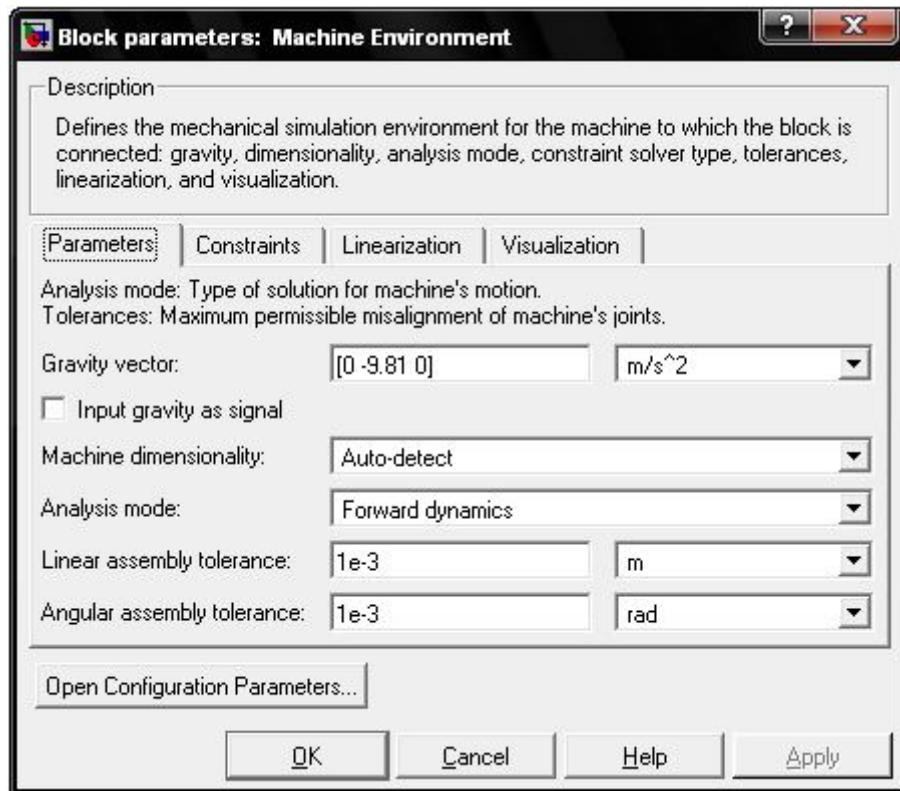


Figura 4.5: Ventana Block Parmeters del bloque Machine Environment

4.3.2 Biblioteca Joints

Esta biblioteca contiene los bloques que representan los movimientos relativos entre los cuerpos que son conocidos también como sus grados de libertad. Esta biblioteca cuenta con una amplia lista de articulaciones que representan los diferentes tipos de movimientos que puede tener un cuerpo, entre las que se utilizan con mayor frecuencia se encuentran las primitivas Prismáticas, Revolutas y Esféricas.

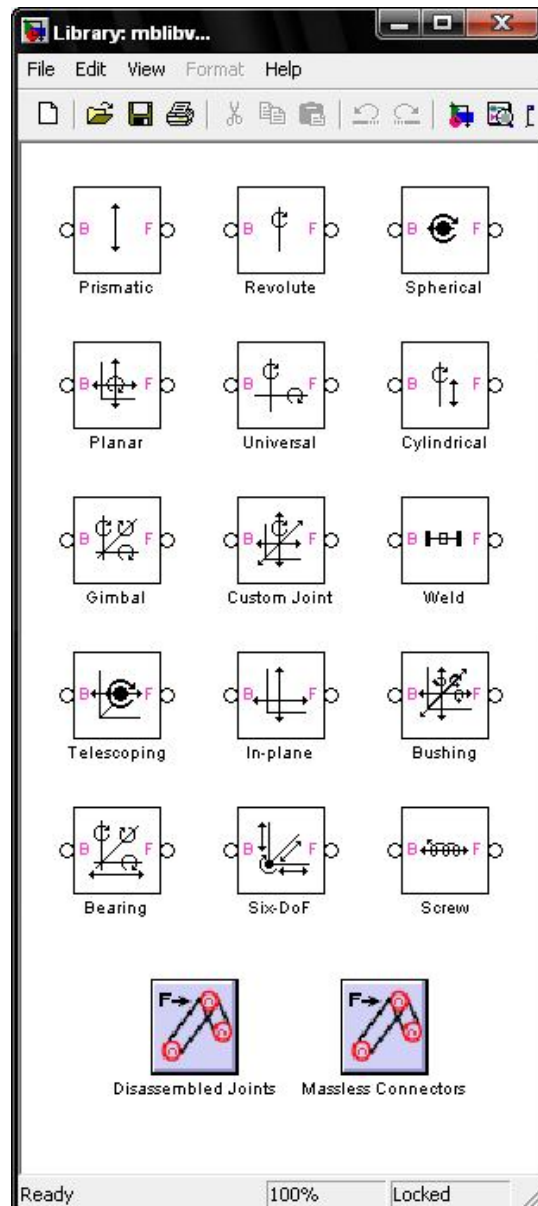


Figura 4.6: Biblioteca Joints

Como se puede observar en la figura 4.6, esta biblioteca es bastante amplia, cuenta con diferentes tipos de articulaciones y cada una tiene una función específica. El bloque que se utilizará para este trabajo es el bloque *Revolute* o revoluta.

Una primitiva revoluta representa un grado de libertad con un movimiento rotacional sobre un eje de revolución. Las articulaciones primitivas como la revoluta están

formadas únicamente por la unión de dos elementos. La figura 4.7 muestra una primitiva revoluta.

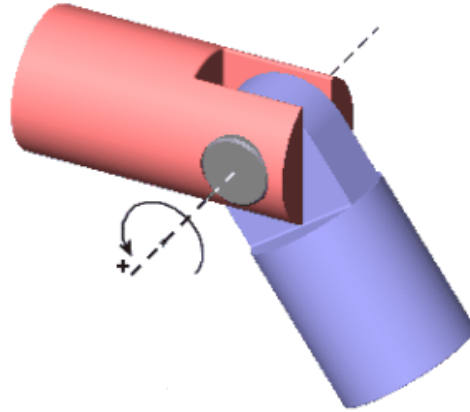


Figura 4.7: Primitiva Revoluta [3]

En la ventana Block Parameters del bloque, de la figura 4.8, se puede especificar el eje de revolución de la articulación y el sistema de coordenadas al cual estará referenciado. También dentro de la ventana se puede especificar el número de puertos que se utilizarán para conectar sensores y actuadores.

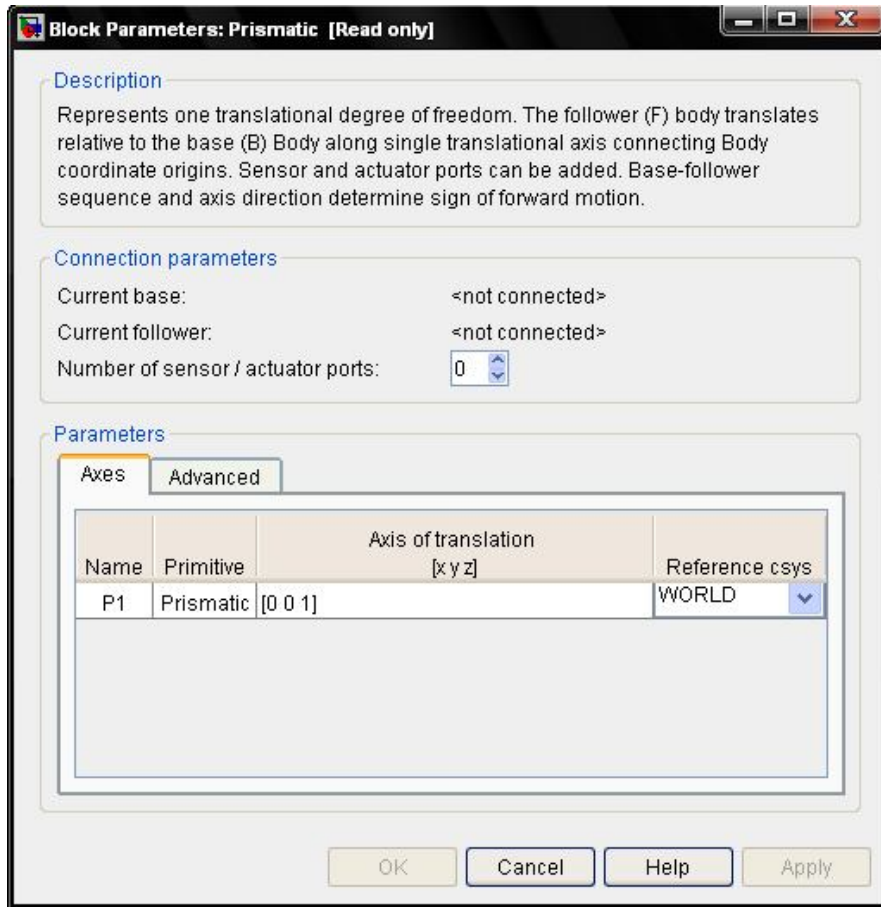


Figura 4.8: Ventana Block Parameters del bloque Revolute

4.3.3 Librería Sensors & Actuators

Esta biblioteca contiene los bloques que miden e inician los movimientos de los cuerpos y las articulaciones. Estos bloques trabajarán con las señales que harán posible el funcionamiento del modelo y al mismo tiempo mostrarán su comportamiento. Los bloques de esta biblioteca son de suma importancia ya que éstos son los que interactuarán con los bloques de Simulink y de esta manera lograr el funcionamiento del modelo. Los bloques contenidos en esta biblioteca son: *Body Actuator*, *Joint Actuator*, *Body Sensor*, *Joint Sensor*

y *Joint Initial Condition*, solo por mencionar los que se utilizaron en este trabajo. La figura 4.9 muestra los bloques contenidos en la biblioteca.

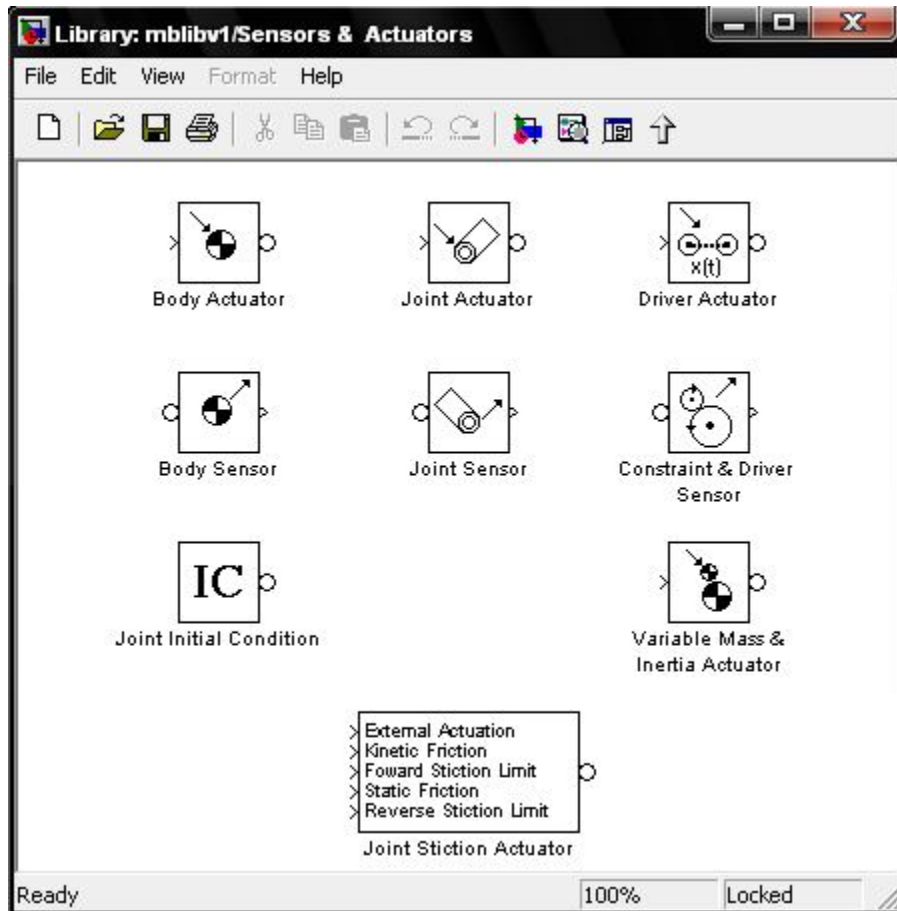


Figura 4.9: Biblioteca Sensor & Actuators

Los actuadores pueden desarrollar tareas como aplicar una fuerza o un torque ya sea a un cuerpo o a una articulación. Los bloques de esta biblioteca desempeñan un papel esencial, ya que son estos bloques los que se conectan a los bloques Simulink para que de esta manera el modelo pueda funcionar.

Para este trabajo se utilizarán *Joint Actuators* o actuadores de articulaciones, los cuales solo pueden ser aplicados a una articulación primitiva, como por ejemplo la revoluta. Al igual que los bloques anteriores cuenta con una ventana donde se pueden especificar parámetros como el tipo de articulación al cual está conectado y el tipo de fuerza o movimiento que generará dependiendo del tipo de articulación al cual está conectado. La figura 4.10 muestra la ventana Block Parameters del bloque *Joint Actuator*.

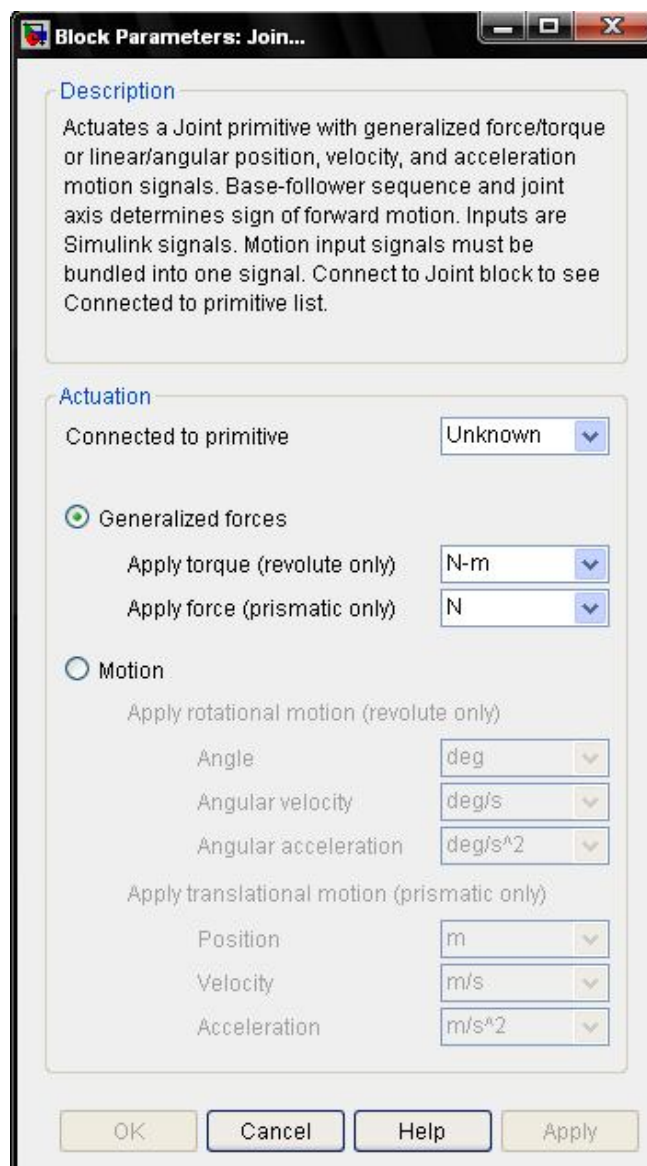


Figura 4.10: Ventana Block Parameters del bloque Joint Actuator

Los sensores son bloques que miden o sensan la posición velocidad y aceleración angular de un cuerpo o una articulación con respecto a un sistema de coordenadas. La señal que envían los sensores a la salida se envía a un bloque de Simulink conocido como *Scope* u osciloscopio, el cual permitirá observar la respuesta de salida de un cuerpo, o en el caso de este trabajo, de una articulación.

La ventana Block Parameters del sensor, mostrada en la figura 4.11, permite elegir la variable a medir. También se pueden especificar parámetros como el elemento al que esta conectado, así como el sistema de coordenadas al que esta referenciado.

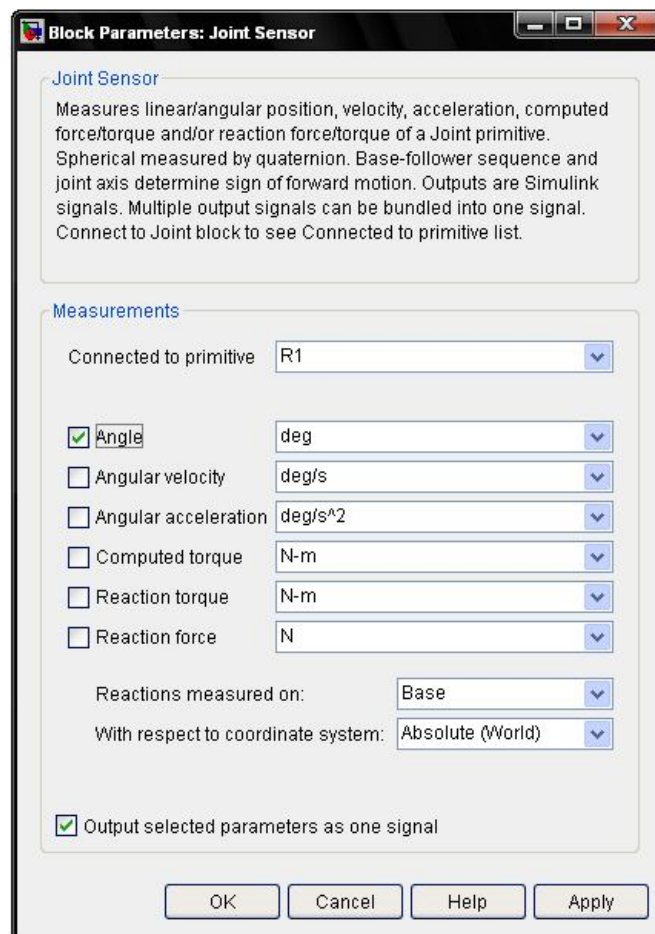


Figura 4.11: Ventana Block Parameters del bloque Joint Sensor

Otro bloque que se utilizó de la librería de sensores y actuadores es el bloque *Joint Initial Condition*, en el cual se pueden especificar condiciones iniciales, como posición y velocidad, que puede tener una articulación al inicio de la simulación. La ventana Block Parameters del bloque se muestra en la figura 4.12.

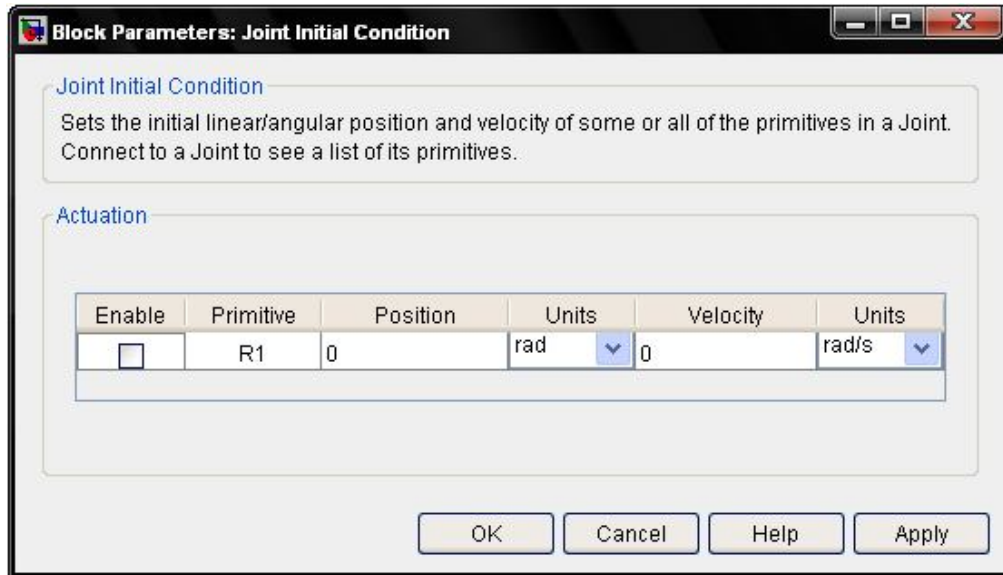


Figura 4.12: Ventana Block Parameters del bloque Joint Initial Condition

Es necesario estudiar la otra herramienta que nos ofrece MatLab, la cual permitirá diseñar y configurar los controladores difusos que se utilizarán en las articulaciones del robot y controlarán su movimiento.

4.4 Fuzzy Logic Toolbox

Fuzzy Logic Toolbox es una herramienta que permite simular el funcionamiento de un controlador difuso mediante un *Fuzzy Inference System* (FIS) o sistema difuso de

inferencia. Un FIS, al igual que los bloques de SimMechanics puede integrarse al ambiente de Simulink sin ningún problema. La interfaz gráfica de un FIS hace que la programación de un controlador difuso sea muy sencilla y amigable.

Para utilizar esta herramienta, se teclea en la ventana de comandos de MatLab la palabra *fuzzy*. Esta acción abrirá la ventana FIS Editor, la cual se muestra en la figura 4.13.

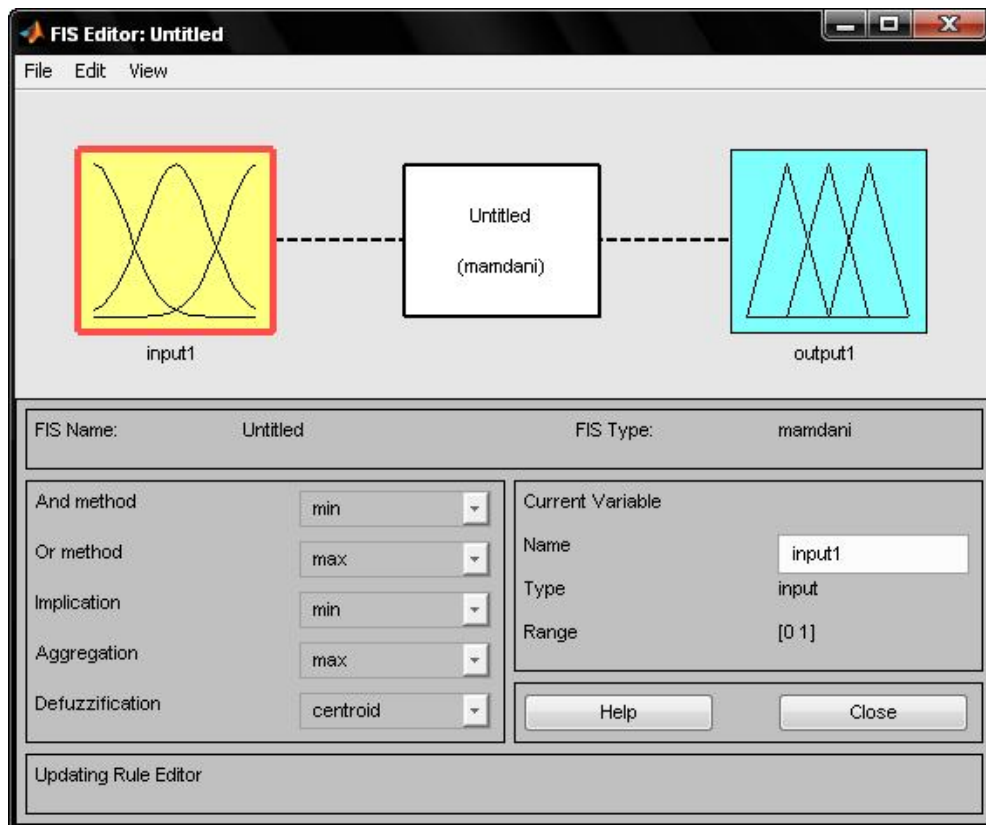


Figura 4.13: Ventana de FIS Editor

Lo primero que se tiene que hacer es elegir el método de inferencia que utilizará el controlador. Después se definen las variables de entrada y de salida que utilizará el controlador. También se puede definir el tipo de disyunción, conjunción, implicación y agregación, así como el método de defusificación que utilizará el controlador. Los

conjuntos difusos de las variables tanto de entrada como de salida se pueden editar en la ventana *Membership Function Editor*. Por último en la ventana *Rule Editor* se editarán las reglas que describirán el comportamiento del controlador difuso.

Una vez que se ha configurado el FIS, es necesario exportarlo al *WorkSpace* o espacio de trabajo de MatLab para que pueda ser utilizado como una variable. El bloque *Fuzzy Logic Controller* es el que se usará en el ambiente de Simulink e interactuará con los bloques *Actuator* de SimMechanics. En este bloque se escribe el nombre de la variable del FIS que se exportó al espacio de trabajo. La figura 4.14 muestra el bloque del controlador lógico difuso y la ventana Block Parameters.

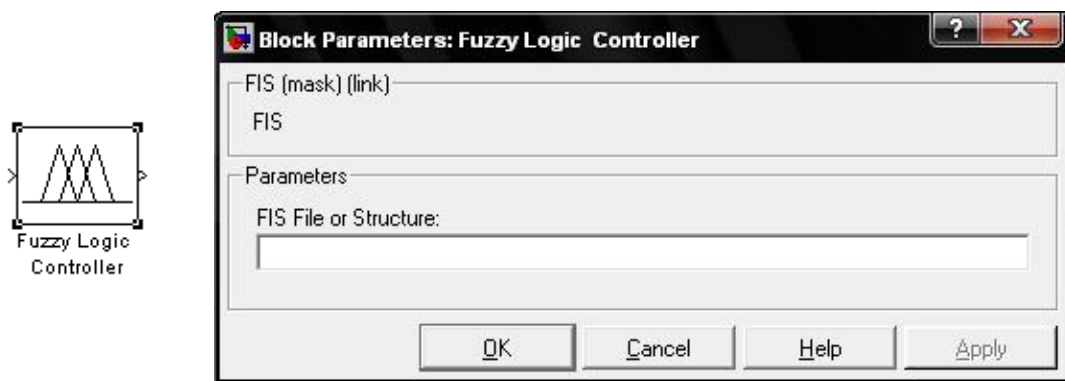


Figura 4.14: Bloque Fuzzy Logic Controller y Ventana Block Parameters del bloque

Ya que se conocen las herramientas que se utilizarán para construir el robot y simularlo se puede dar paso a su construcción utilizando los parámetros del Robot UDLAP con los que ya se cuentan. SimMechanics y Fuzzy Logic Toolbox serán las herramientas que harán posible simular el comportamiento del robot con un controlador difuso.