

REHABILITACIÓN DE BRAZOS ROBÓTICOS ABB IRB 6400

Juan Rubén Carreón Villal

Instituto Tecnológico de Celaya
ben.carreon@outlook.com

Horacio Orozco Mendoza

Instituto Tecnológico de Celaya
horacio.orozco@itcelaya.edu.mx

José Guadalupe Zavala Villalpando

Instituto Tecnológico de Celaya
jg.zavala@itcelaya.edu.mx

Martín Laguna Estrada

Instituto Tecnológico de Celaya
martin.laguna@itcelaya.edu.mx

Zulma Griselda Álamos Villanueva

Instituto Tecnológico de Celaya
zulma.alamos@itcelaya.edu.mx

Resumen

En el presente trabajo se muestra el desarrollo que se llevó a cabo para el proyecto “Diseño y operación de una estación robótica tipo industrial”, que consistió en la rehabilitación y documentación de tres brazos robóticos ABB IRB 6400 en el taller de máquinas herramientas del Instituto Tecnológico de Celaya. Los temas que se comprenden en este artículo son: anclaje, calibración y puesta en operación de los robots ABB IRB 6400. También se abordan temas sobre la configuración de las entradas y salidas digitales y comunicación serial de los robots. Como productos del desarrollo del proyecto se generó un manual básico de operación y rehabilitación de robots y un manual de con prácticas básicas para aprender a operarlos [1]. Todo con la finalidad que los estudiantes realicen proyectos de aplicaciones industriales como *Roll Hemming* [2] o también desarrollar prácticas sobre rehabilitación, instalación o diseño

de estaciones tipo industrial dentro del Instituto como actualmente se encuentran realizando.

Palabra(s) Clave(s): Comunicación Serial, Calibración, Operación, Robot.

1. Introducción

En el año 2013 el departamento de ingeniería mecánica del Instituto Tecnológico de Celaya obtuvo tres brazos robóticos ABB IRB 6400 por una donación de la empresa Hirotec S.A. C.V, los cuales se mantuvieron inicialmente inhabilitados en el taller de máquinas herramientas del Instituto (ver Fig. 1).



Fig. 1. Robots ABB en el taller de máquinas herramientas.

Para la manipulación de los brazos robóticos la única información que se poseía son los tres manuales [3-5] de operación que suministra el fabricante. La desventaja que presentaba tener estos tres manuales es la forma en que dan solución a la mayoría de los problemas lo cual requiere seguir instrucciones que requieren consultar un manual, posteriormente consultar otro manual y después regresar a otro manual. Además no cuenta con fotografías reales del modelo de los brazos robóticos ABB IRB 6400.

El tener los brazos robóticos sin funcionar implicaba que los estudiantes perdieran la oportunidad de desarrollar proyectos a un nivel práctico alto y generar implementaciones para de resolver necesidades industriales reales. Por estas razones se decidió rehabilitarlos y crear un manual operación, con el fin de que los estudiantes puedan realizar prácticas, aprendan a programarlos y realizar pruebas pilotos de procesos industriales. Además, el no realizar la rehabilitación de los brazos inmediatamente provocaría que se deterioraran y requirieran asesoría especializada para lograr hacerlos funcionar, lo cual generaría un alto costo monetario.

El realizar la rehabilitación de los brazo robóticos se consideraron algunos aspectos como la capacidad de la red eléctrica para poder realizar las pruebas y estos no demandaran más corriente de la pudiera soportar ya que la red eléctrica utilizada pertenece a la de las maquinas CNC que se encuentran en el taller. Otro factor importante fue la limitante de área de trabajo con la que se cuenta, debido a que se necesitan 2 metros de radio para la operación de los robots totalmente despejados.

2. Desarrollo

El proceso de rehabilitación de cada brazo consistió en seguir los pasos del diagrama de flujo (ver Fig. 2) creado a partir de la recopilación de información de antecedentes del proyecto llegando a la conclusión de que se debía realizar solamente instalación o reinstalación del software principal ya que la parte mecánica funcionaba correctamente y además realizar reparaciones menores en las conexiones eléctricas.

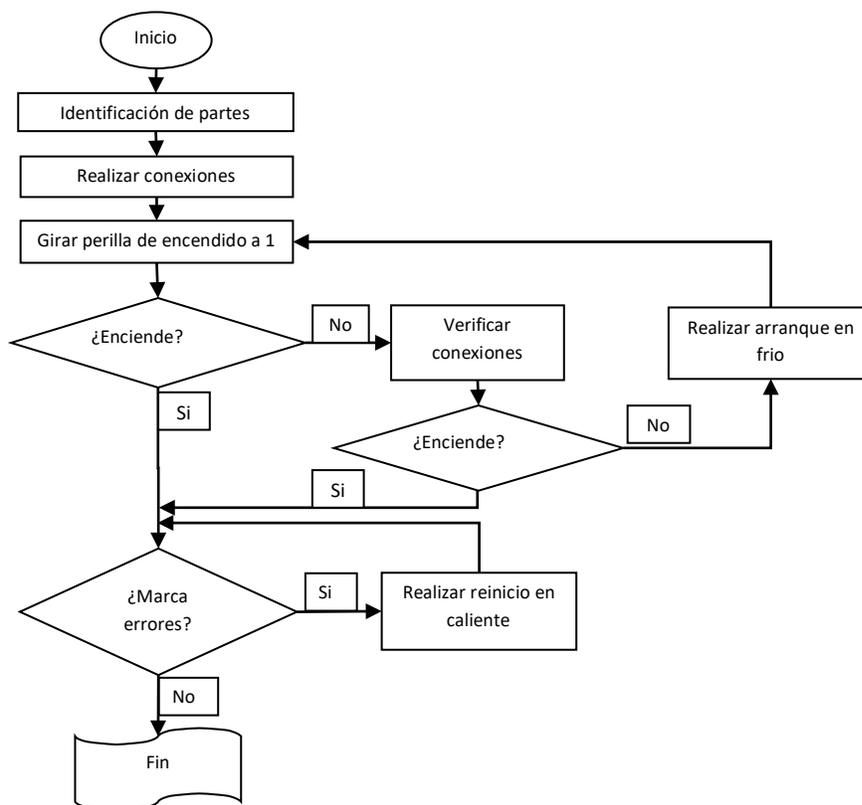


Fig. 2. Diagrama para la puesta en operación de los robots.

Lo primero que se consideró para la realización del proyecto fue el reconocimiento y agrupación las partes principales de los robots para verificar el estado físico de cada una y determinar que los brazos robóticos se encontraban completos. Estos robots se componen de un manipulador y un contralor (ver Fig. 3). El manipulador toda estructura mecánica que se manipula y es comúnmente conocido como brazo robótico. El controlador es básicamente la computadora del robot y en él se encuentran los puertos de comunicación y puertos de señales de entrada y salida digital, en él también se conectan periféricos como la botonera de mando [6] o comúnmente llamada *Teach Pendant* (dispositivo que muestra la interfaz para manipular el robot) y el panel del operador donde se controla el modo de operación del manipulador.

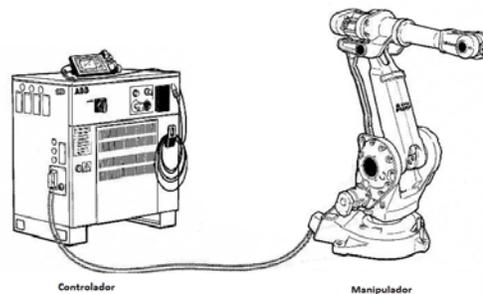


Fig. 2. Partes principales del robot.

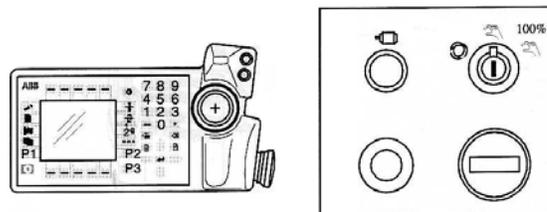


Fig. 3. Teach Pendant (izquierda) y panel del operador (derecha).

Habiendo identificado las partes se realizaron las conexiones pertinentes de todas las partes. Durante la inspección de las conexiones se encontraron varias averías tales como: falta de cables de alimentación, conexiones incompletas y cables dañados (ver Fig. 4). Todos estos problemas fueron reparados con los diagramas del manual del fabricante [5].

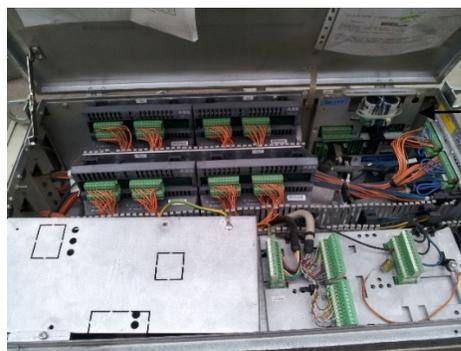


Fig. 4. Cables dañados.

Para la puesta en operación de los robots se realizaron dos procesos de encendido: Arranque en frío y Reinicio en caliente. El primero se le realizó al robot, el cual al girar la perilla de encendido nunca encendía ni mostraba nada en su *Teach Pendant*. El reinicio en caliente se le aplicó al robot que encendía pero mostraba un error fatal en su *Teach Pendant*.

El proceso de arranque en frío consiste en instalar el sistema operativo principal con el que trabajan los manipuladores (en este caso *BaseWare 3.0*), realizar este procedimiento implica la instalación total del sistema operativo para que este pueda iniciar. Con el siguiente procedimiento se realiza el arranque en frío:

1. Desconectar el controlador de la red eléctrica, presionar el paro de emergencia del Panel del operador y del *Teach Pendant*.
2. Desconectar las baterías de la ROM durante 5 min ubicadas en el compartimiento superior del controlador (ver Fig. 5).



Baterías

Fig. 5. Compartimiento superior del controlador.

3. Conectar el conectar el controlador a la red eléctrica y encenderlo girando la perilla de encendido a 1 (ver Fig.6).



Fig. 6. Perilla de encendido.

4. En la pantalla del *Teach Pendant* se mostrará un mensaje especificando insertar el Disco Flexible "key" con el número de serie correspondiente al controlador (ver Fig. 7) en la Unidad de disco.



Fig. 7. Números de serie.

5. Posteriormente el controlador pedirá que se inserten los diferentes discos de instalación del BaseWare 3.0.
6. Cuando indique el modo de instalación se mostraran tres opciones: *Silent* (instalación rapida), *AddOpt* (instalación personalizada) y *Query* (instalación con archivos de respaldo)

Seleccionar *Silent* en caso de no tener respaldos del manipulador.

7. En tipo de *DC link* seleccionar *DC2* que es en función del modelo del controlador.
8. El manipulador se reiniciará automáticamente y encenderá normalmente.

Después de un arranque en frio, el controlador puede presentar algunos errores tales como:

- Baterías de respaldo descargadas: Esto se soluciona dejando prendido el controlador 36 horas continuas.

- Ejes no encontrados: Hay que calibrar el manipulador.
- Error fatal: Para solucionar esto se necesita hacer un reinicio caliente.

El proceso de un reinicio en caliente consiste en reinstalar el sistema operativo del controlador, básicamente repara librerías y funciones instalando parcialmente el sistema operativo. Con el siguiente procedimiento se realiza el reinicio en caliente:

1. En el *Teach Pendant* seguir la siguiente dirección:

Menú de otras ventanas > *Service* > *File* > *Restart*

2. Posteriormente se mostrará una ventana de emergencia, indicando que el controlador se reiniciará, presionar la clave 134679 y si se ingresa correctamente el botón de *OK* cambiará a *C-START*.
3. El controlador se reiniciará y pedirá el Disco Flexible *key*. A partir de aquí seguir del punto 5 del arranque frío.

Una vez que se aseguró el encendió correcto de los brazos, se prosiguió al anclaje de uno de ellos para realizar pruebas de programas y movimientos de los manipuladores, el realizar pruebas sin anclaje podría causar accidentes debido los movimientos como causar una volcadura por la inercia. Se eligió el único robot que su base se podía nivelar para fijar la correctamente al suelo.

El procedimiento de anclaje consistió en lo siguiente:

1. Se movió el manipulador hacia la posición deseada donde quedaría anclado.
2. Se marcaron los orificios en el suelo respecto a los que cuenta la base.
3. Se taladró el suelo, primero con una broca de menor espesor a la de los tornillos y posteriormente con la broca correspondiente al espesor de los taquetes de los tornillos de anclaje.
4. Se incrustaron en los orificios los taquetes para reforzar el anclaje (ver Fig. 8).



Fig 8. Taquete.

5. Se trasladó el manipulador a su posición final, se ancló con tornillos de 1/2 por 3 pulgadas.

Lo primero que se le realizó a los robots después instalar o reinstalar su sistema operativo fue calibrarlos debido a que su ventana de movimientos no muestra posiciones de las articulaciones del manipulador y el controlador no puede realizar los cálculos matemáticos pertinentes para generar los movimientos de las articulaciones (ver Fig. 9).

Fig. 9. Ventana de movimiento libre.

El procedimiento para realizar la calibración de los manipuladores es el siguiente:

1. Mover las articulaciones del robot hasta ubicarlas en sus marcas de calibración desde la ventana de movimiento libre en el *Teach Pendant* (ver Fig. 10).



Fig. 10. Joint 5 posicionado en su marca de calibración.

2. En el *Teach Pendant* seguir la siguiente ruta:

Menú de otras ventanas > *Service* > *View* > *Calibration* > *Fine Calibrate*

3. En la ventana de *Fine Calibrate* (ver Fig. 11) se deben incluir o marcar los ejes que se encuentran en sus marcas de calibración. Esto puede hacerse un eje a la vez o todos al mismo tiempo.

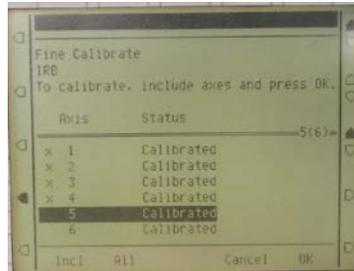


Fig. 11. Ventana *Fine Calibrate*.

4. Habiendo seleccionado los ejes a calibrar, presionar *OK*. Después de unos segundos el *Teach Pendant* deberá mostrar una ventana con el mensaje "*Synchronized*".

Después de realizar la calibración de los robots se prosiguió a configurar los módulos de entradas y salidas digitales ya que estos no se encuentran dados de alta en el sistema. Para esto realizó el siguiente procedimiento.

1. En el *Teach Pendant* se siguió la siguiente ruta:
Tecla otras ventanas > *System Parameters* > *IO signals* > *Types* > *Unit*
2. En la ventana de *Unit* se seleccionó *Add* para agregar y configurar el módulo.
3. La ventana de configuración se llenó con los datos del manual [3].
4. Después que se agregaron todos los módulos se reinició el manipulador.

Menú otras ventanas > Service > Restart

Posterior al reinicio del manipulador, se dieron de alta cada una de las entradas y salidas digitales para poder identificarlas y utilizarlas en los programas.

El puerto de comunicación serial con el que cuentan los robots se configuran automáticamente con la instalación o reinstalación de su sistema operativo por lo que no requirió que se le modificara ningún parámetro, para acceder a la configuración debe seguirse la siguiente ruta:

Tecla otras ventanas > *System Parameters* > *Communication* > (*seleccionar el canal**)

*Sio1: para comunicación rs232 y Sio2: para comunicación rs485.

Después a las actividades anteriores se desarrolló un programa en *LabVIEW*, pues es uno de los software que brinda una interfaz muy intuitiva para el desarrollo de programas de control [7]. La función principal de programa en *LabVIEW* es manipular tres articulaciones del robot desde la computadora. También se creó otro programa en el manipulador que interpretara los datos que son enviados desde la PC el lenguaje RAPID [4] y ejecute los movimientos. La finalidad de esto es dejar una base teórica-práctica sobre la utilización de este puerto La lógica del programa desarrollado en el robot es la del diagrama de flujo (ver Fig. 12).

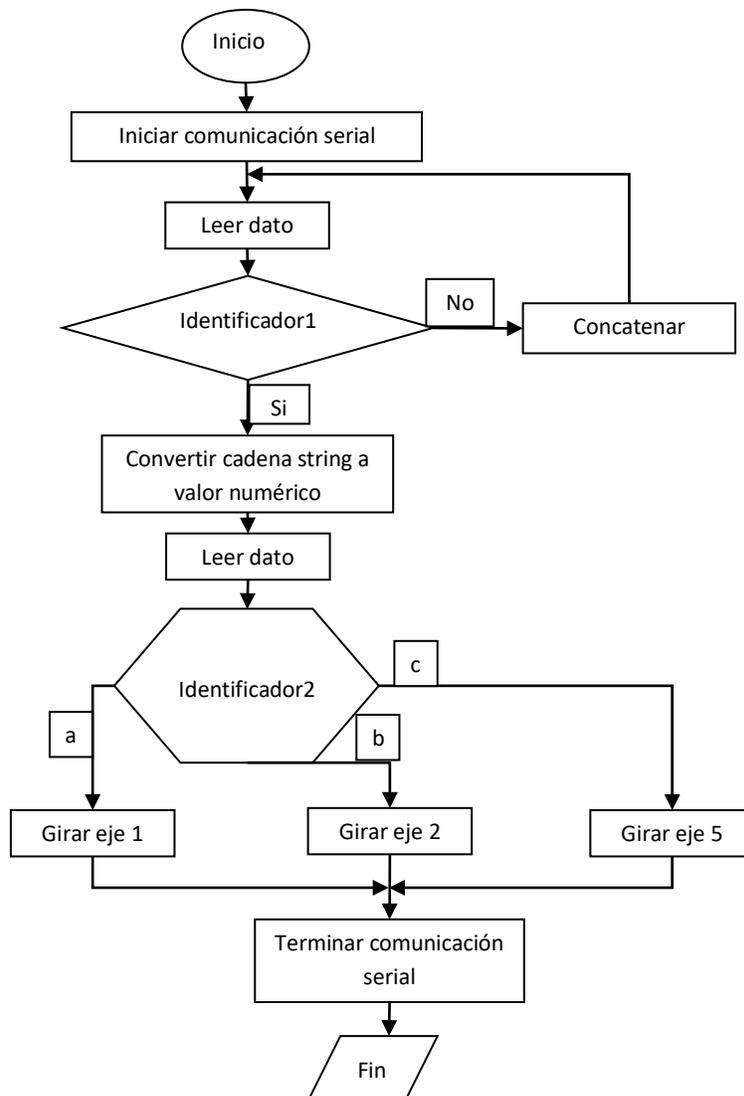


Fig. 13. Diagrama de flujo para programa en robot.

Después de realizar las correspondientes soluciones a los problemas presentados como la reprogramación de los robots para su puesta en operación, el *Teach Pendant* de cada controlador mostró la siguiente información en su pantalla (ver Fig. 14). Los errores mostrados son básicos y se puede solucionar de manera sencilla como por ejemplo el error 38001 que se soluciona dejando prendido el controlador del manipulador 36 horas continuas para que las baterías de respaldo se carguen.

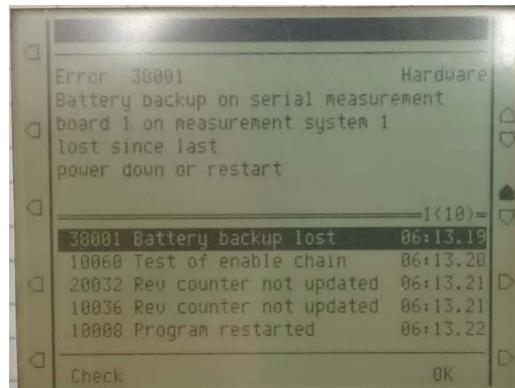


Fig. 14. Pantalla de inicio en el *Teach Pendant*.

Los errores 20032 y 10036 hacen referencia a la falta de calibración del manipulador, el cual después de calibrarlo muestra ya las posiciones de las articulaciones (ver Fig. 15).

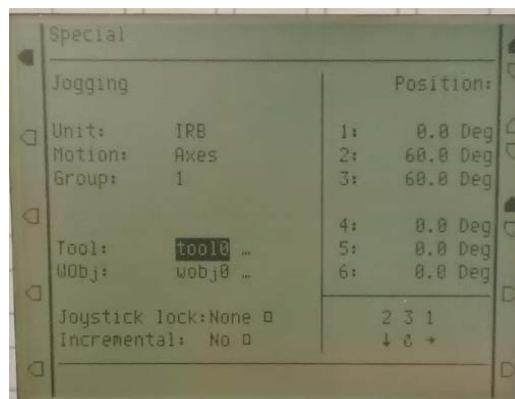


Fig. 15. Robot calibrado correctamente.

Para corroborar el funcionamiento del módulo de entradas y salidas se simuló el accionamiento de las salidas digitales (ver Fig. 16) desde la ventana de monitoreo de entradas y salidas en *Teach Pendant*.



Fig. 16. Entradas y salidas digitales activadas.

3. Resultados

Se realizó un programa sencillo pero eficiente para el control de tres articulaciones en LabVIEW (ver Fig. 17). Este programa solo envía datos por el puerto serial de la posición en grados y la articulación a mover comprobando así el correcto funcionamiento del manipulador al haber realizado su rehabilitación. El utilizar todas las articulaciones (seis) podría causar accidentes ya que no se cuenta el volumen de área de trabajo mínima.

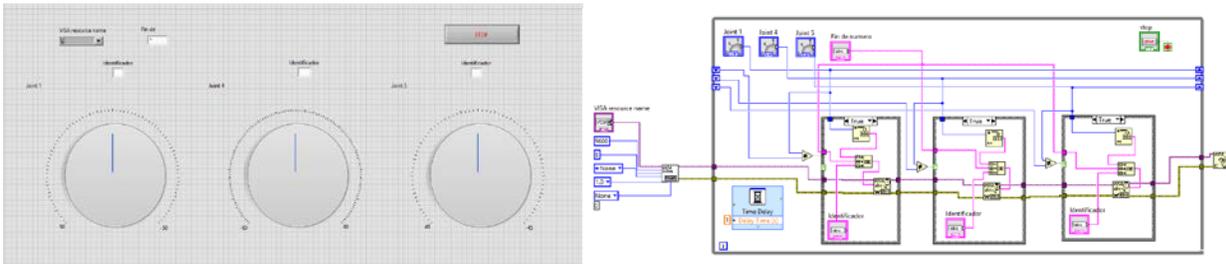


Fig. 17. Programa en LabVIEW.

Con la creación de los manuales de operación y prácticas [1], los alumnos de maestría de Ingeniería Mecánica continuaron sus proyectos de *Roll Hemming* [2] de manera práctica (ver Fig. 18).



Fig. 19. Robots ABB en el proceso de *Roll Hemming*.

5. Conclusiones

Con el logro de los objetivos de este proyecto el Instituto Tecnológico de Celaya cuenta con una estación de tres robots ABB IRB 6400 funcionando correctamente. El desarrollo del proyecto presentó retos importantes considerando que no se contaba con capacitación previa para el manejo de los manipuladores ABB IRB 6400. Sin embargo, se cumplió el objetivo principal de rehabilitar y documentar la operación de los brazos robóticos para asistir a los alumnos en futuros proyectos. Para realizar la rehabilitación no fue necesario la asesoría especializada.

Para aprovechar al máximo el manejo de los robots, los manipuladores deben subirse a una altura de 2 metros máximo sobre el suelo para alcanzar su máximo volumen de trabajo (ver Fig. 20). Muchas dificultades para trabajar con los brazos robóticos es la de tener una área de trabajo muy limitada.

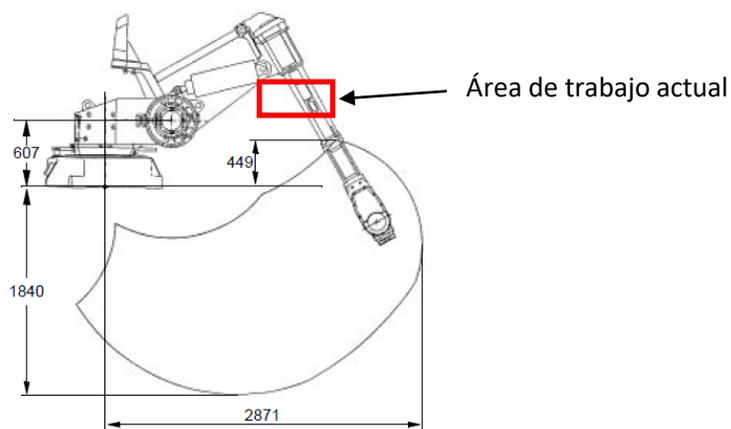


Fig. 20. Área de trabajo limitada.

Un factor importante a considerar para la creación de interfaces de PC para el control de robots robustos como el ABB IRB 6400 es la velocidad de repuesta del manipulador para realizar los movimientos. Con las pruebas realizadas con la interfaz creada se detectó un retraso de 500 milisegundos que se debe al accionamiento de los controladores de motores de las articulaciones, el cual puede generar accidentes en movimientos verticales del efector final ya que puede chocar con el suelo si no se detiene segundos antes.

6. Referencias

- [1] J. R. Carreon Villal. Tesis “Diseño y operación de una estación robótica tipo industrial”. Instituto Tecnológico de Celaya. 2014. Pag. 38-105.
- [2] S. Cacique Borrego. G. Capilla González. I. Aguilera Navarrete. B. Arroyo Ramírez. H. Orozco mendoza. “Metodología para el análisis del proceso de engargolado por rodillo en probeta especializada”. Memorias del XIX Congreso Internacional Anual de la SOMIM. 2013. Pag. 818.
- [3] User’s Guide. ABB Robotics Products AB. Suecia. 1993.
- [4] RAPID Reference Manual. ABB Robotics Products AB. Suecia. 1993.
- [5] Product Manual IRB 6400. ABB Robotics Products AB. Suecia. 1993.
- [6] J. F. Ospina Duque. V. A. Velez Duque. “Documentación y programación de prácticas de brazo robótico de la celda de manufactura flexible de la UTP.” Universidad Tecnológica de Pereira. 2007. Pag. 24.
- [7] Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW. www.ni.com. Octubre 2014.