



# Construcción de un sistema de lectura del movimiento mecánico humano para su réplica ajustada a un prototipo de brazo robótico

*Brazo robótico*

Movimiento mecánico

*Brazo robótico*

Movimiento mecánico

*Brazo robótico*

Movimiento mecánico

Rolando Daniel Gutiérrez Ortega\*

Carlos Hernández Rodríguez =

\* Ingeniero en Mecatrónica, autor de la Tesis

= Doctor en Educación, director de la Tesis





**SUMARIO: 1. Resumen/Abstract; 2. Introducción 3. Antecedentes del proyecto; 4. Estudio de factibilidad; 5. Estándares de brazos robóticos; 6. Método de lectura de movimiento mecánicos-humanos; 7. Movimiento estándar del brazo humano; 8. Acelerómetros; 9. Componentes del sistema; 10. Diagramas de bloqueo del sistema; 11. Conclusión; 12. Fuentes de consulta.**

## **1. RESUMEN**

Este trabajo basado en la investigación denominada “Construcción de un sistema de lectura del movimiento mecánico-humano para la réplica ajustada a un prototipo de brazo robot” contiene 2 líneas de investigación que son: mecánico y computacional.

En el lado computacional, se empleó en la programación del sistema que es requerida para la lectura del movimiento humano, recolección de datos, traducción de los mismos y el ajuste de la información para que sea aplicada en el prototipo del brazo robot.

El mecánico, se define por la comprensión del movimiento mecánico del brazo robot y del brazo humano, es decir, se analizara las fuerzas cinéticas de cada uno.

El avance de la ciencia y tecnología ha permitido el diseño y desarrollo de prótesis de brazos y piernas (totales o parciales) para persona que por diversas razones han tenido que hacer uso de ellas; además, estas prótesis cada vez tienen mayor movimiento y control.

Este proyecto puede significar una gran aportación en el campo de la tecnología, por su aplicación en beneficio de la sociedad y sobre todo de aquellas personas que buscan un movimiento casi real en una prótesis del tipo brazo o pierna robot.

**PALABRAS CLAVES:** Brazo Robot, Sistema de lectura y Movimiento Mecánico.

## **ABSTRACT**

This Project is named “To build a lecture of movement system of a bio-mechanical to replicate in a prototype of a robot arm” that is why two lines of research have been used: the mechanical and the computer one.

For the computer one, the programming system is required to read the movement of the human side, also to get out all the data, translation of them and to adjust the information to be applied to the prototype of the robot arm.

By the side of the mechanical theory, it is defined by the comprehension of the mechanical movement of the robot arm and the human arm, by means the analysis of the kinetic forces of each one of them.





The science advance and technology has permitted the design and development of prosthetics of arms and legs (full and partials) to human beings that for several reasons have to use them. Besides, this prosthesis has more movement and control each time.

This Project could be a great addition in the technological field. It could benefit people that search a movement almost real in a prosthesis part like an arm or a robot leg.

**KEYWORDS:** Robot arm, lecture system and mechanical movement.

## 2. INTRODUCCIÓN

El presente artículo es una síntesis de la tesis denominada “Construcción de un sistema de lectura del movimiento mecánico humano para su réplica ajustada a un prototipo de brazo robótico”, el cual fue un proyecto educativo para obtener el grado de Licenciatura en Mecatrónica, en la actualidad existe una problemática real referente a las deficiencias que existen para obtener una lectura del movimiento humano sin limitar el movimiento en ningún sentido y la amplificación o afinación del mismo.

En este artículo se presentan básicamente los resultados ante las necesidades de encontrar una nueva lectura del movimiento humano, ya que en la actualidad solo son por exoesqueletos montados en el cuerpo y/o sensores para que una cámara de video pueda tomar la información.

Se plantea un nuevo sistema que le permita al usuario moverse con facilidad y empezar una línea de investigación que permita continuar con este proyecto hasta llegar a beneficiar a las personas con problemas motrices y un beneficio en la industrial.

La pregunta eje del proyecto de titulación fue: ¿Cómo diseñar un sistema de lectura de movimiento mecánico humano para su réplica ajustada a un prototipo de brazo robótico?

El objetivo general fue: “Diseñar un sistema de lectura de movimiento mecánico humano para su réplica ajustada en un brazo robótico”.

Este proyecto genera la oportunidad de diseñar una línea de investigación para futuros investigadores en diversas especializaciones ya que sienta las bases de datos con su almacenaje de información y la forma de como leer y producir ese movimiento en un brazo robótico, con la intención de proporcionar la posibilidad de mejorar la calidad de vida de diversas personas con problemas motrices y/o mejorando el desempeño que tienen los trabajadores en la industria.

## 3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La recopilación de datos y el procesamiento computacional del movimiento humano data desde los años 1990's con la rama de la robótica llamada Animatronic. Donde la potencia de análisis de movimiento y procesamiento del mismo se incrementó exponencialmente gracias a compañías como Pixar, Custom Entertainment y Disney Entertainment: sin embargo, el equipo para capturar los datos se ha limitado a videocámaras, trajes especiales con sensores para su toma en video y en cuartos con equipo e iluminación determinada.





Entre los años 2000 al 2010 se generaron nuevas propuestas para la recopilación del movimiento mecánico-humano en dispositivos que se integran al brazo humano del tipo exoesqueleto para detectar el movimiento del usuario y después transmitirlos a un dispositivo robótico, su uso es muy limitado en diferentes áreas por su inflexibilidad y falta de integración de la interfaz del usuario más natural.

Así mismo, otro problema detectado es la falta de ajustes de movimientos, que no se ha aplicado en gran escala, es decir en prototipos y robots que toman la información del movimiento del usuario y transmiten al robot, solo se hacen réplicas de movimiento 1:1, sin observar un gran área de necesidad de amplificación y/o afinación del movimiento como en las áreas de rehabilitación humana, cirugía, industrial y de construcción.

En este proyecto se usó acelerómetros en cada articulación integrados al brazo para obtener información (el espacio encontrado en un plano cartesiano de 3 dimensiones por cada acelerómetro aplicado), para así obtener un mapeo específico, como la posición de las partes del brazo humano, lo cual con un procesamiento proporcionó una comparación entre el brazo humano y el robótico para ajustar la extremidad artificial a la posición deseada que se dará gracias al poder de la tarjeta madre adecuada para el trabajo.

Por otro lado, el movimiento humano está lejos de ser perfecto y aún más el robótico, ya que por el lado biológico existe la diferencia del poder muscular, neuronal e imprecisión, mientras que en el lado artificial está la necesidad del programa de rutina al igual que limitaciones para responder al entorno físico.

La respuesta es el poder mecánico, la precisión que solo las máquinas tienen y la inteligencia del humano para comprender y analizar su entorno. Esto motivó el desarrollo de este proyecto, que podrá brindar beneficios en diferentes áreas: industrial, construcción y médicas, que están siendo limitadas por el control que tienen sus interfaces.

El poder integrar el movimiento natural humano a un dispositivo artificial conlleva una inmensa oportunidad, ya que agregando el movimiento ajustado dará un amplio margen de oportunidades, y traerá grandes beneficios en las áreas ya mencionadas, por otro lado se incursionó en el área de recolección de datos de movimiento humano transmitidos a un dispositivo robótico, área que no ha sido aprovechada totalmente.

Habiendo analizado las problemáticas y ventajas del análisis del movimiento humano para poder replicarlo en una extremidad robótica y establecer las causas que ameritan un nuevo sistema, fue necesario realizar un estudio de factibilidad para determinar la capacidad técnica que implica la implantación del sistema en cuestión.

#### **4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

##### **a) Análisis técnico**

En el hardware se implementó una mayor tarjeta de procesamiento, con lectura del movimiento e integración con el brazo humano.





- Tarjeta de control Arduino Mega 328 R3
- Acelerómetros tres ejes (X, Y , Z)
- Bandas

La tarjeta de control Arduino Mega 328 R3 cuenta con 15 entradas de control analógicos en paralelo y 13 controladores PWM esto quiere decir que el control de cada ángulo de movimiento del brazo robot puede ser generada por la tarjeta y cada lectura de ángulo del brazo humano puede ser captada a tiempo real y no analizada individualmente, además de un rápido procesamiento de 16 MHz con su microcontrolador integrado "ATmega328" (www.arduino.cc)

Acelerómetros de tres ejes (X,Y,Z) tiene la capacidad de procesar el posicionamiento cartesiano de la extremidad ya que tiene una lectura cúbica y no lineal, además de un control de aceleramiento, que nos dará una lectura más precisa del fenómeno mecánico realizado por la persona.

Las bandas, serán impuestas para contener los acelerómetros con apenas un cable tipo bus que nos brindara el traspaso de información y alimentación de los mismos, esto dará una mayor facilidad de integración con el brazo humano y la sensación libre de movimiento.

En conclusión con la factibilidad técnica se verá demostrada con la mejora que da la tecnología actualmente presente y una integración mejorada con la extremidad humana.

El **Software** que utiliza "Sistema del brazo por servos" es en base en C++ y el programa llamado Lenguaje Mikro C es una gran herramienta para trabajar además que utiliza un pequeño simulador de control, excelente para las pruebas, mas no es específico para el pic que se utiliza a lo cual la herramienta a trabajar no es fácil de programar y puede contener bugs en el sistema.

Con el software Arduino de lenguaje Arduino C en base C++ que está hecho específicamente para dicha tarjeta que reduce los bugs en el sistema se pueden tener un mejor nivel de procesamiento bajo software y la facilidad de integrar la información con un equipo de cómputo personal para observar el funcionamiento de cada acelerómetro en una pantalla de computadora.

### b) Análisis económico

Componente	Costo
Tarjeta Arduino Mega 328 R3	950.00 Pesos
3 Acelerómetros XYZ	1050.00 Pesos





Bandas	200.00 Pesos
Otros componentes	2000.00 Pesos
Software de programación Arduino C	Open Source
Total	4200.00 Pesos

Tabla 1. Costo de proyecto propuesto

El costo, como se puede observar no es elevado, especialmente por la facilidad del software de programación que es libre para el público, así que cada costo se limita a los componentes del hardware.

Esto conlleva a un factor beneficio monetario ya que los recursos provienen de una empresa dedicada al suministro de componentes electrónicos con lo cual se facilita cualquier reposición o adquisición del componente deseado.

### c) Análisis operativo

Este tema nos permite predecir, (si se pusiera en marcha la solución propuesta), a todos los usuarios involucrados con el mismo, ya sean que interactúen en forma directa con este, como también aquellos que reciban la agilidad del uso por la propuesta.

Con el uso del control ajustado del movimiento se obtienen grandes beneficios en diferentes áreas, por ejemplo la pérdida de un control motriz de la persona ayudándolo en la vida cotidiana como la amplificación de fuerza aplicada a un objeto.

Esta propuesta traerá beneficios a las personas con síndromes musculares y de control tanto en personas con párkinson (por el hecho de los temblores que se obtienen en las extremidades por la enfermedad) y las personas con deterioro muscular, este sistema ignorara cualquier anomalía obedeciendo el movimiento adecuado del brazo ampliando su movimiento, es decir si el usuario apenas puede mover su brazo centímetros, se puede dar al prototipo un movimiento ajustado 1: 5.

Pasando a otra área, la factibilidad que se obtiene en áreas industriales o de construcción es la aplicación de fuerza, es decir mientras que el usuario le costaría cargar 40 kg\*, el sistema puede cargar 70 kg\* (este punto se hace válido con las modificaciones del brazo robot).

El beneficio del movimiento ajustado conlleva una gran ramificación de beneficios que bajo pequeñas modificaciones de software se puede ajustar a cualquier necesidad requerida.





## 5. ESTÁNDARES DE BRAZOS ROBÓTICOS

Existen ciertas dificultades a la hora de establecer un sistema euro-americano de lo que es un robot y lo que es un manipulador. Mientras que para los japoneses un robot industrial es cualquier dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles destinado a la manipulación, el mercado occidental es más restrictivo, exigiendo una mayor complejidad, sobre todo en lo relativo al control. En segundo lugar, y centrándose ya en el concepto occidental, aunque existe una idea común acerca de lo que es un robot industrial, no es fácil ponerse de acuerdo a la hora de establecer una definición formal. Además, la evolución de la robótica ha ido obligando a diferentes actualizaciones de su definición una definición formal de lo que es un robot industrial.

La Asociación de Industrias Robóticas (RIA) lo define como “*Un **robot industrial** es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.*” (<http://www.robotics.org/>)

En esta investigación solo se hablará de los brazos manipuladores donde la RIA los define como “*manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material*”

A lo cual tienen 3 formas de control que son:

- **Manual:** Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.
- **De secuencia fija:** cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.
- **De secuencia variable:** Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

En lo ya mencionado existe una gran variedad de brazos manipuladores industriales a lo cual optaremos por la definición de ellos sólo analizando el tipo de control que tienen los industriales y el brazo robot de cirugías Da Vinci SI.

La tecnología que tienen los brazos robots en sus diferentes áreas en la actualidad es muy elevada ya que tras cada uno de ellos existen un grupo de ingenieros que aportaron a su planeación y creación.

El factor común entre los brazos, es la necesidad de la precisión, su alta respuesta y la inteligencia de responder a los comandos, la necesidad de un panel de control es lo que se puede mejorar.





## 6. MÉTODOS DE LECTURA DE MOVIMIENTOS MECÁNICOS-HUMANOS

La recopilación de datos del movimiento humano data desde los años 90's del siglo pasado con la rama llamada Animatronic donde la potencia computacional incrementó exponencialmente gracias a compañías como pixar, custom entertainment y Disney entertainment sin embargo se ha limitado en la captura de movimiento bajo cámaras y sensores sólo los dispositivos ópticos pueden recopilar esa información la cual limita esos sistemas a cuartos cerrados, con control de luminosidad y procesadores poderosos para poder tomar esa información. (<http://www.animatronics.org/>)

En la actualidad uno de los pioneros en la rama de captura de movimiento por cámaras es la UIB que sus siglas significan "Universidad Itles Balears" donde su grupo investigador de Unidades gráficas y visión por ordenador ha desarrollado un sistema informático capaz de capturar los movimientos de los atletas y/o discapacitados y generar videos reales y sintéticos que permiten estudiar con gran precisión el movimiento y gestos realizados para después llevar una réplica de movimiento a una prótesis robótica.

En la página tecnológica de UIB se habla sobre la descripción técnica donde se hará un breve resumen de la misma:

La captura del movimiento humano se realiza utilizando cuatro cámaras de color sincronizadas entre ellas y conectadas a dos ordenadores a través de una red. El deportista y/o discapacitado realiza los gestos dentro del área de captura con un fondo homogéneo. Una vez finalizados sus movimientos los ordenadores almacenan la información que han capturado las cámaras para su posterior tratamiento. Después de realizar la captura se pueden llevar a cabo estudios y análisis sobre los movimientos con la finalidad de mejorarlos. (<http://tecnologiauib.com>)

También se descubren cuáles son los puntos débiles para poder construir **prótesis** que ayuden al discapacitado a realizar movimientos que de otra manera no es capaz de realizar correctamente. Esta captura es la base para poder estudiar: centros de masas, fuerzas, medidas antropométricas, etc.

Cuando se ha finalizado el proceso de captura se reconstruyen los movimientos mediante la creación de un vídeo sintético. Esto se lleva a cabo con un software específico propio: FLASH EDITOR

Entonces analizando eso describo cual es la innovación tecnológica de la UIB: Con el sistema implementado por la UIB se pueden capturar y analizar movimientos que el ojo humano no puede percibir. La idea innovadora de este sistema es que permite reconstruir vídeos sintéticos sustituyendo al discapacitado o deportista por una representación virtual del mismo. El sistema utiliza cámaras de última tecnología para capturar los movimientos. En la Comunidad Europea existen algunas empresas que ofrecen este tipo de sistemas a precios muy elevados.

Pasando a la lectura del movimiento por un exoesqueleto interviene la empresa Loop de animation, donde tienen el proyecto llamado EXOCAP hecho por los ingenieros electrónicos Mauricio Gonzalez, John Nicholas Anzola y el ingeniero en sistemas Daniel Barrero.

En el proyecto "EXOCAP" utilizan exoesqueletos electromecánicos donde es una interfaz de carácter electromecánico que traduce en señales eléctricas el movimiento de cuerpo como codos, rodillas, dedos, posición en el espacio o incluso la pulsación de diferentes formas de interruptores para interactividad de tiempo real. Estas señales son convertidas





a formato digital por medio de conversores analógicos/digital los cuales la computadora interpreta como, ángulos, posiciones o señales de interacción pertenecientes a cada una de las partes del cuerpo.

La empresa que desarrolla EXOCAP hace un exoesqueleto de aluminio por ser un material blando y ligero, para proporcionarle al usuario un menor esfuerzo para cargarlo y trabajar con él , además de traductores de posición es decir sensores de rotación mecánicos y hardware basado en el chip de conversión analógicos a digital.

Como medio de lectura utilizan sensores con una rotación de 270 grados los cuales por una posición determinada entregan una señal la cual a través de conversores analógicos / digitales se puede convertir en un número equivalente al ángulo en el que se encuentra ubicada la articulación en un momento determinado.

## 7. MOVIMIENTO ESTÁNDAR DEL BRAZO HUMANO

El movimiento del cuerpo humano, se realiza en tres dimensiones: cada segmento del cuerpo va asumiendo posiciones y orientaciones en el espacio a medida que se realiza el movimiento. Sin embargo, la comprensión del movimiento es más simple si se realiza en dos dimensiones, proyectando el movimiento en un plano adecuado. (Daza, 2008)

Para poder describir la posición espacial de los segmentos del cuerpo humano se ha utilizado tradicionalmente un sistema de coordenadas cartesianas con origen en el centro de gravedad del cuerpo. Con frecuencia, los movimientos se nombran con respecto a los planos frontal, sagital y coronal.

Esta representación es muy adecuada para describir movimientos, como el de la marcha humana, que están prácticamente confinados a un plano. Sin embargo, no es suficiente y presenta inconsistencias cuando se intentan describir movimientos tridimensionales relativamente complejos.

En el caso particular de las extremidades superiores, la referencia de movimientos se define con respecto a una posición arbitraria, denominada posición anatómica, que corresponde a tener el brazo al costado del tórax con la palma de la mano hacia el frente. A partir de esta posición se identifican los movimientos de la cadena formada por los segmentos de la extremidad superior.

Se identifican algunos inconvenientes de esta representación de movimientos de la extremidad superior y se propone una modificación tanto en la posición de referencia (posición cero), como en la convención del movimiento.

Entonces tenemos que las cinco partes de un brazo humano están constituidas por el tórax, clavícula, húmero, antebrazo y mano. Se presenta la tabla 2 de definición de segmentos del modelo de brazo humano “Movimiento biomecánico: de la pierna hasta el brazo” por Rau G Disselhorst 2000





SEGMENTO	DEFINICIÓN
Tórax	Origen del sistema articulado
Clavícula	Desde la articulación externo-clavicular hasta la acromio-clavicular
Húmero	Desde la articulación gleno-humeral hasta la articulación de codo
Antebrazo	Desde el codo hasta la muñeca
Mano	A partir de la muñeca

Tabla 2. Definición de segmentos del modelo del brazo humano

Para una mejor visualización de los segmentos del brazo humano tenemos la imagen 1

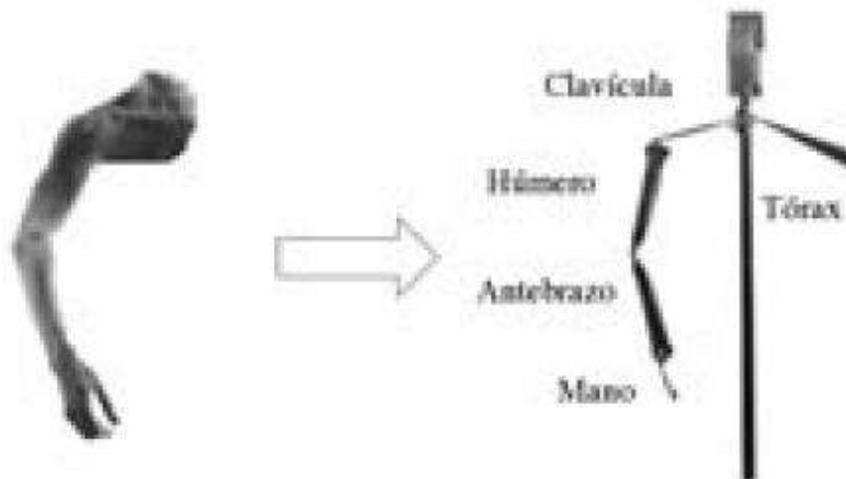


Imagen 1. Tomada del libro Movimiento biomecánico: de la pierna hasta el brazo” por Rau G Disselhorst 2000.

Con la imagen se observa que los segmentos se unen por medio de cuatro articulaciones que proveen un total de nueve grados de libertad.

A continuación del mismo autor se tomaron las imágenes de las articulaciones de cada segmento del brazo



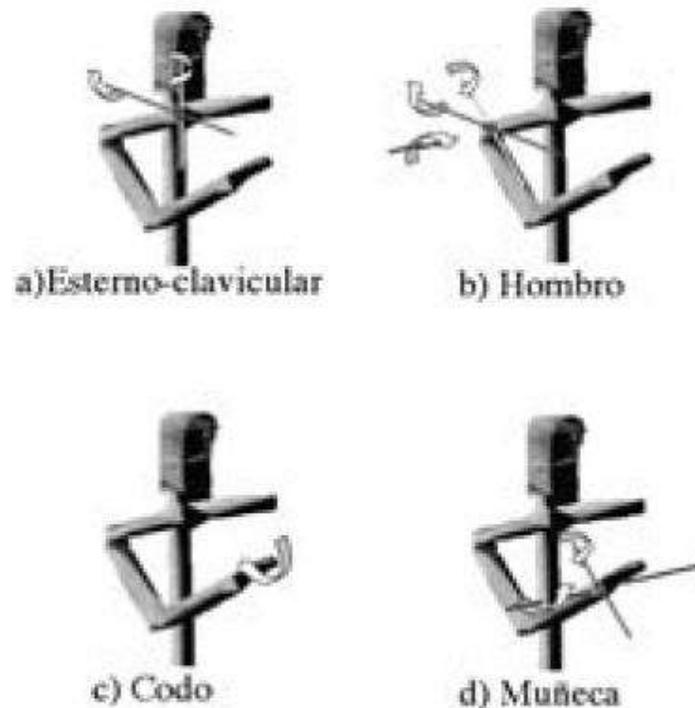


Imagen 2 Articulaciones del brazo humano

## 8. ACCELERÓMETROS

Empezando este tema es necesario definir lo que es aceleración y bajo definición se dice que la aceleración es una magnitud vectorial que indica el ritmo o tasa de cambio de la velocidad de un móvil por unidad de tiempo. En otras palabras, cuanta una rapidez que adquiere un objeto durante el transcurso de su movimiento, según una cantidad definida de tiempo.

Las técnicas convencionales para detectar y medir la aceleración se fundamenta en el primer principio descubierto por Newton y descritos en el Principio de Newton en 1687. La aceleración constante de una masa implica una fuerza  $F = m \cdot a$ , donde  $F$  es la fuerza,  $a$  es la aceleración y  $m$  es la masa. (Webster, 2006)

Considerando un sistema mecánico simple, que consiste en una masa fija  $m$ , con un muelle con una rigidez  $k$  (constante). Si la masa se desplaza una distancia  $x$ , la aceleración debida a la fuerza restauradora del muelle es  $F = k \cdot x$ . Substituyendo en la ecuación de Newton, encontramos que  $a = k \cdot x / m$  y podemos derivar la magnitud de la aceleración observando el desplazamiento  $x$  de la masa fija. (<http://biblioteca.pucp.edu.pe>)

Comprendiendo la definición de aceleración, ahora podemos pasar a definir lo que es un sensor tipo acelerómetro:

Un acelerómetro es un instrumento para medir la aceleración de un objeto al que va unido, lo hace midiendo respecto de una masa inercial interna. Los acelerómetros son sensores





inerciales que miden la segunda derivada de la posición a lo cual un acelerómetro mide la fuerza de inercia generada cuando una masa es afectada por un cambio de velocidad. (<http://bibing.us.es>)

Los acelerómetros trabajan bajo un mismo principio que es la aceleración o el cambio de la velocidad. La unidad de medida es:  $m/s^2$ , aunque podemos encontrarnos referencias de acelerómetros cuyo rango de actuación sea de varios g, donde g se define como  $1g = 9.8m/s^2$ .

La medida de la aceleración es muy utilizada gracias a las excelentes prestaciones de los sensores desarrollados para ser aplicados en sistemas de seguridad en automoción como en el caso del airbag, robótica, electrónica de consumo entre muchas otras aplicaciones.

Los primeros sensores de aceleración eran unos sistemas muy complejos y no muy fiables que se basaban en la medida de los desplazamientos de una masa inercial sujeta a la aceleración con resortes que contrarrestaban el efecto de la fuerza generada por la masa.

### **VISUAL STUDIO 2010**

Visual Basic 2010 es el software elegido para realizar la interfaz de muestreo de dato, forma parte de Microsoft Visual Studio que es un entorno de desarrollo integrado (IDE por su acrónimo en inglés) orientado a objetos para sistemas operativos Windows. Soporta diversos lenguajes de programación tales como Visual Basic, Visual C++, Visual C#, Visual F#, por mencionar algunos. (Mayo, 2010)

Visual Studio permite a los desarrolladores crear tanto aplicaciones, como sitios web o cualquier servicio web que soporte la plataforma .net. Así mismo se pueden llegar a crear aplicaciones que se comuniquen entre estaciones de trabajo, páginas web o dispositivos móviles.

El entorno IDE de Visual Studio consiste en un editor de código, un depurador, un compilador, y un constructor de interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en ingles), que es una forma de programar donde no es necesario escribir el código para desarrollar la parte gráfica del programa, sino que se puede realizar de forma visual. (Mayo, 2010: 22)

Las ventajas que proporciona son diversas ya que permite un rápido aprendizaje, integra el diseño y la implementación de formularios de Windows en una sola interface y permite utilizar con facilidad la plataforma Windows, ya que tiene acceso prácticamente total a las librerías del sistema operativo, además contiene los elementos necesarios para sincronizarse con la base de datos sin tener que trabajar mucho tiempo en ello.

### **MYSQL WORKBENCH**

MySQL Workbench es una herramienta visual de diseño de bases de datos que integra desarrollo de software, Administración de bases de datos, diseño de bases de datos, creación y mantenimiento para el sistema de base de datos MySQL. (Mirin, 2009)

Workbench es un programa el cual le permite al diseñador crear bases de datos en MySQL, ya que tiene una interfaz sencilla y amable, la cual permite dar los primeros pasos en este tipo de bases de datos sin mucha experiencia.





Las bases de datos deben tener propiedades específicas, en este proyecto se maneja una base de datos de tipo relacional. Los datos se representan en forma de tablas cada una de ellas cuenta con registros, que corresponden a una fila y cada columna en la tabla debe tener información específica, correspondiente a un campo dentro del registro.

Por ejemplo: Una columna que guarde fechas y hora debe tener en ella ese formato implícitamente para que se muestre y se pueda llenar automáticamente si el diseñador así lo desea.

Workbench permite colocar esta clase con facilidad y por eso fue la herramienta que se escogió para crear la tabla.

## WAMP

Wamp Server es la herramienta utilizada para conseguir que la computadora actúe como servidor. Es un software que incluye todas las herramientas necesarias para crear un servidor de forma rápida y sencilla, siempre y cuando se disponga de unas nociones básicas del funcionamiento de las aplicaciones que lo componen. En la Fig.2.8 se muestra como es el menú de operación del programa Wamp. (Aubry, 2008)

WampServer está formado por el acrónimo Wamp, dicho acrónimo procede de las iniciales de las herramientas que utiliza para crear el sistema de infraestructura Web:

- **W**indows, por el sistema operativo.
- **A**pache, es el servidor Web.
- **M**ySQL, sistema de gestión de bases de datos relacional.
- **P**HP Hypertext Pre-processor (Pre-procesador de hipertexto).

Cabe destacar que también es posible utilizar LampServer si el sistema operativo está basado en Linux o MampServer si el sistema operativo es Macintosh.

El uso de un Wamp permite servir paginas html mediante internet, además de permitir gestionar datos en ellas, al mismo tiempo un Wamp proporciona lenguajes de programación para desarrollar aplicaciones Web.

**Apache** es un servidor Web http de código abierto disponible en diferentes plataformas como por ejemplo Windows, Linux, Macintosh, por mencionar algunos. Es usado principalmente para enviar páginas web estáticas y dinámicas al World Wide Web. Muchas aplicaciones web están diseñadas asumiendo que serán implantadas en Apache o que utilizaran características propias de este servidor Web.

**MySQL** es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario muy utilizado en aplicaciones Web. SQL es un lenguaje declarativo de acceso a base de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en estas. Una de sus características es el manejo del algebra y el cálculo relacional permitiendo efectuar consultas con el fin de recuperar de una forma sencilla información de interés de una base de datos, así como hacer cambios sobre ella





## 9. COMPONENTES DEL SISTEMA

### SENSORES

Sensor tipo acelerómetro analógico MMA7361LA. Es un acelerómetro de 3 ejes es decir detecta movimiento en los ejes "X" ,"Y" y "Z" con una gran sensibilidad que se puede configurar a 1.5 g o 3 g (fuerza de gravedad) de rango máximo de lectura y nos despliega 800 mv por g de lectura. Además de ser de bajo consumo de energía, teniendo un consumo de corriente de 500uA y un modo sleep.

Este tipo de sensor es idóneo por sus dimensiones 28mm de longitud, 16mm de ancho y 1.6mm de grosor esto nos facilitara en la colocación de los sensores en bandas para el brazo humano y el brazo robótico.

### SENSOR ACELERÓMETRO MMA7361LA



### TARJETA DE DESARROLLO

La tarjeta de desarrollo que utilizare será la tarjeta Arduino Mega que es una placa micro controlador basada ATmeg1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 16 entradas analógicas, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reset.

Esta tarjeta arduino al tener 16 entradas analógicas proporciona la capacidad de tener todas las lecturas de los sensores al mismo tiempo, además al tener puertos seriales habilitados puedo tener la comunicación con la computadora en tiempo real, proporcionando la capacidad de hacer una base de datos al mismo tiempo que el sistema es usado.





## PLACA ARDUINO MEGA



## BANDAS PARA EL USUARIO

Las bandas para el usuario es donde los sensores estarán colocados, estas bandas están hechas de velcro para tener la facilidad de colocación del usuario, esto está diseñado así ya que permite que el usuario tenga un movimiento natural en su brazo y no afectar la lectura del mismo.

## MODELO DEL VELCRO UTILIZADO



## SERVOMOTORES

Los servomotores que se utilizaron para el modelo del brazo robótico son los GS-5515MG este modelo de servomotores tienen un torque de 15 kg\*cm a 6 volts de alimentación. Con una dimensión de 40.08 mm de largo, 20.1 mm de ancho y 38 mm de alto. La dimensiones





de servomotor y su torque satisface las necesidades básicas que tenemos para llevar una demostración de la captura del movimiento humano.



## WAMP SERVER

WampServer es la herramienta utilizada para conseguir que la computadora actúe como servidor. Es un software que incluye todas las herramientas necesarias para crear un servidor de forma rápida y sencilla, siempre y cuando se disponga de unas nociones básicas del funcionamiento de las aplicaciones que lo componen.

Se ha elegido WampServer por su fácil configuración y la capacidad de trabajar offline, así permitiendo que nuestro de trabajo pueda ser capaz de almacenar una base de datos.

## MYSQL WORKBENCH

Se realizó la base de datos en MySQL por que tiene características las cuales la hacen ideal para su uso en este proyecto, unas de las razones por las que se utilizó están listadas a continuación:

- Las siglas SQL vienen de Structured Query Language, Lenguaje de Consulta Estructurado.
- Es software libre. Cualquier persona puede utilizar y modificar el código ajustándolo a sus necesidades sin pagar por hacerlo.
- Gran velocidad y flexibilidad. Es muy rápido.
- Su conectividad y robustez hacen un buen sistema gestor de bases de datos.
- El motor de almacenamiento InnoDB mantiene las tablas en un espacio que puede ser creado a partir de varios archivos. Esto permite que una tabla supere el tamaño máximo individual de un archivo. Este espacio puede incluir particiones de disco, lo que permite tablas extremadamente grandes. El tamaño máximo del espacio de tablas es 64TB.





Por esas razones se eligió MySQL ya que permite almacenar los datos de posición que se encuentra tanto el brazo humano como el brazo robótico para que en un futuro se pueda comparar y/o analizar las posiciones.

### DISEÑO DE BASE DE DATOS

La interfaz gráfica de la base de datos está realizada con visual studio 2010 y el almacenamiento de todos los datos fue hecho con MYSQL por su gran potencia de almacenamiento.

Visual Basic 2010 es el software elegido para realizar la interfaz de muestreo de datos y modificación de la escala de movimiento, forma parte de Microsoft Visual Studio que es un entorno de desarrollo integrado (IDE por su acrónimo en inglés) orientado a objetos para sistemas operativos Windows. Soporta diversos lenguajes de programación tales como Visual Basic, Visual C++, Visual C#, Visual F#, por mencionar algunos

El entorno IDE de Visual Studio consiste en un editor de código, un depurador, un compilador, y un constructor de interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en ingles), que es una forma de programar donde no es necesario escribir el código para desarrollar la parte gráfica del programa, sino que se puede realizar de forma visual.

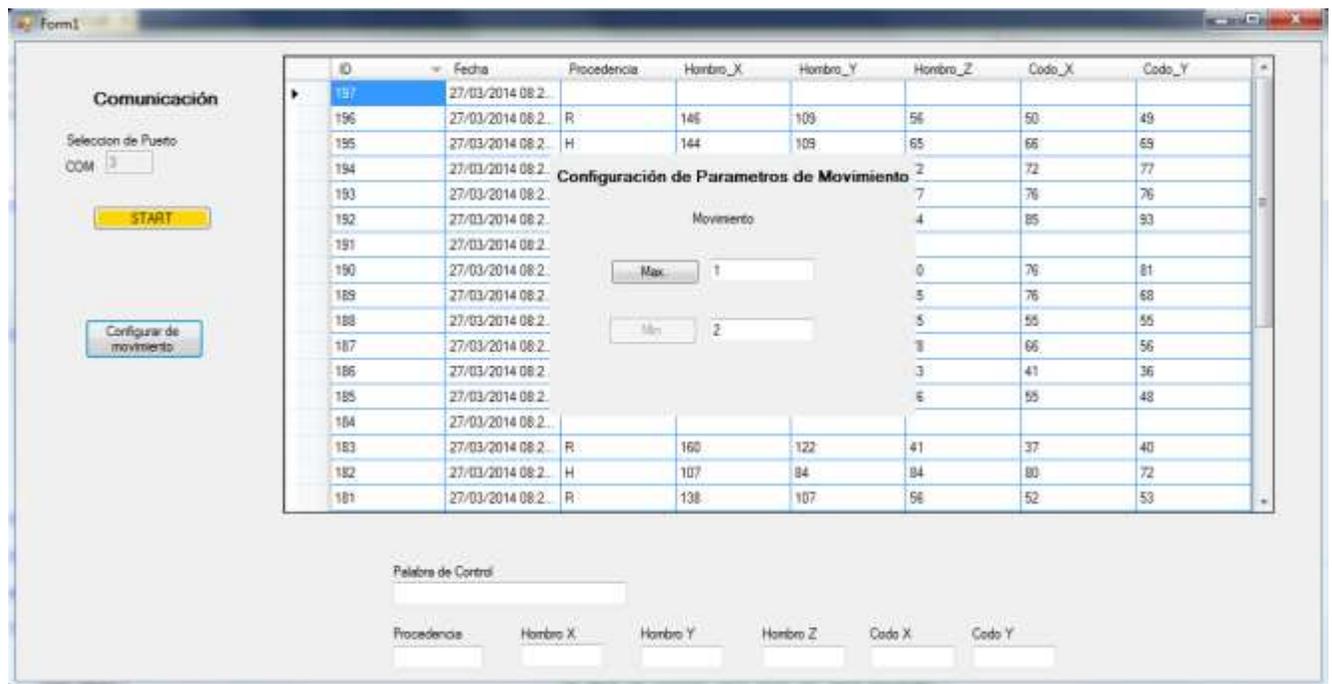


Imagen 3. Interfaz visual de la base de datos

### RUTINA DE COMUNICACIÓN



Los Mensajes enviados entre la PC y la placa arduino están estructurados de la siguiente manera: se manda la señal de cambio de escala después el primer valor equivale a la lectura del movimiento humano y el segundo valor la equivalencia del movimiento que se refleja en el brazo robótico.

El siguiente ejemplo representa la cadena de datos que manda la computadora a la placa arduino para hacer el cambio de escala:

Orden	Movimiento Máximo	Movimiento Mínimo
M	1	2

Tabla 3.3 Ejemplo de cambio de escala

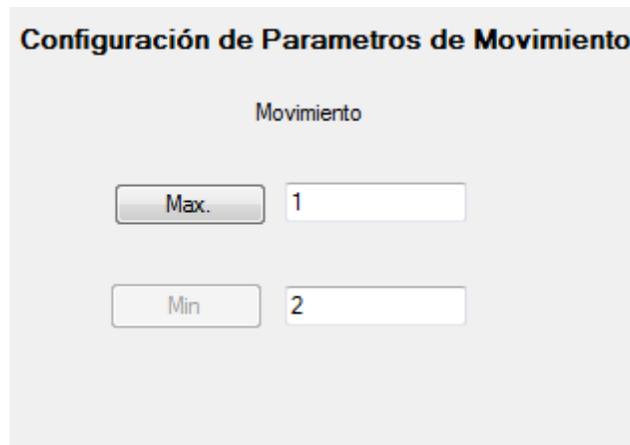


Imagen. Interfaz de cambio de escala

Ahora la información que manda la placa arduino a la computadora está explicada con la siguiente tabla:

En el sistema, se contemplan los siguientes comandos o instrucciones:

Comando	Instrucción
HX	Indica la posición de la lectura en el eje x del hombro
HY	Indica la posición de la lectura en el eje y del hombro
HZ	Indica la posición de la lectura en el eje z del hombro
CX	Indica la posición de la lectura en el eje x del codo
CY	Indica la posición de la lectura en el eje y del codo
H	Indica que el origen de las lecturas proviene del brazo humano
R	Indica que el origen de las lecturas proviene del brazo robótico

Tabla 3. Datos de Control





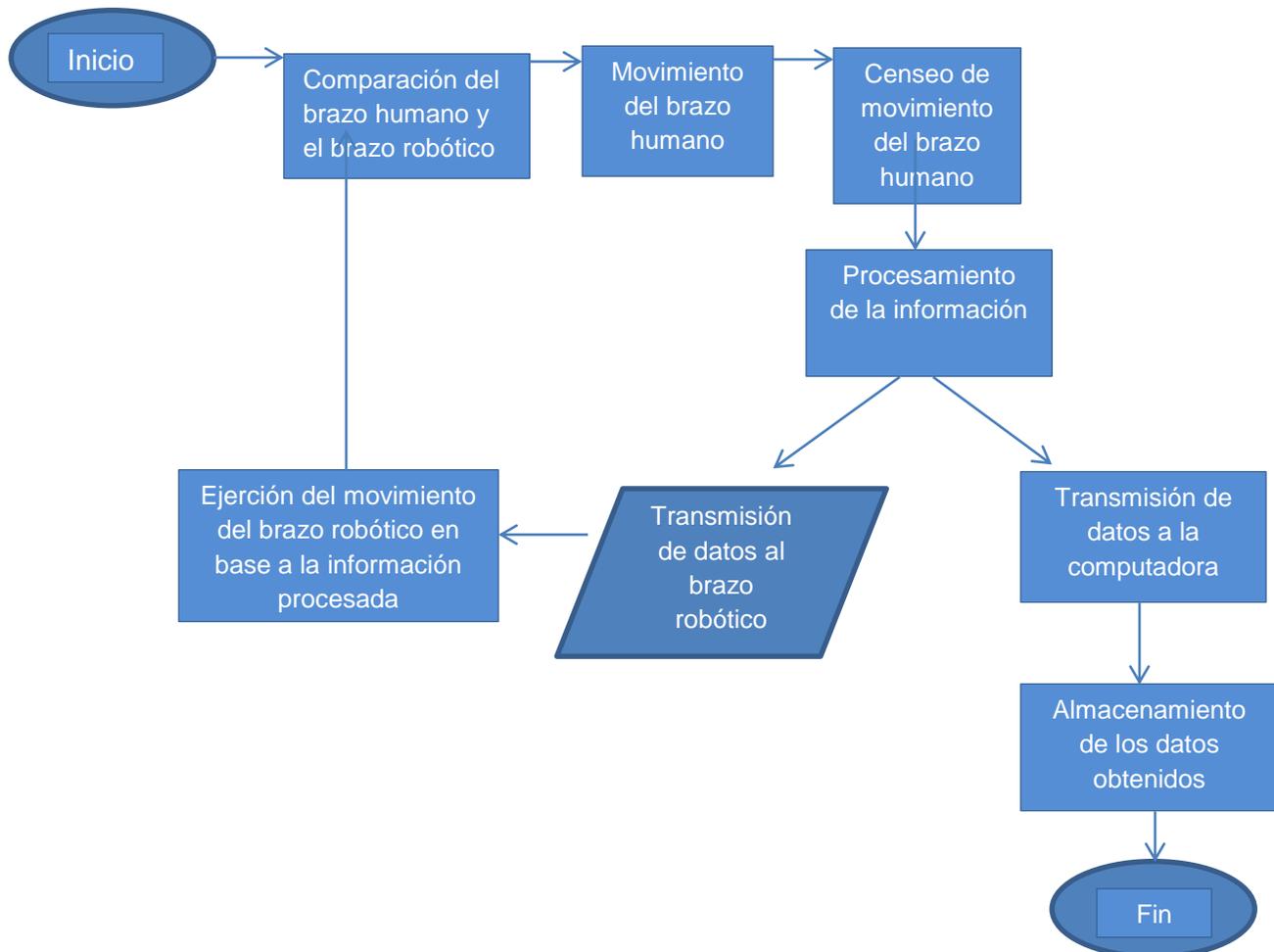
### 10. DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL SISTEMA

Bajo la información mencionada el sistema de la tesis, trabajara en un sistema cerrado donde se ejercerá una comparación de posicionamiento del brazo humano y el brazo robótico para iniciar el sistema y una retroalimentación con los sensores.

Pasando la primera entapa de comparación se procederá al reconocimiento del movimiento del brazo humano y censado del mismo para que se procese la información obtenida.

En la tercera etapa del sistema transmite la información procesada al brazo robótico para que el prototipo ejerza la posición deseada por el sistema así mismo en paralelo se hace la cuarta etapa donde se captura la información obtenida en la computadora y se almacena para una lectura futura.

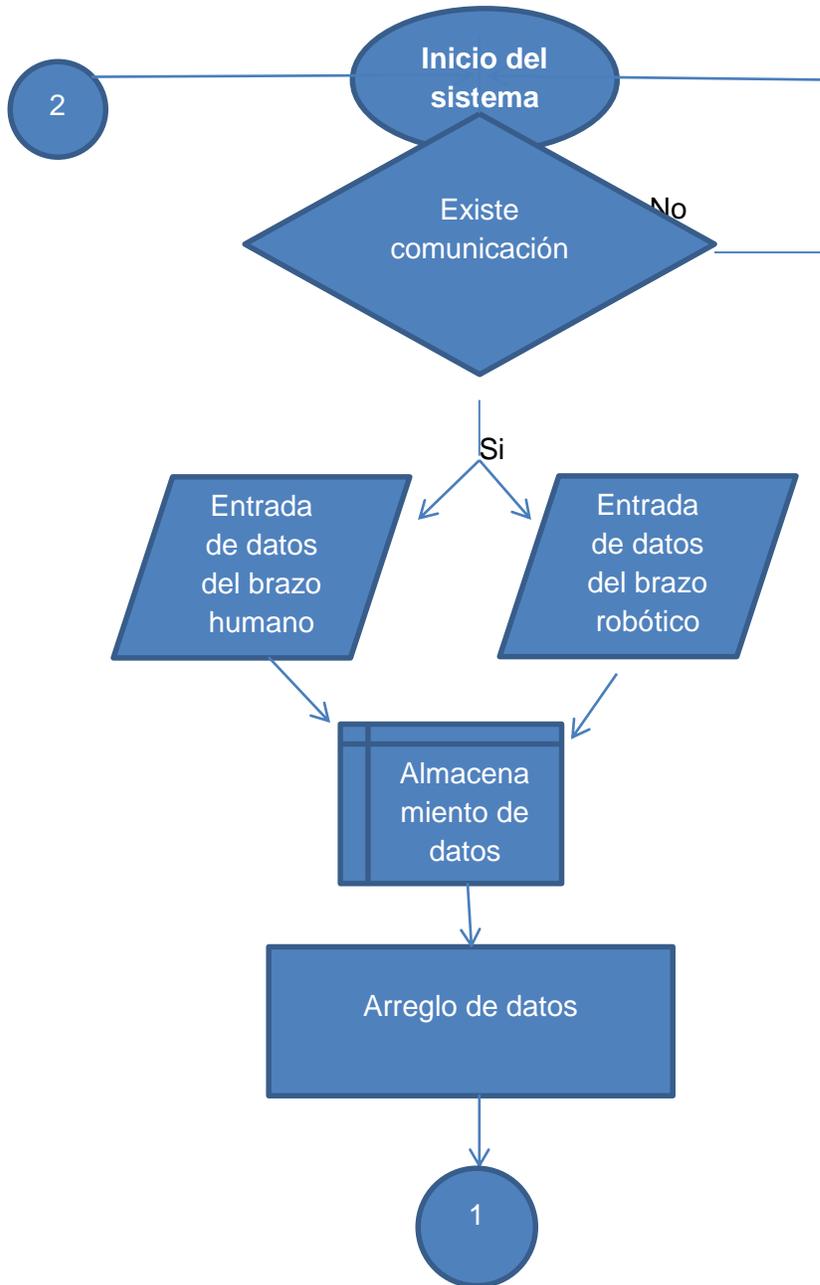
Diagrama de bloques del sistema de tesis





## DIAGRAMA DE BLOQUES DE ARDUINO

En el siguiente diagrama de bloques se muestra la logística que tiene el cerebro arruino para llevar a cabo el control del brazo robótico con la lectura del brazo humano.



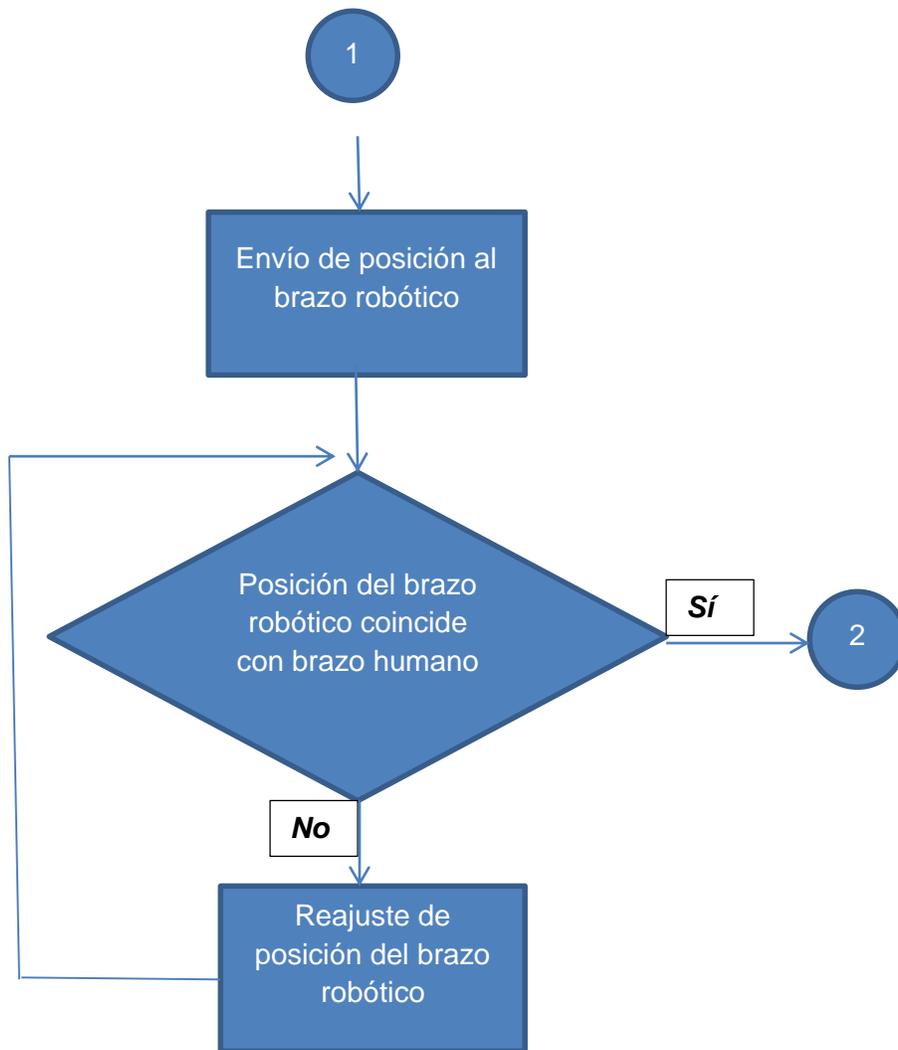


Diagrama de bloques de la placa arduino





## DIAGRAMA DE BLOQUES DE VISUAL STUDIO 2010

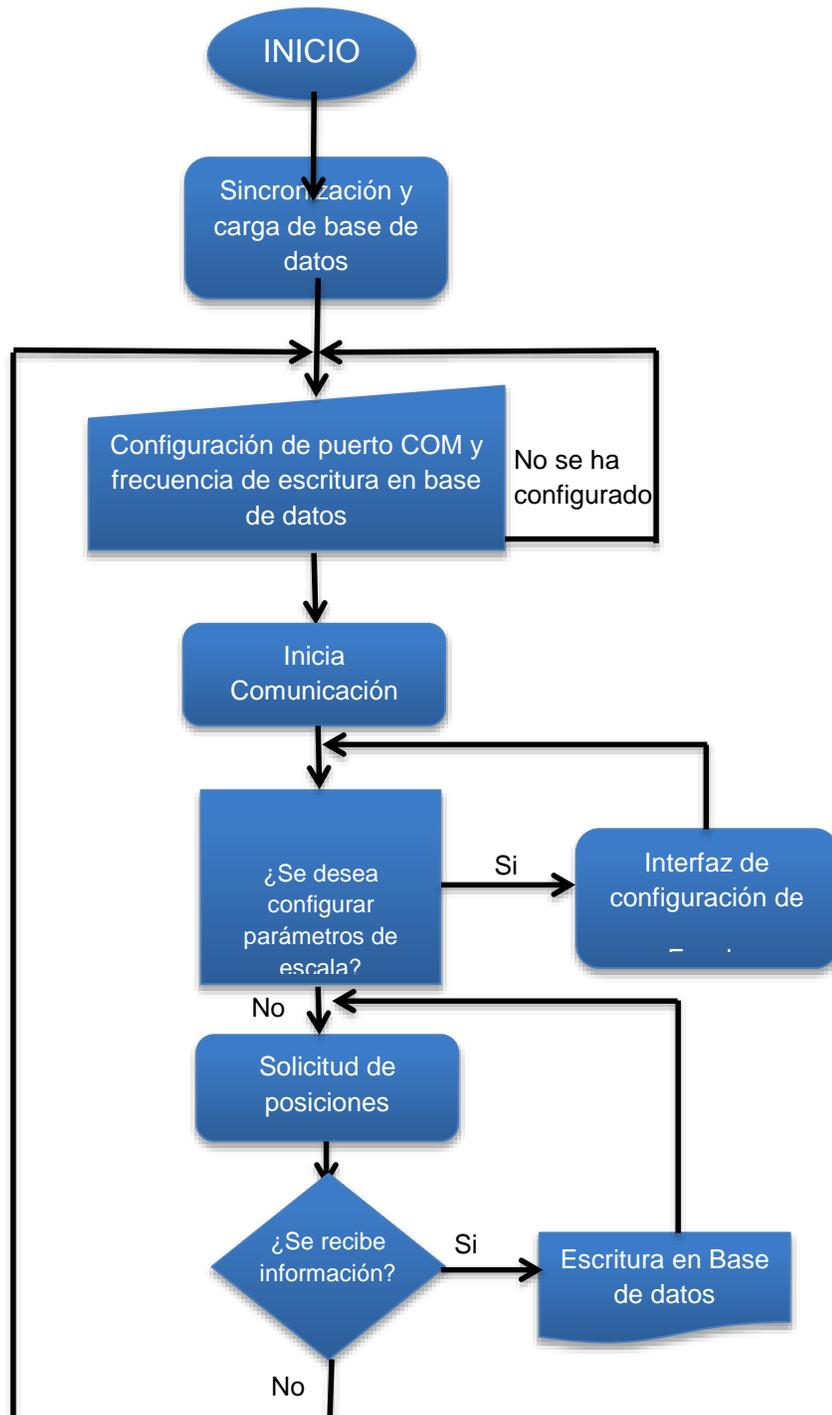


Diagrama de bloques de la interfaz grafica



## 11. CONCLUSIÓN

Este proyecto podría tener un gran impacto en la industria médica, sobre todo en el área de prótesis, como se mencionó en párrafos anteriores el desarrollo tecnológico ha permitido diseñar partes del cuerpo (extremidades) que tienen un movimiento semejante al del ser humano, esta propuesta viene a contribuir a esa área médica, pero también a la industrial.

La facilidad ocurrió en observar un patrón de control de brazos robóticos que siempre necesitaban un control en las manos para manipularlo, a lo cual hizo que observara el segundo elemento esencial que las tomas de lecturas de los movimientos del humano estaban congeladas en un mismo concepto, por lo tanto provocó que se pudiera plantear la problemática y resolverla con esta investigación.

Tras el desarrollo de esta propuesta de diseño y desarrollo se dejan las bases de investigación para que más adelante se pueda continuar en un proyecto de mayor aplicación, o bien para que otras personas interesadas en esta área pudieran obtener información necesaria como lo que son las base de datos y diseño para que pudiera enfocarse en la toma del movimiento humano.

Con este trabajo se abrieron puertas para tener una interacción con otros especialistas, no solo de las áreas de la ingeniera, sino principalmente en el área médica, por lo tanto esto ayudó no solo al desarrollo del proyecto, sino a un crecimiento personal.

Hablando ya directamente en el trabajo se pudo resolver la problemática planteada con algunos detalles del movimiento ajustada, ya que la capacidad de los sensores elegidos cuentan con sus propias limitaciones provocando unos porcentajes de tolerancia de fallo en el sistema, pero dejando ese punto a un lado el sistema provoca un agradable trabajo de respuesta.

Sobre el objetivo general fue realizado exitosamente con las pruebas realizadas para llevar a cabo la base de datos ya que proporcionaba modificar las escalas de movimientos según necesidades del usuario que podría utilizarse en áreas médicas e industriales.

Para finalizar esta conclusión cabe destacar que el reflejo del movimiento mecánico humano en un brazo robótico se vio reflejado dando así una gran fortaleza ya que se puede modificar a las necesidades que un usuario puede tener en una problemática específica. Pero a su vez las limitaciones del sistema se dan por la calidad de los mismos componentes ya que productos comerciales y de bajo costo aplicados en el trabajo tienen ya limitaciones especificadas por el desarrollador.

## 12. FUENTES DE CONSULTA

Aubry Christophe (2008). "Dreamweaver CS3: Para PC-MAC" primera edición. Barcelona: Ediciones ENI.

Daza Lemes (2008). "Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano", editorial Panamericana, Colombia

Disselhorst RAU G (2000). Movimiento biomecánico: de la pierna hasta el brazo, Mc Graw Hill, México





Dorf R. (1997) "Sensors Nanoscience, Biomedical Engineering, and Instruments", The Electrical Engineering Handbook Third Edition.

Mayo Joe. (2010) "*A beginner's guide Microsoft Visual Studio 2010*", McGraw-Hill Estados Unidos.

Mirin Konstantin, (2009) "*MySQL Workbench – The Database Modeling Tool for MySQL*", programmersnotes.

Webster John G. (2006) Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation Second Edition Volume 1.

#### REFERENCIAS DIGITALES

<http://www.robotic-lab.com>

<http://www.arduino.com>

<http://www.animatronicrobotics.com>

<http://www.robotics.org/>

<http://www.animatronics.org/>