



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT

Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Sistema de co-simulación de un robot industrial para control

Author: Jorge Gudiño-Lau

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 33
Mail: jglau@ucol.mx
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Contenido

- Introducción.
- Software.
- KUKA KR 5 sixx R850.
- Control PD.
- KUKA KR 5 sixx R850 en SolidWorks.
- Exportación a SimMechanics.
- Sensores y actuadores en SimMechanics.
- Sistema general en SimMechanics.
- Subsistemas('KUKA KR 5 sixx R850', 'Control', 'Posición')
- Resultados.
- Conclusiones
- Referencias



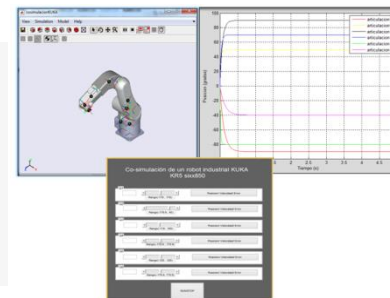
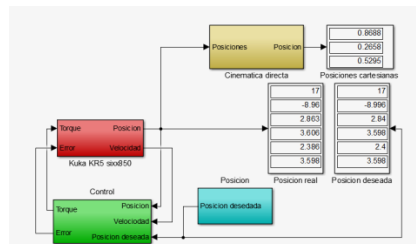
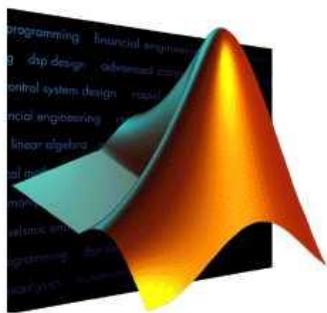
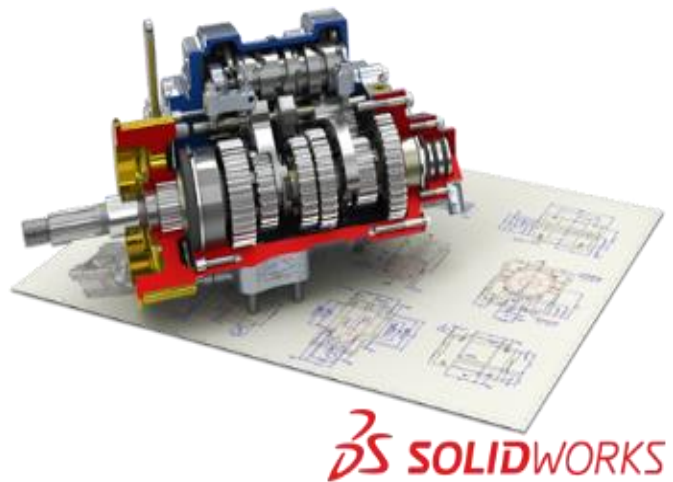
Introducción

La co-simulación también es conocida como simulación cooperativa, es una metodología de simulación que permite a los componentes individuales para simular en ambientes virtuales y que se ejecutan simultáneamente, por lo que se tiene intercambio de información de manera colaborativa.

Este trabajo presenta el desarrollo de un software que une al menos dos programas (co-simulación) para el control de posición de un robot manipulador industrial de seis grados de libertad (g.d.l.) Kuka KR5 sixxR850.

Software

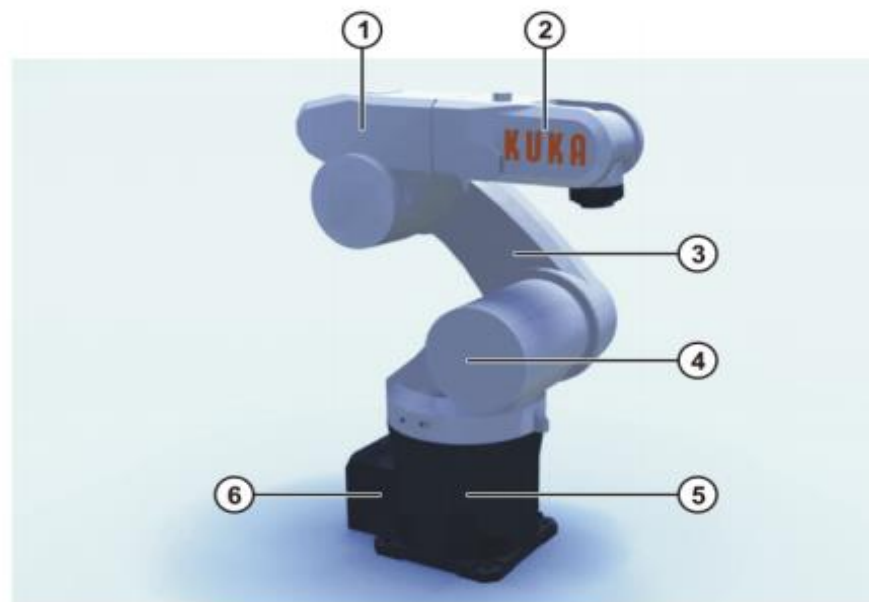
- SolidWorks
- Matlab
 - SimMechanics
 - Simulink



KUKA KR 5 sixx R850

El robot KUKA KR 5 sixx R850 es un robot de brazo articulado con 6 ejes fabricado en fundición de metal ligero. El robot está formado por los siguientes grupos constructivos principales:

1. Muñeca central.
2. Brazo.
3. Brazo de oscilación.
4. Columna giratoria.
5. Base del robot.
6. Instalación eléctrica.





Control PD

El controlador PD que se puede aplicar a robots manipuladores viene dada por la ecuación:

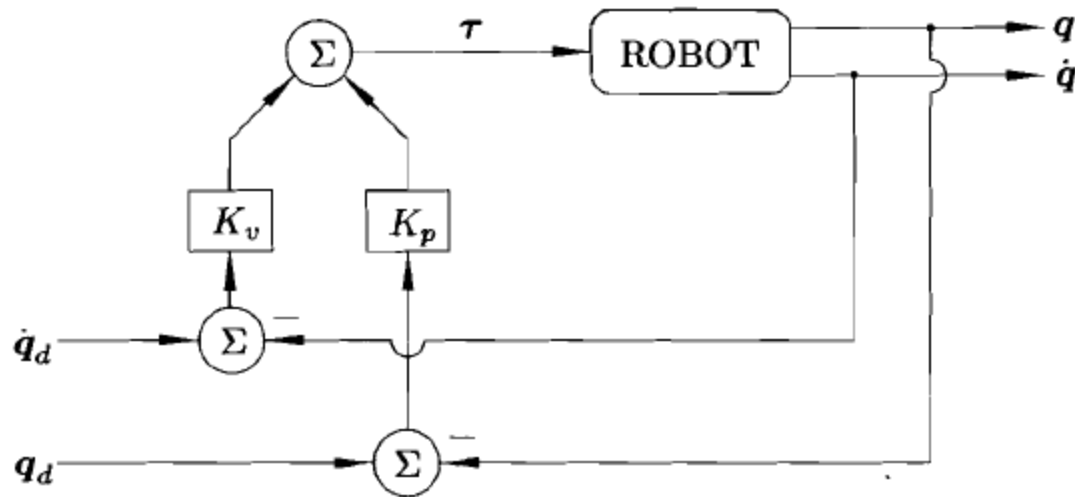
$$\tau = K_p \tilde{q} + K_d \dot{\tilde{q}}$$

Donde τ es un vector de dimensión n llamado vector de fuerzas externas o torque, K_p y K_d son matrices definidas positivas definidas por el diseñador, \tilde{q} y $\dot{\tilde{q}}$ son los errores de posición y velocidad que vienen dados por:

$$\tilde{q} = q_d - q$$

$$\dot{\tilde{q}} = \dot{q}_d - \dot{q}$$

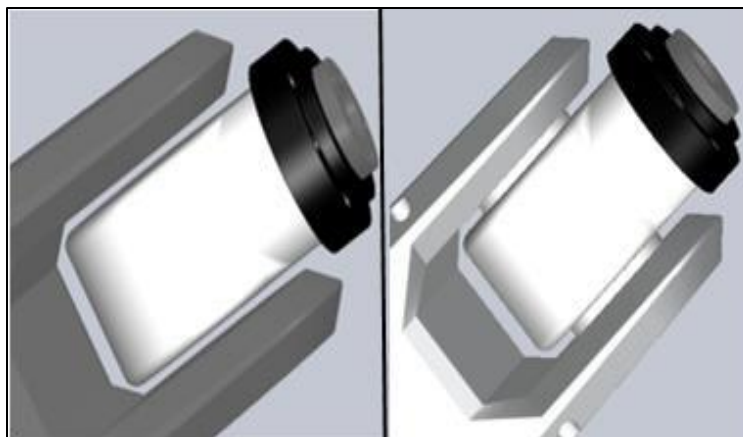
Donde q_d y \dot{q}_d son las posiciones y velocidades deseadas, q y \dot{q} son las posiciones y velocidades del robot.





KUKA KR5 sixx R850 en SolidWorks

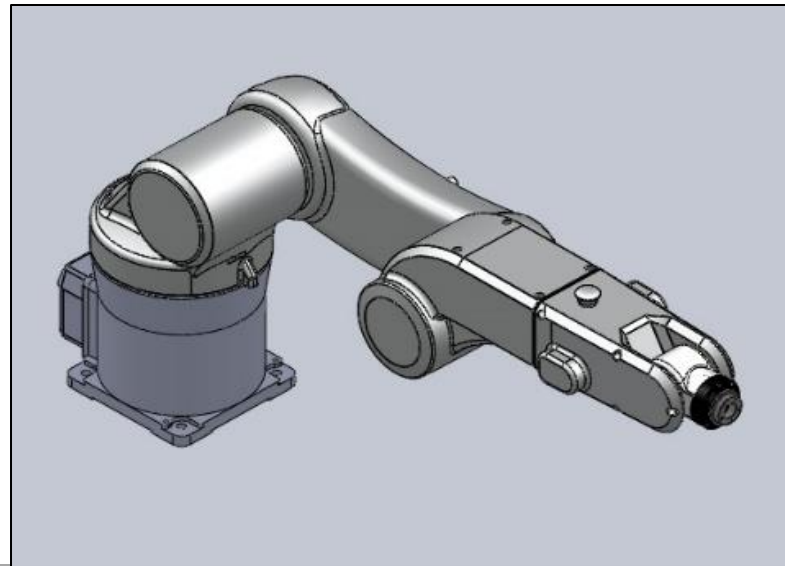
Las piezas de la KUKA se descargan en archivo CAD de la página de KUKA, algunas piezas fueron levemente modificadas para evitar errores en la exportación, por ejemplo la articulación número 5 no hacia contacto con la articulación 4 lo cual momento de simularla esta se caerá, por lo cual se tuvo que modificar.





KUKA KR5 sixx R850 en SolidWorks

Después se realiza el ensamblaje con relaciones de coincidencia y revoluta, y se colocaron todas las articulaciones en la posición cero que tienen las articulaciones de la KUKA KR5 sixx 850 en real, debido a que SimMechanics toma como posición cero las posiciones con las que se exporta el ensamblaje.



Exportación a SimMechanics

Para poder exportar el modelo de SolidWorks a SimMechanics es necesario activar el complemento SimMechanics link en SolidWorks.

1. Descargar la librería SimMechanics link y el archivo (install_addon.m) de la página de MATLAB según la versión de MATLAB que tengan.

The screenshot shows the MATLAB website page for SimMechanics Link 4.6. The page title is "Simscape Multibody" and the sub-header is "SimMechanics Link 4.6 – Release 2015a (SimMechanics 4.6)". Below the header is a table with four rows, each representing a different operating system platform. The table columns are the platform name and the download links for the SimMechanics Link library and the install_addon.m file.

SimMechanics Link 4.6	
Win32 (PC) Platform	smlink_r2015a.win32 install_addon.m
Win64 (PC) Platform	smlink_r2015a.win64 install_addon.m
UNIX (64-bit Linux)	smlink_r2015a.glnxa64 install_addon.m
Mac OS X (64-bit Intel)	smlink_r2015a.maci64 install_addon.m

Below the table, there is a link for "SimMechanics Link 4.5 – Release 2014b (SimMechanics 4.5)".



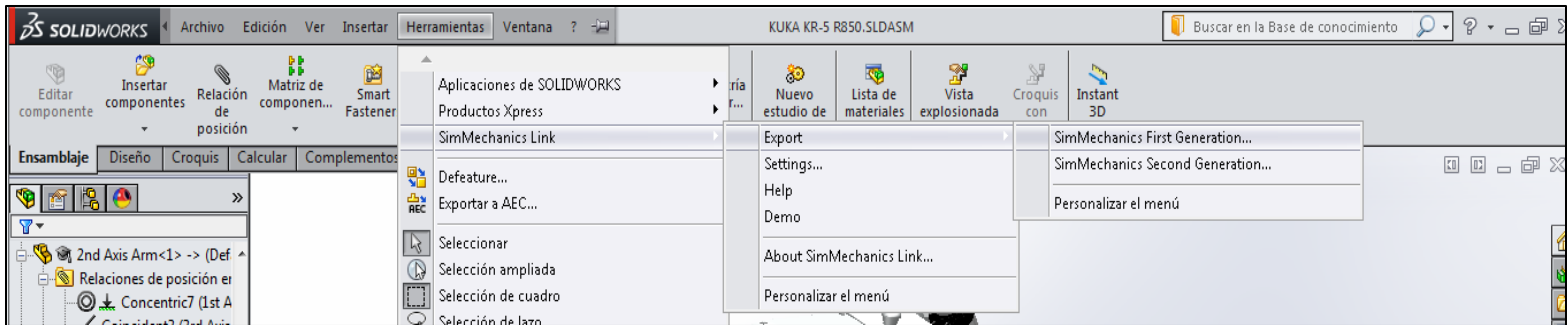
- Abrir MATLAB como administrador y se ejecuta el siguiente código, cuando se ejecuta el código tiene que tener abierta la carpeta donde se encuentra el archivo en la ventana “Current Folder”.

```
>> install_addon('smlink.r2010b.win64.zip')
```

- Después se ejecuta el siguiente código, que es necesario para crear el link entre SolidWorks y SimMechanics.

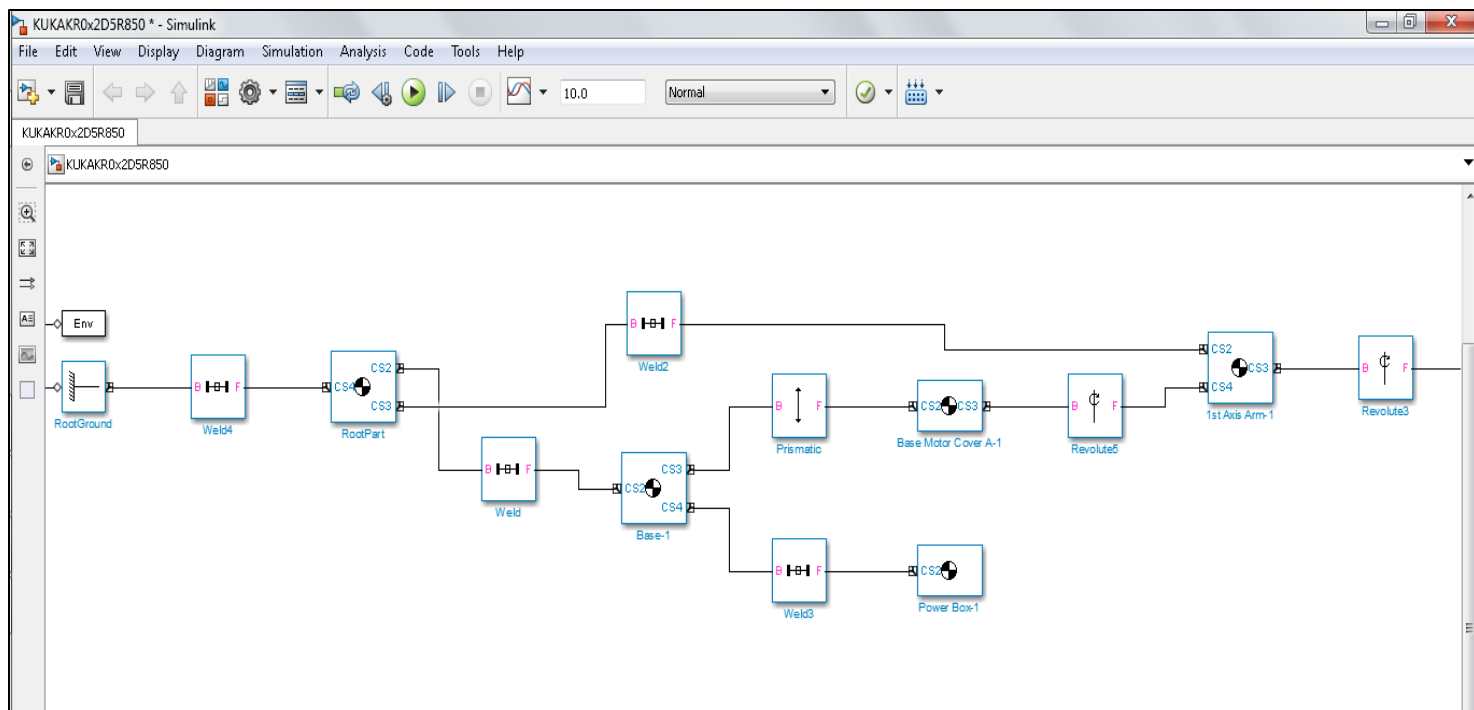
```
>> smlink_linksw
```

- Después se realiza la exportación desde SolidWorks a SimMechanics.



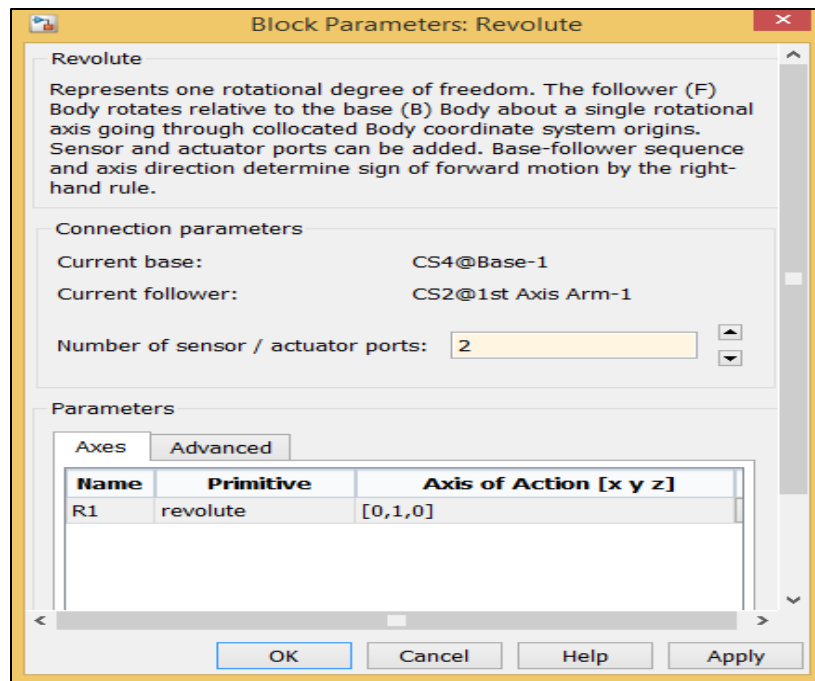
- Con el siguiente código, `mech_import ('KUKA KR-5 R850.xml')`, MATLAB abrirá el modelo mediante diagramas de bloques de Simulink.

- Ya completado el proceso, se mostraran los bloques de nuestro modelo, algunos de ellos representan las piezas de nuestro modelo y otras la relaciones que tengan.

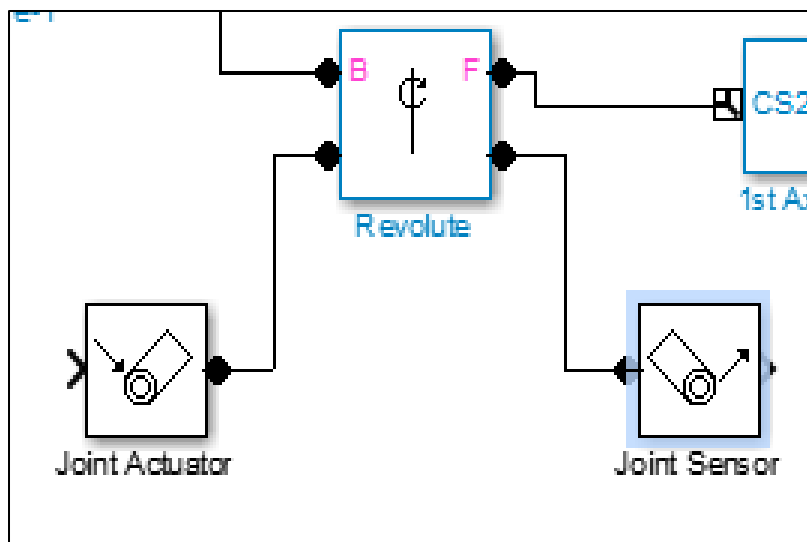


Sensores y actuadores en SimMechanics

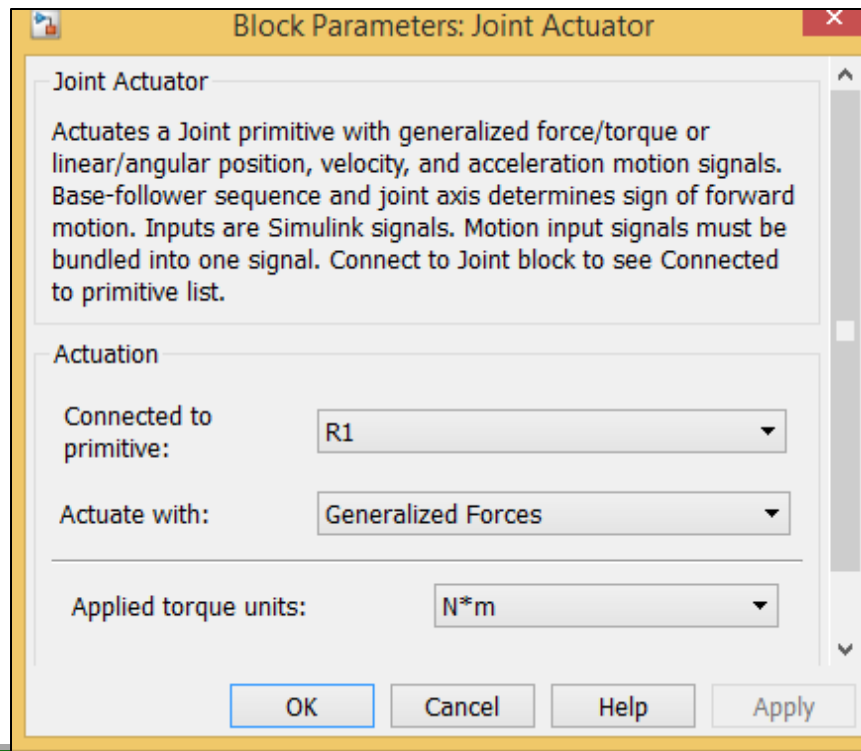
El bloque donde pondremos el sensor y actuador será en el bloque de la revoluta, para ello se selecciona la revoluta y se le declaran el número de puertos para sensores y actuadores que en este caso serían dos.



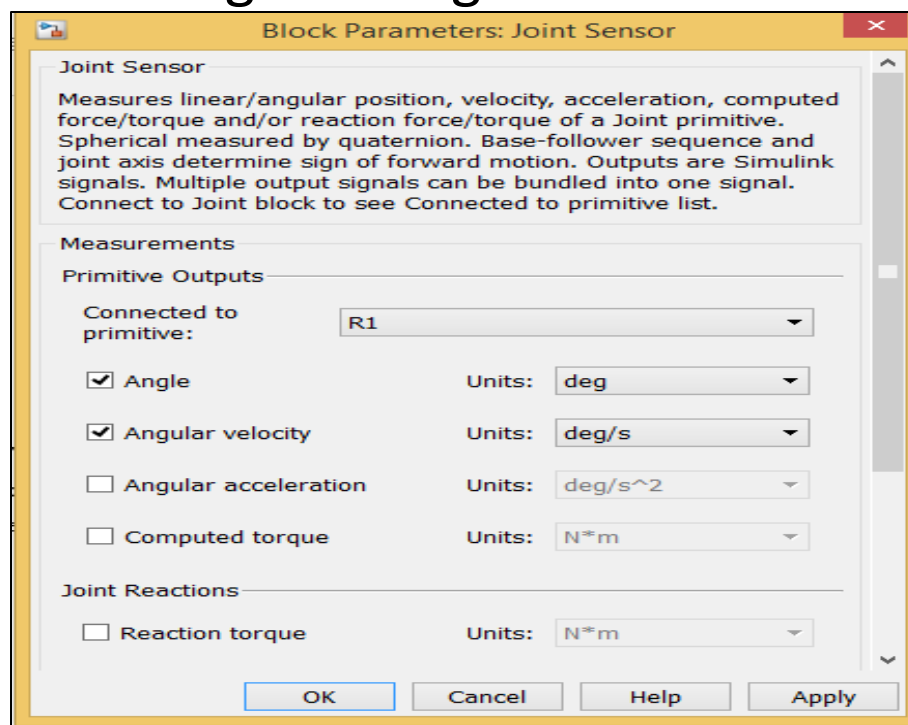
Después se le anexó al modelo el bloque del actuador y del sensor, estos bloques se encuentran en la librería de Simulink en la sección de Simscape/ SimMechanics /First Generation, de esos bloques se añadió el bloque de Joint Actuator y el Joint sensor y se conectó al bloque de la revoluta.



Ya conectados se configuraron los dos bloques, al bloque del actuador se le ajustaron los parámetros para que actué con fuerzas generalizadas y que las unidades del torque sean Newton por metro.

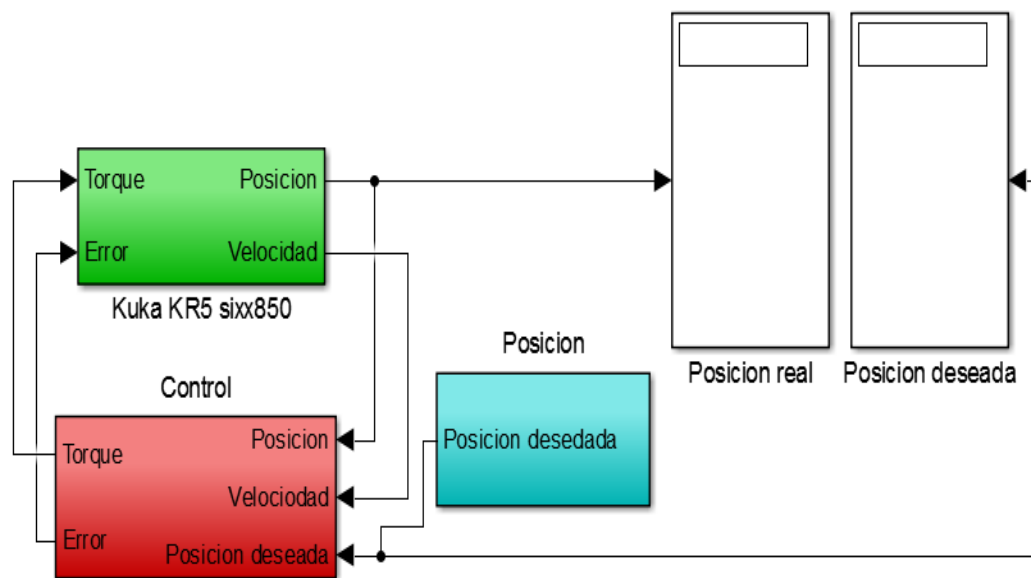


También se le ajustaron los parámetros al bloque de sensor, en este bloque se le indico que nos mande la posición angular en grados y la velocidad angular en grados.



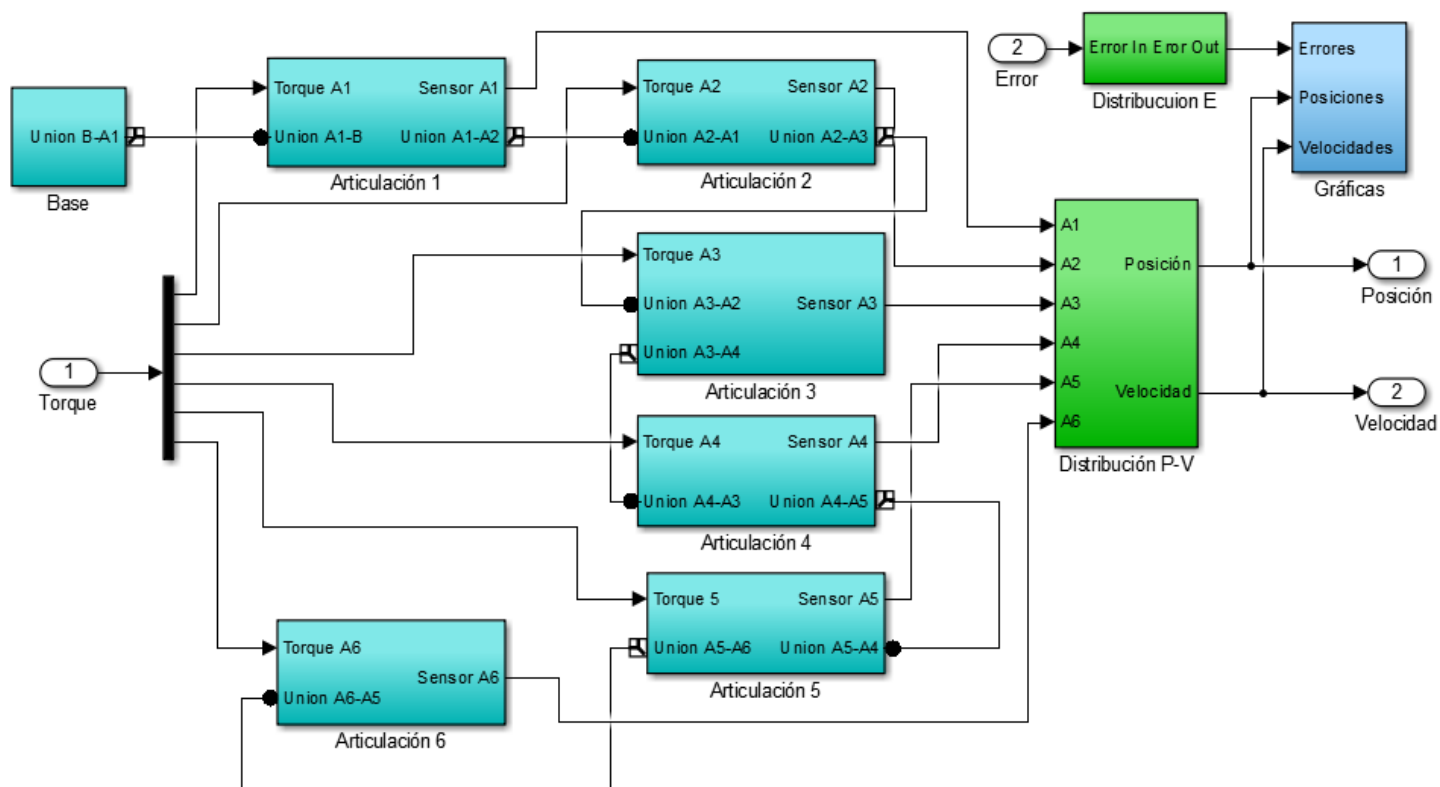
Sistema general en Simulink

El modelo del sistema general para llevar a cabo la co-simulación, el modelo consta de tres bloques, uno que será la planta que será la KUKA KR5 sixx850, otro corresponde al control, el ultimo pertenece a las posiciones deseadas.

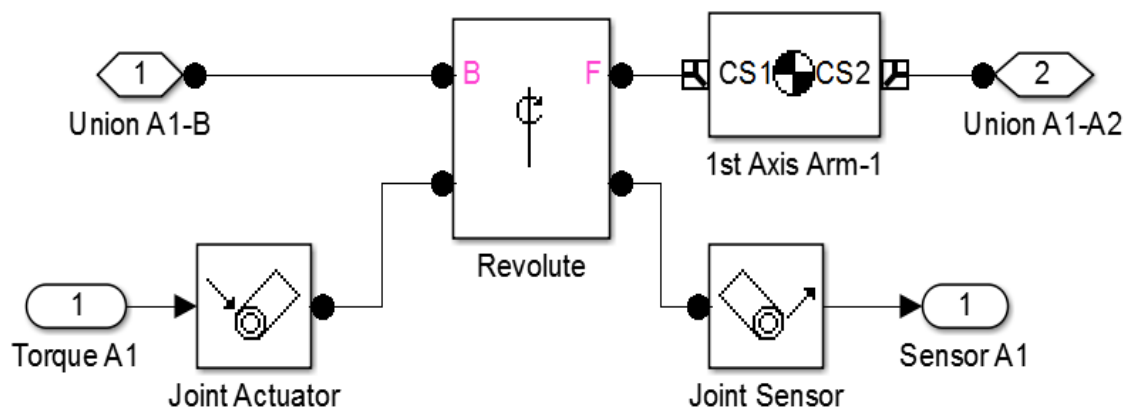


Subsistema 'KUKA KR5 sixx850'

En el subsistema 'KUKA KR5 sixx850' se tiene como entrada los torques y el error, de salida las posiciones y velocidades de las articulaciones.

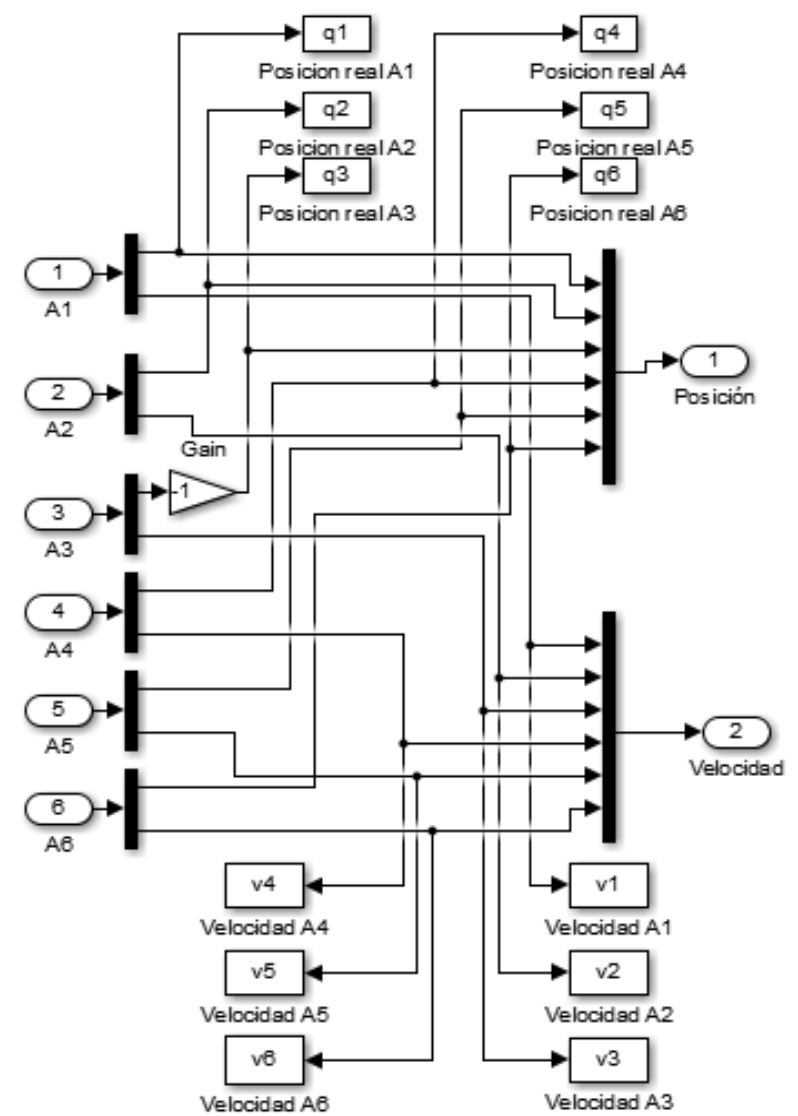


Dentro de cada subsistema de las articulaciones se encuentran los bloques que generó SimMechanics, en la imagen se observa los bloques de SimMechanics correspondiente a la articulación uno.

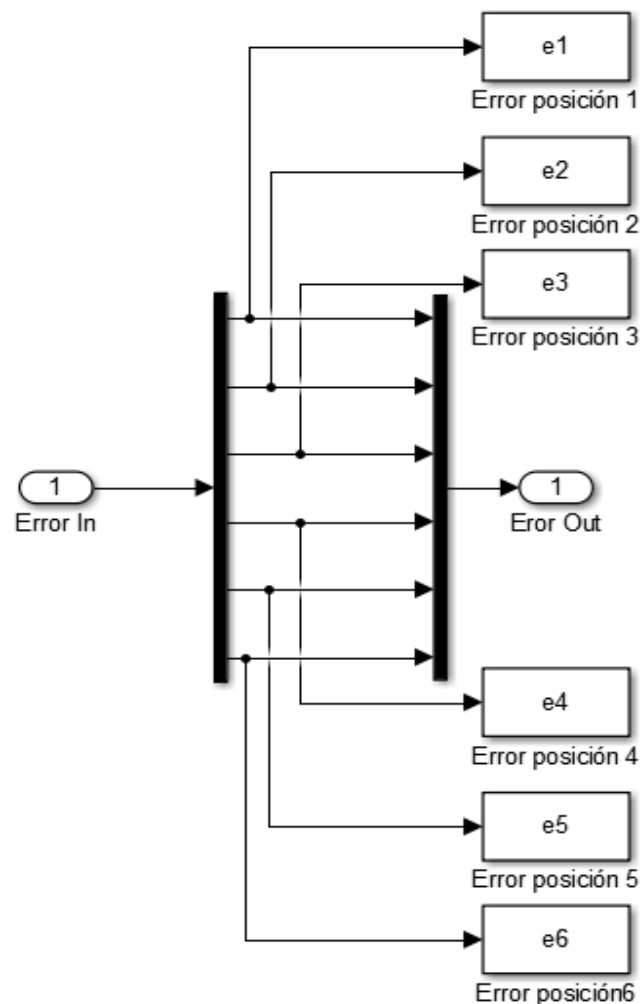




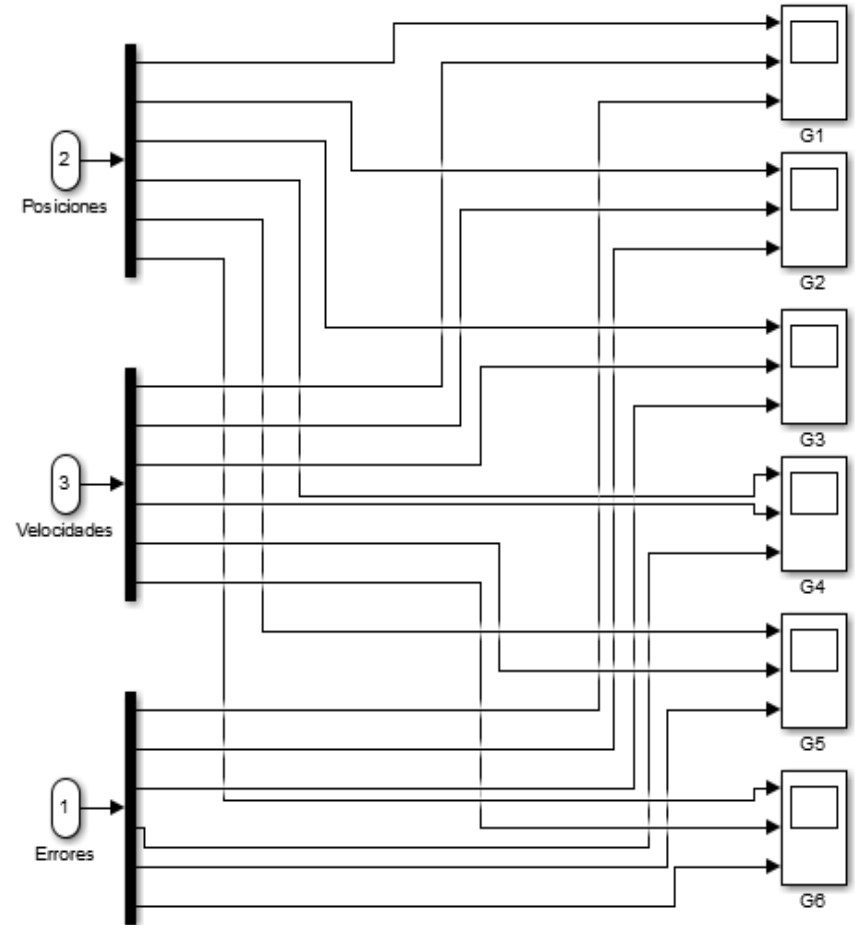
Las salidas de los bloques de las articulaciones que corresponden a la lectura de los sensores se envían al subsistema 'Distribución P-V', en el cual se distribuyen los valores de las posiciones angulares y velocidades de las articulaciones



Igual en el subsistema de 'Distribución E' se almacenan los valores de los errores de posición durante la simulación para su posterior análisis, esto se logra mediante el uso de unos 'To workspace'

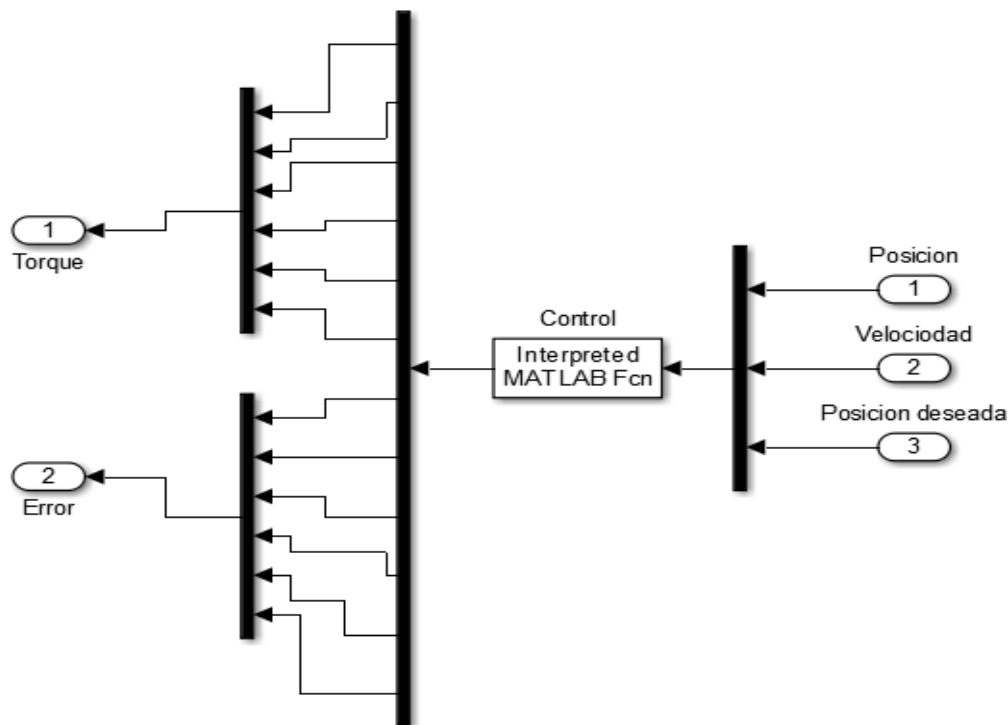


Ya organizados los errores, las posiciones y las velocidades angulares, se conectan al subsistema de 'Gráficas', en la figura se observa la distribución de los valores a su un 'Scope' por articulación.



Subsistema 'Control'

Las entradas de este bloque corresponden a las posiciones reales y deseadas de las articulaciones y su velocidad, además se tiene como salida los torques y los errores de posición de las articulaciones.





En el 'Interpreted Matlab function' se desarrollan las ecuaciones del control PD, se establecen todas las velocidades deseadas como cero y se asignan los valores de K_p y K_d .

$$\tau = K_p \tilde{q} + K_d \dot{\tilde{q}}$$

$$\tilde{q} = q_d - q$$

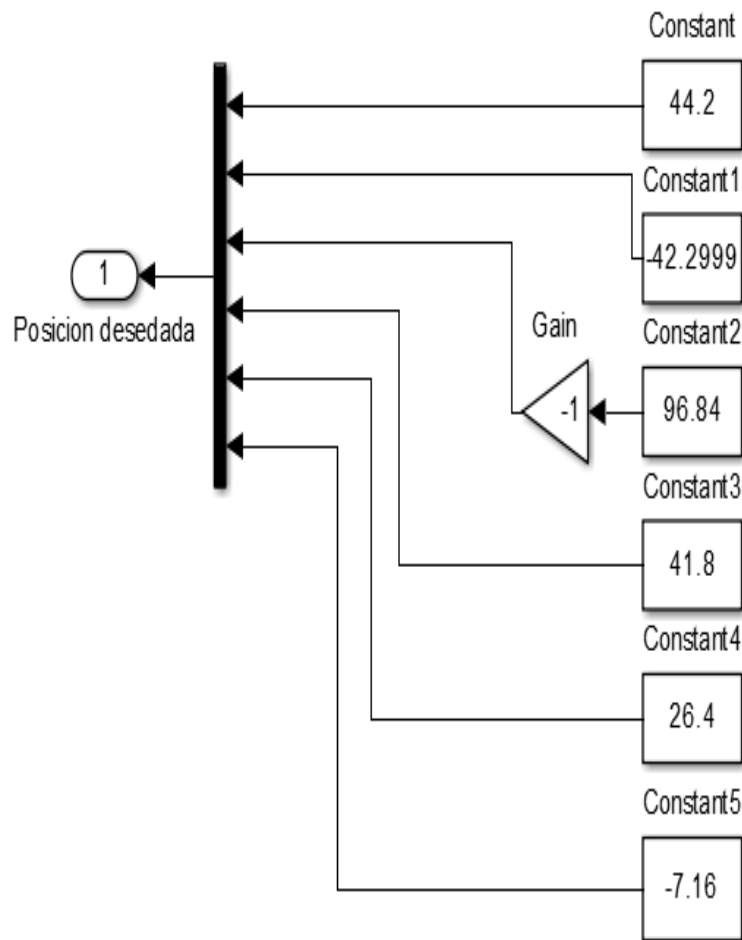
$$\dot{\tilde{q}} = \dot{q}_d - \dot{q}$$

$$\dot{q}_d = 0$$

Articulación	Kp	Kd
1	180	20
2	985	25
3	440	30
4	2.22	.025
5	4.45	.075
6	.015	.001

Subsistema 'Posición'

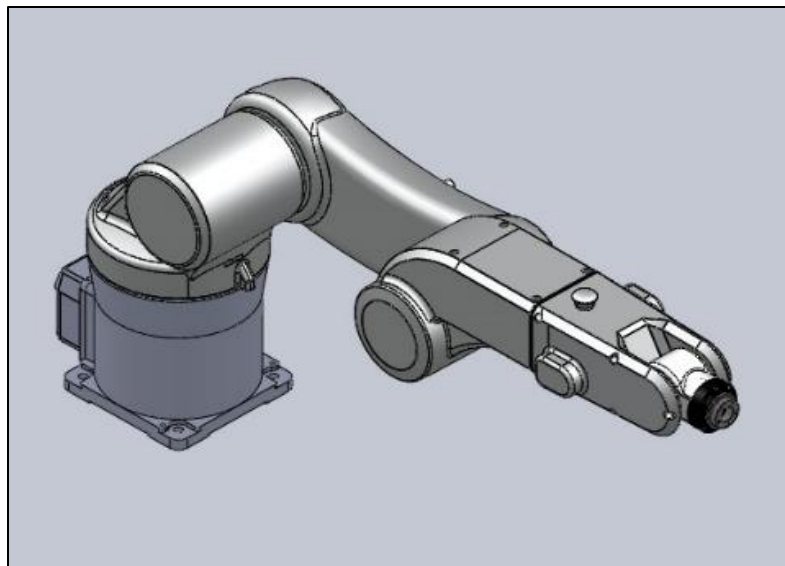
En el subsistema referente a la Posición sólo se tiene como salida las posiciones deseadas de las articulaciones en angulares, las cuales son modificadas mediante una constante, el negativo de la articulación 3 es para hacer coincidir el sentido de giro de la co-simulación con el robot real.



Resultados

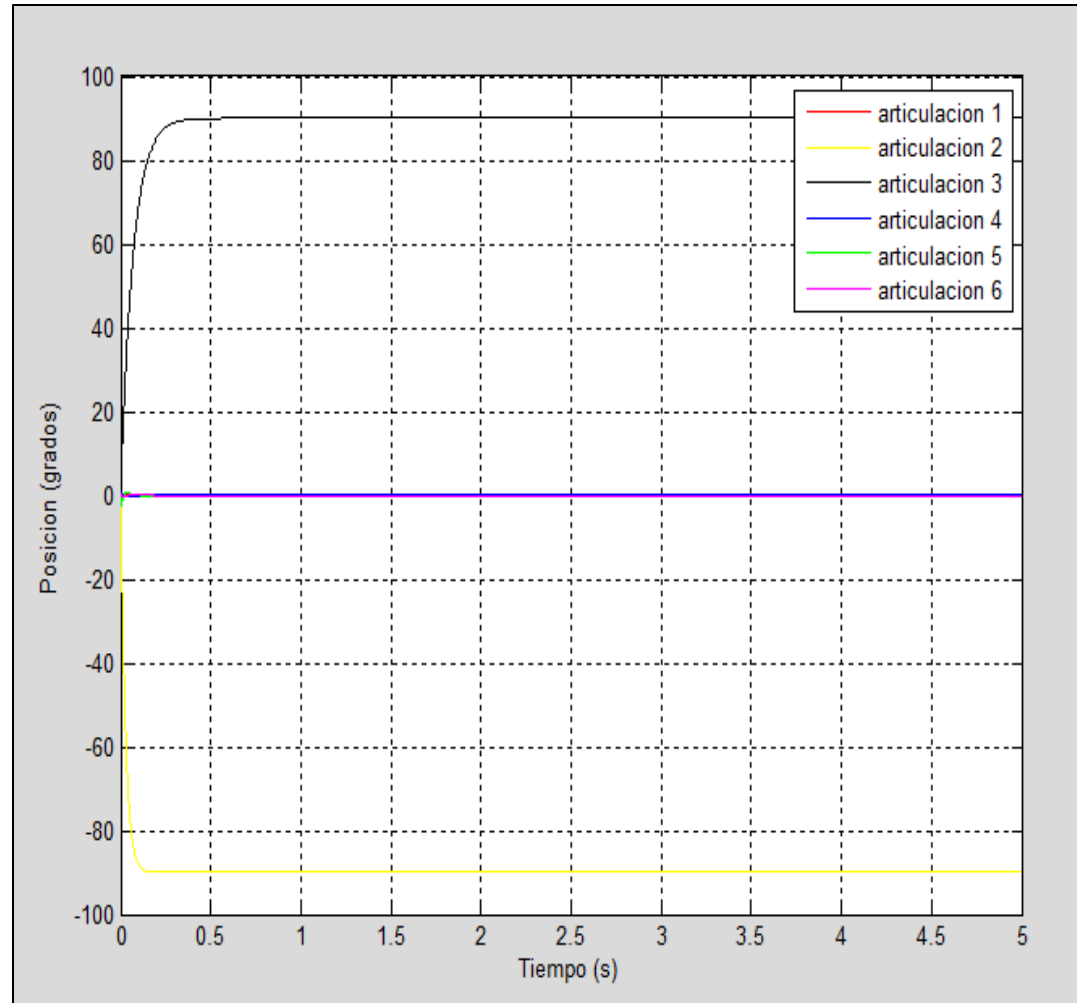
El primer experimento en la co-simulación consiste en seguir las posición deseada mostradas en la Tabla. Es decir mantener el robot en su posición de inicio (HOME).

Articulación	θ
1	0
2	-90
3	90
4	0
5	0
6	0

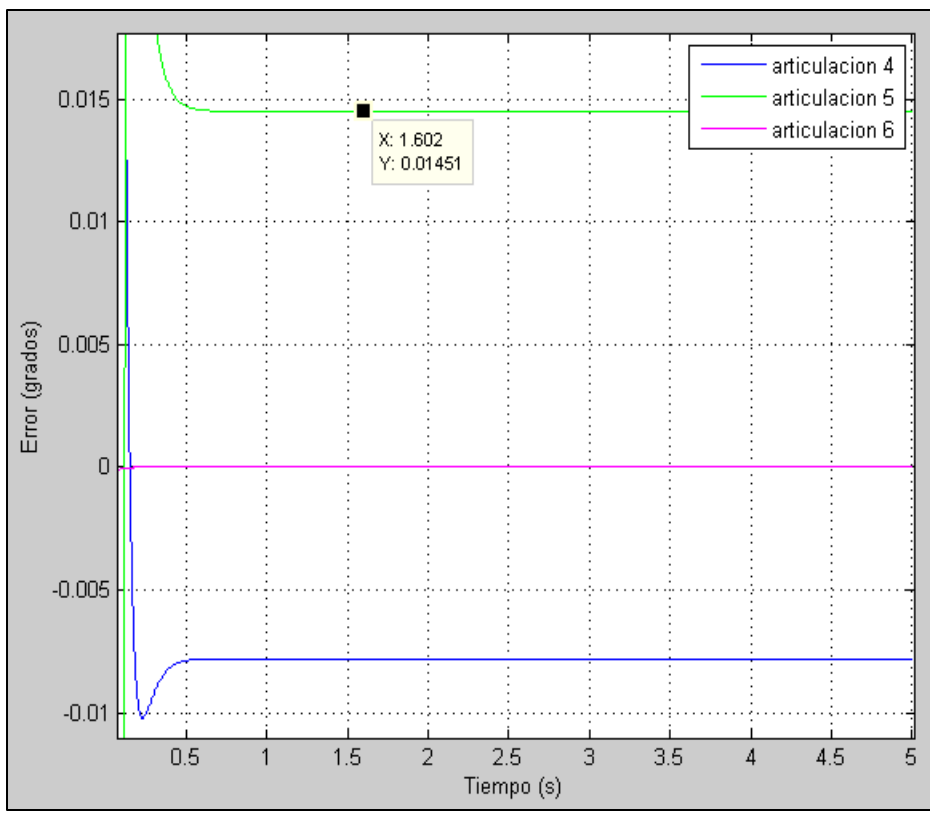
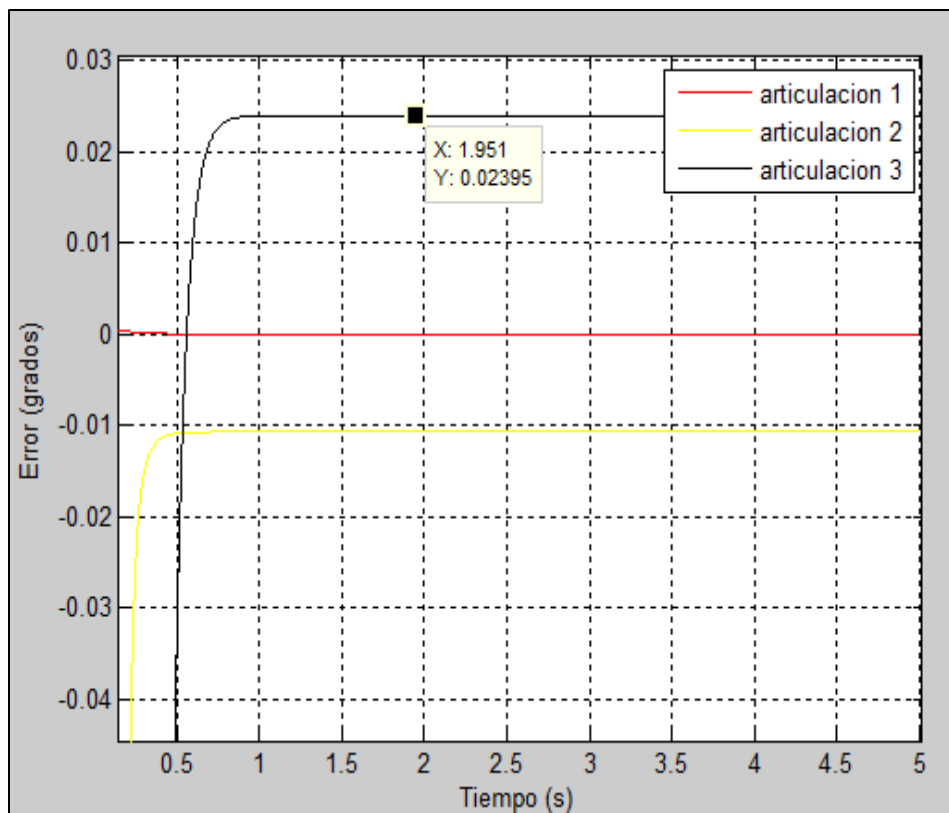




Se puede observar las posiciones de las articulaciones durante la primera co-simulación, en ella se observa como la segunda articulación va a la posición de -90° , la tercera a 90° mientras que las demás articulaciones permanecen en cero.



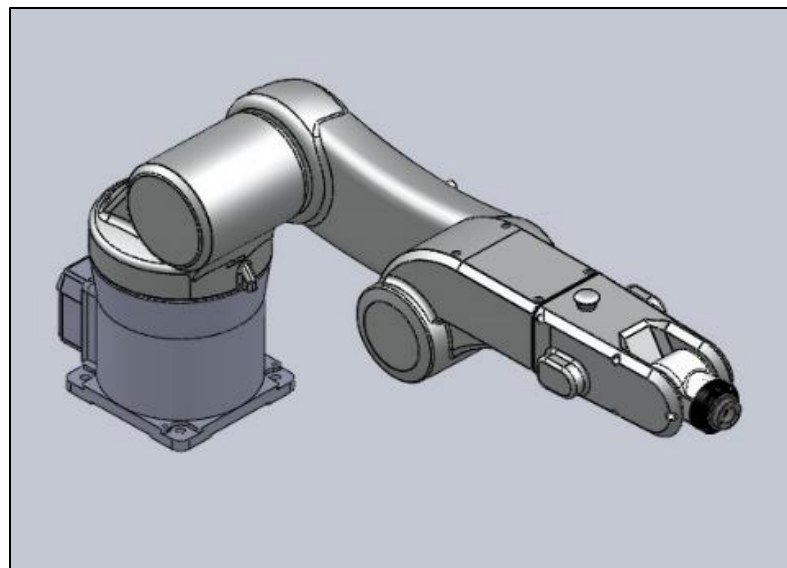
En las gráficas se muestran los errores de las articulaciones, de los cuales la articulación 3 presenta el mayor error equivalente a -0.02395° .



Resultados

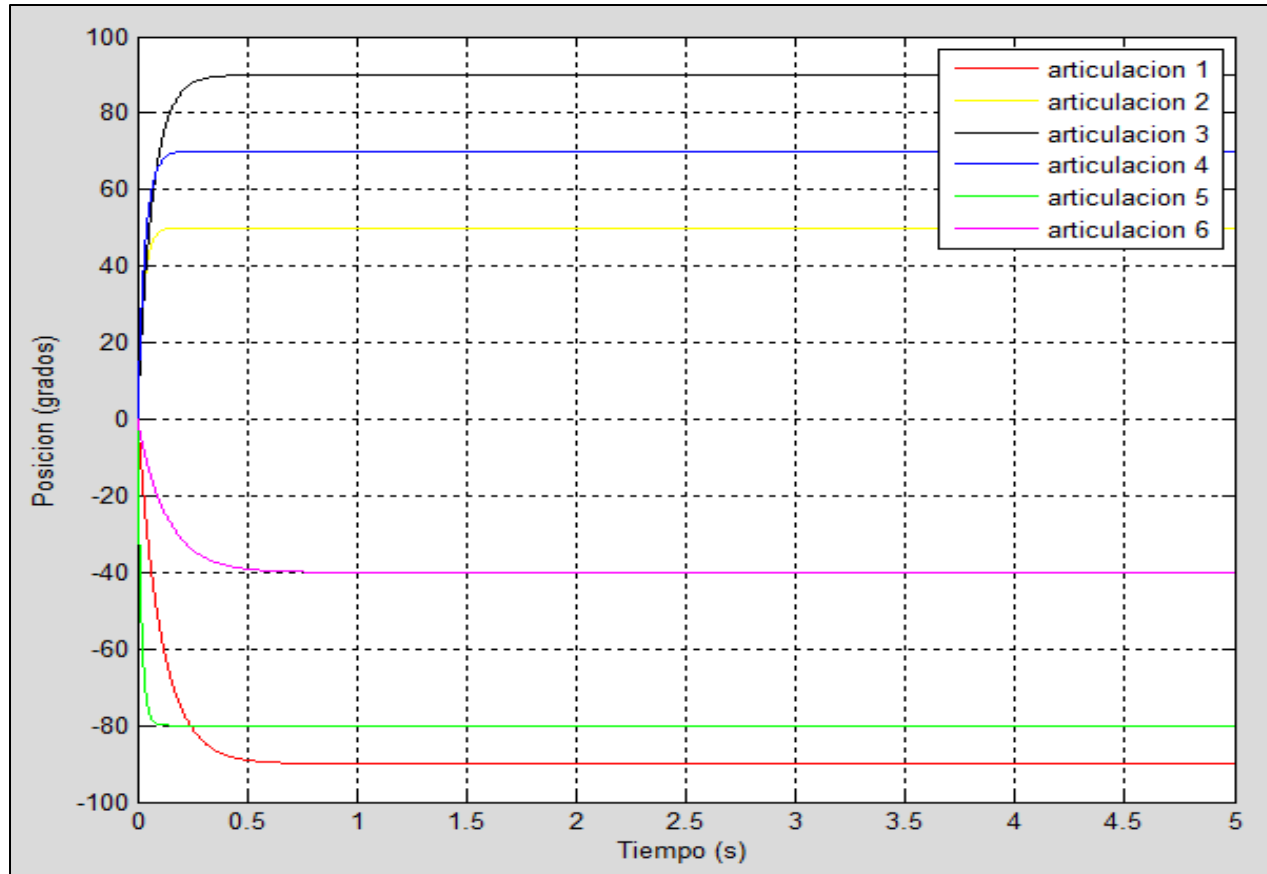
El segundo experimento en la co-simulación consiste en seguir las posición deseadas mostradas en la Tabla.

Articulación	θ
1	-90
2	-70
3	-50
4	70
5	-80
6	-40

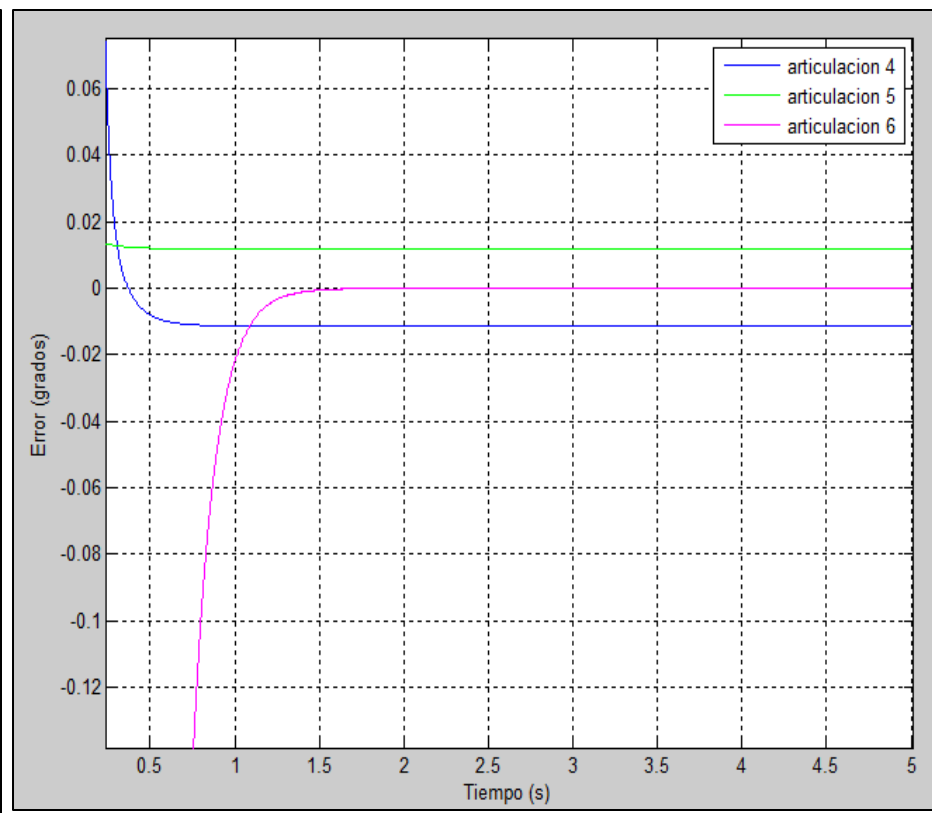
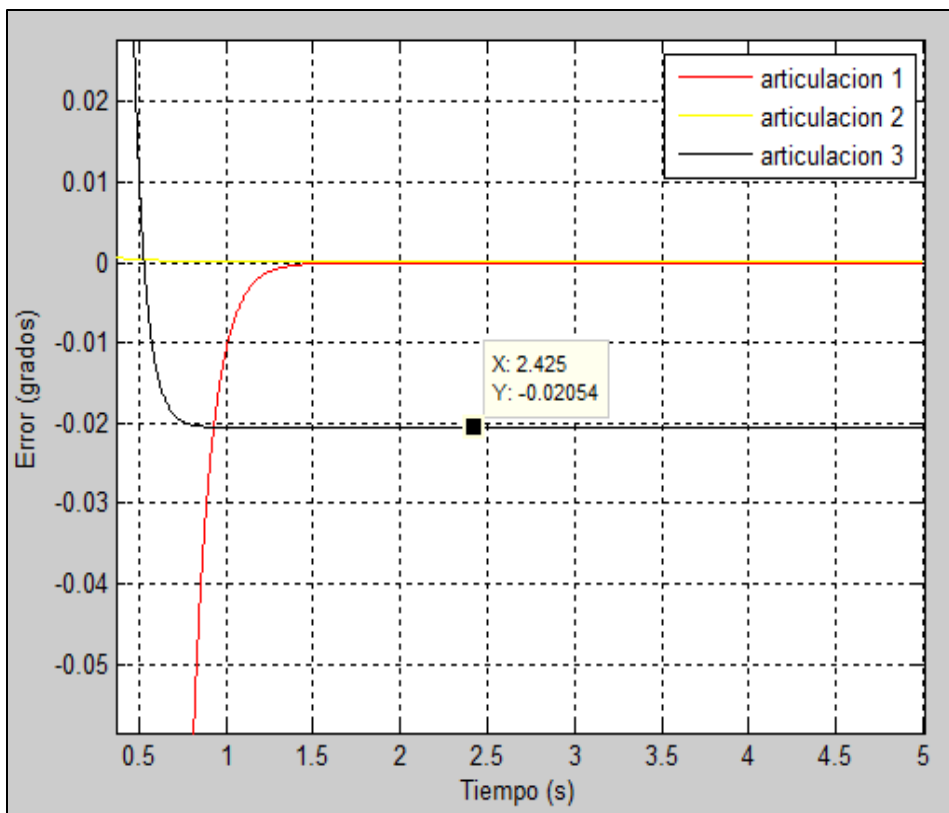




Se puede observar las posiciones de las articulaciones durante la segunda co-simulación, en ella se observa como las articulaciones van a su respectiva posición deseada.



En las gráficas se muestran los errores de las articulaciones, de los cuales la articulación 3 presenta el mayor error equivalente a -0.02054°





Conclusiones

Este trabajo muestra el diseño de un robot virtual a través de la co-simulación entre dos software SolidWorks y Matlab, en el primer software se diseña el modelo completo del robot a medidas reales otorgadas por KUKA, y en el segundo se utiliza para importar el modelo del robot, en Matlab se hace toda la parte virtual del robot, es decir se asignan los sensores y actuadores. Para validar que el modelo del robot industrial en co-simulación funciona correctamente se emplea un control con resultados satisfactorios. Por lo que se concluye que la co-simulación fue un éxito.



Referencias

- Fernández López, J. J. y Del Castillo Rodríguez, F. D. (2014). “Manual de Prácticas de CAD Utilizando el Programa SolidWorks 2014”, UNAM.
- Fu, K.S.; González, R.C. y Lee, C.S.G. (1987) Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence. McGraw-Hill. 1987.
- Martínez A. G. M.; Jáquez O. S. A.; Rivera M. J. y Sandoval R. R.(2008) “Diseño propio y Construcción de un Brazo Robótico de 5. Página de internet. http://antiguo.itson.mx/rieeandc/vol4p1_archivos/Ar2Junio08.pdf
- Gómez Garay, Vicente (2008) “Acciones Básicas de Control”, Dpto. de ingeniería de sistemas y automática. Página de internet. <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/accionesdecontrol.pdf>
- Milanese, A. Franco (2009). “Introducción a MatLab”, Universidad católica de la santísima concepción, Departamento de Matemáticas y Física Aplicada.
- Rudra Pratap (2010). “Getting Started with MatLab 2009”, Department of Engineering Indian Institute of science, Bangalore New York, Oxford University Press.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)