



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

Determinación de la dinámica de movimiento de trabajo utilizando Arduino.

DESARROLLO PROFESIONAL POR ETAPAS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

ENRIQUE ROMÁN OLAIS

ASESORA:

DRA. MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA



28 DE ENERO DEL 2021 ¹

Resumen.

El presente trabajo fue desarrollado con el propósito de facilitar la tarea de medir el desplazamiento y posición, y disminuir el tiempo que conlleva esta tarea, para convertirse en una herramienta realmente útil y que sea la mejor opción y más eficiente para medir.

Los principio y fundamentos de esta tesis son el uso de ángulos y fórmulas de trigonometría, que en complemento con el uso de la programación puedan obtenerse resultados en el instante que se está midiendo, es decir que el procesamiento de los datos que se están midiendo sean trabajados instantáneamente para proporcionar un desplazamiento determinado, que con ayuda de la medición de los ángulos se tiene una posición. Con esto el tiempo de la obtención de resultados es menor.

Agradecimientos.

Este trabajo fue posible gracias al sacrificio de toda mi familia para apoyarme en el término de mis estudios, al tiempo que dedicaron mis padres al instruirme y enseñarme el valor del trabajo y a la paciencia que tuvieron durante este proceso, también la educación impartida por maestros que durante toda mi vida estudiantil dejaron una huella positiva que me motivo a seguir adelante y a luchar por los objetivos que tenía trazados. Principalmente quiero agradecer a Dios ya que me dio todas las oportunidades que he tenido y me ha mostrado el camino que debía seguir para convertirme en la persona que soy.

Dedicatorias

A mi padre.

Quiero dedicarle este fruto de mi esfuerzo al esfuerzo que él hizo durante toda mi vida para que pudiera tener una vida con oportunidades que el no tuvo, y que gracias al esfuerzo y sacrificios que hizo, yo si pude tener. Gracias a sus palabras, historias y motivación forjé la mayor parte de la persona que soy, porque él me enseñó a tener esperanza siempre y a nunca rendirme sin importar las circunstancias.

CONTENIDO.

-----	1
CAPÍTULO I. -----	7
INTRODUCCIÓN. -----	7
1.1 Resumen. -----	7
1.2 Introducción. -----	8
1.3 Antecedentes. -----	10
1.4 Planteamiento del problema. -----	11
1.5 Justificación. -----	12
1.6 Objetivos. -----	13
1.6.1 Objetivo general. -----	13
1.6.2 Objetivos particulares. -----	13
1.7 Hipótesis. -----	14
1.8 Alcance. -----	14
1.9 Conclusión del capítulo. -----	15
CAPITULO II. -----	16
MARCO TEÓRICO -----	16
2.1 Introducción. -----	16
2.2 Estado del arte actual. -----	17
2.3 Ergonomía. -----	20
2.2.1 Objetivos de la ergonomía. -----	22
2.2.2 Ambiente de trabajo. -----	23
2.3 Software. -----	29
2.4 Arduino. -----	30
2.5 Microcontrolador. -----	32
2.6 Sensor. -----	32
CAPÍTULO III. -----	34
3 METODOLOGIA -----	34
3.1 Introducción. -----	34

3.2	Materiales.	34
3.3	Programa y librerías.	38
3.4	Metodología de medición.	41
CAPÍTULO III.		42
4	METODOLOGIA	42
4.1	Introducción.	42
4.2	Funcionamiento.	42
4.3	Metodología de medición.	45
4.4	Resultado final.	46
4.5	Comparativa.	51
5	CAPITULO 5	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSION GENERAL		¡Error! Marcador no definido.
5.1	Conclusión.	54
5.2	Recomendaciones.	55
6	Bibliografía.	56

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN.

1.1 Resumen.

En este capítulo se pondrá en contexto el objetivo general del proyecto, así como los objetivos particulares, también están puntualizados los objetivos de la ergonomía y el software y los sensores.

La programación contenida en las tarjetas Arduino, está totalmente basa en formulas físicas y matemáticas para hacer posible la medición de los movimientos, ya que los sensores sirven para hacer mediciones biomecánicas y proporcionar ciertos datos que deben ser procesados para obtener las mediciones que se compararan a los parámetros de las normas, también pueden ser utilizados en algún otro tipo de estudio ergonómico que se base en las mismas mediciones biomecánicas.

1.2 Introducción.

El presente proyecto surge de la necesidad latente de la identificación de movimiento y posturas incorrectas que, si bien ya existen parámetros de evaluación con los cuales comparar, la medición biomecánica sigue siendo una tarea que conlleva mucho tiempo y esta entorpece la realización de la tarea realizada por el trabajador. El tiempo que se necesita para hacer toda la serie de mediciones biomecánicas es elevado, lo que también conlleva a una demora entre mediciones y los métodos manuales son también susceptibles a errores de medición. Por estas razones es de suma utilidad e importancia el desarrollo de un proyecto que facilite todo el proceso de medición, que además sea fácil de utilizar y proporcione datos ordenados, con los cuales se pueda trabajar en algún otro software, con esto la medición será una tarea que se realice con más rapidez, sin pausar una actividad desde su inicio a su final, lo cual da como resultado distintas ventajas como poder medir un mayor número de veces, medir a más personas en el mismo tiempo en el que normalmente se mide a una sola, medir las extremidades superiores y la cabeza en un tiempo conjunto y en tiempo real. Con estas claras ventajas se tendrá una mejor y más precisa idea de lo que está ocurriendo al instante y la comparación puede ser más rápida.

Aunque hoy en día, la ergonomía ha podido ayudar en gran parte a la adaptación de un centro de trabajo al operario, y se ha buscado minimizar o

hasta eliminar las posturas incorrectas o movimientos incorrectos, estos siguen estando presentes en cada tarea que realiza un trabajador y muchas de las ocasiones es muy difícil ubicarlas o siquiera saber que existen y no es sino hasta que existen daños a la salud cuando se determina que estaban presentes, muchas de las ocasiones los daños son leves y corrigiendo el proceso, movimiento es posible detenerlas pero en otras los daños son irreversibles y no queda más que corregir para evitar que continúen progresando o afectando a los operarios.

El desarrollo de este proyecto de investigación es de suma importancia, trascendencia e impacto para la ergonomía porque genera nuevo conocimiento que se verá reflejado directamente en las evaluaciones de riesgo biomecánico realizado en tiempo real a los trabajadores.

1.3 Antecedentes.

“La Ergonomía se define como un cuerpo de conocimientos acerca de las habilidades humanas, sus limitaciones y características que son relevantes para el diseño de los puestos de trabajo. El diseño ergonómico es la aplicación de estos conocimientos para el diseño de herramientas, máquinas, sistemas, tareas, trabajos y ambientes seguros, confortables y de uso humano efectivo.”
(Fonseca, 2006).

El cuerpo humano posee habilidades y características, pero también limitaciones que cuando se diseña una estación de trabajo, espacio o puesto de trabajo deben de tenerse en cuenta ya que el diseño ergonómico es la aplicación de los conocimientos para el diseño tanto de herramientas, maquinas, sistemas, tareas, trabajos y ambientes seguros, confortables y del uso humano efectivo. La ergonomía es definida como un cuerpo de todos estos conocimientos acerca de estas habilidades, características y limitaciones.

1.4 Planteamiento del problema.

La medición de la dinámica del cuerpo es una actividad necesaria ya que mide el movimiento y las posturas que se hacen al realizar una tarea, en este caso, particularmente las que se realizan con las extremidades superiores y la cabeza.

Las posturas y movimientos se miden para determinar niveles de riesgo puesto que de estas dependen cuestiones de daños a la salud del trabajador.

Existen pocos métodos de medición de estos movimientos desde el punto de vista biomecánico, el más básico y rudimentario es un método manual en el que consiste medir con una cinta métrica y/o equipos de medición manual, los movimientos que se hacen en el área de trabajo y compararlos con los establecidos en las tablas de las normas correspondientes (ISO 14738:2002).

Uno de los puntos positivos de la medición biomecánica mediante el software y sensores es facilitar el proceso de medición, permitiendo que se ahorre el tiempo, tener una buena precisión en las medidas. Una de las dificultades que enfrenta esta investigación es que las innovaciones y equipos son de muy alto costo que oscila entre los 3 y 5 millones de peso. ya que se realizan mediciones con sensores, con fines distintos como el deporte y cuestiones de salud, pero no en el trabajo.

1.5 Justificación.

La dinámica de movimientos está referido al desplazamiento, ocurre en la cabeza y las extremidades superiores del cuerpo del trabajador durante la realización de una operación, que van desde su desplazamiento hasta la rotación de los mismos dentro del área de trabajo. Sin embargo, su medición en tiempo real, durante las actividades laborales es muy difícil de obtener, por lo que la presente tesis se justifica, al proponer un método de medición en tiempo real, que facilite la medición de los desplazamientos realizados por el trabajador.

En la presente tesis se utilizó como método de medición sensores disponibles para una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable conocido como Arduino. Se consideró como variable independiente la distancia y como variable dependiente el desplazamiento.

Para la determinación de los movimientos se basó en los límites de trabajo para los brazos, zona de trabajo vertical y horizontal teniendo en cuenta el movimiento de los ojos, cabeza y cuerpo, que está descritos en la norma ISO 14738:2002.

1.6 Objetivos.

1.6.1 Objetivo general.

Desarrollar una programación en Arduino para la determinación de la dinámica de movimiento de la cabeza, considerando la distancia como variable independiente para establecer la posición en las coordenadas x , y y z .

1.6.2 Objetivos particulares.

1. Investigación de trabajos del estado del arte.
2. Definir el área de estudio en que se aplicara la programación.
3. Desarrollar una programación de medición de posición.
4. Realizar mediciones mediante un método directo.
5. Realizar mediciones mediante la programación en Arduino para comparar resultados.
6. Desarrollar un instructivo para el uso de la programación.

1.7 Hipótesis.

Con el desarrollo de la programación para la medición de la posición de las extremidades superiores y la cabeza al realizar una actividad de trabajo, se podrán identificar las posturas incorrectas adoptadas por el trabajador.

1.8 Alcance.

El alcance de la presente tesis comprende la medición de posición en eje coordinado x,y y z mediante la programación en Arduino, determinando el desplazamiento e identificando posturas incorrectas a través del encendido de leds, de extremidades superiores y cabeza.

1.9 Conclusión del capítulo.

En este capítulo se definió el planteamiento del problema, los objetivos y el alcance de la presente tesis, en el siguiente capítulo se pondrá en contexto, el marco teórico que engloba todo el tema para entender mejor la terminología y tecnicismos del software y la ergonomía. Que no solo contiene conceptos que se utilizaran, sino también la importancia de cada uno de estos para comprender más su relación con todo el proyecto.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.

La ergonomía se encarga de adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo. La gran mayoría de los factores de riesgo son introducidos en las actividades laborales sin estudios previos de su efecto en la salud. En general, las normas de prevención se desarrollan una vez producido el daño y muchas de éstas aparecen mucho tiempo después de ser conocidos estos efectos. Se debe analizar el accionar del operario en lo concerniente a la ergonomía y la relación con los factores de riesgo de salud ocupacional, así como explicar los riesgos relacionados con la postura, precauciones visuales, cardiovasculares y ejercicios físicos regulares (Fonseca, 2006), para evitar la aparición de enfermedades profesionales.

La producción en masa ha traído consigo muchos beneficios, pero también consigo trae distintos puntos negativos para la salud del trabajador, ya que agrega también más factores de riesgo a este, por ejemplo, la repetitividad de movimientos inadecuados y las posturas inadecuadas. La ergonomía estudia las habilidades y limitaciones del hombre, con el fin de poder adaptar el trabajo que realizara a estas mismas, eliminando factores potenciales de riesgo y dando gran impacto en la salud de los trabajadores.

2.2 Estado del arte actual.

La presente investigación del estado del arte actual fue hecha con la finalidad de encontrar si existe algún proyecto similar, para evitar cualquier tipo de clonación de información o técnicas. Se encontraron algunos artículos y documentos que tienen algún tipo de medición de dinámica del cuerpo humano, pero con un técnicas y enfoque totalmente distinto al de este proyecto de investigación. Enseguida se hace mención de dichos artículos, proyectos y documentos que guardan más similitud o relación.

1. "Utilización y aplicación de programas informáticos para el análisis del movimiento deportivo". (Colomina, 2007)

Este proyecto del autor Raúl Arellano Colomina, analiza las técnicas deportivas, midiendo con un software el movimiento que realiza el cuerpo humano en el desarrollo de la actividad física y muestra el movimiento con puntos de su inicio hasta su fin (digitación puntos antropométricos del cuerpo humano apoyado de secuencias de imágenes o un video). El objetivo de este proyecto es revisarlas las técnicas con las que se realizan, distancia entre el punto inicial y velocidad promedio.

2. BTS SPORTLAB.

Es un producto que se encuentra en el mercado y sirve para la evaluación funcional de atletas ya que proporciona al personal médico y deportivo información completa y objetiva para evaluar la

situación musculoesquelética y las estrategias motoras de cada atleta durante el ejercicio. (SPORTLAB, 2019)

Equipos, clubes deportivos y comités olímpicos de todo el mundo lo emplean para identificar talentos, perfeccionar el entrenamiento, prevenir lesiones y mantener el estado físico de sus atletas. Consiste en la colocación de 8 o más cámaras infrarrojas alrededor del área donde se realizará la actividad con una plataforma por cámara.

3. “Detección, rastreo y reconstrucción tridimensional de marcadores pasivos para análisis de movimiento humano.” (Andrés Díaz, Toro, Forero, & Torres, 2009)

Esta publicado por la llamada revista ingeniería biomecánica; es de la integración de varios algoritmos para obtener la reconstrucción tridimensional del movimiento humano minimizando la intervención del usuario durante el proceso (CineMED III). Está diseñado en la plataforma C#.NET 2005, para inicialmente capturar videos de cuatro cámaras de alta velocidad Fastec Imaging (250 frames por segundo) que graban el movimiento específico que posteriormente se analizará. Estas cámaras están ubicadas en los vértices de un cuadrado de 5x5 metros y a 2 metros de altura. Además, están sincronizadas usando el modo de las cámaras “trigger”, estas son conectadas a un hardware externo conformado básicamente por un pulsador que cuando es activado envía la señal a las cámaras para iniciar la captura en el mismo instante de tiempo. El espacio físico

donde se realizan las grabaciones para su posterior análisis, es un espacio con iluminación controlada. El propósito básico de este método mencionado en el artículo es el área de estudio del análisis del movimiento humano, la técnica más utilizada en los diferentes campos de aplicación, ya sea clínico, biomecánico o deportivo y está basado en la reconstrucción de un evento, acción o movimiento, mediante la captura de cámaras de video.

4. “Software para análisis de movimiento – (SAM)” (Rodríguez, 2002)

El proyecto escrito por Nelson Andrés Ramon Rodríguez de Bogotá, explica detalladamente como funciona y como utilizarlo, nos dice que el propósito de su trabajo es identificar los elementos necesarios para poder hacer el diseño y el desarrollo de una herramienta computacional que permita realizar análisis médicos de movimiento humano.

El principio del funcionamiento está basado en sets de marcadores Helen Hayes con algunas modificaciones y también marcadores Keith Vaughan modificado y también los originales que se utiliza en distintas partes del cuerpo. Muestra una interfaz de usuario donde puedes hacer un análisis nuevo, buscar uno que ya se haya hecho antes para visualizarlo o crear un modelo.

Después de hacer la investigación del estado del arte actual, se puede llegar a la conclusión que ninguno de los artículos o trabajos antes mencionados tiene alguna similitud con este proyecto, ya que entre algunos de ellos tienen parecidos entre sí, puesto que están basados principalmente en marcadores Helen Hayes y la utilización de cámaras que captaran el movimiento segundo a segundo que se haga ahí, este proyecto no utiliza cámaras, todas las entradas de datos son de distintos sensores que están en el cuerpo de la persona que realizara la tarea. Otra de las cosas que se debe mencionar es que toda la programación está hecha en Arduino, y proporciona una base de datos que pueda ser usada para distintas comparaciones.

2.3 Ergonomía.

Existen distintos conceptos de ergonomía que son utilizado y citados en bastantes libro y autores, que aunque son correctas la mayoría de ella, la definición adoptada por el Concejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) en agosto de 2000, “la ergonomía es una disciplina científica de carácter multidisciplinar, que estudia las relaciones entre el hombre, la actividad que realiza y los elementos del sistema en que se halla inmerso, con la finalidad de disminuir las cargas físicas, mentales y psíquicas del individuo y de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos (véase Figura 2.1)a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios;

buscando optimizar su eficacia, seguridad, confort y el rendimiento global del sistema” (Ergonomía, 2016).

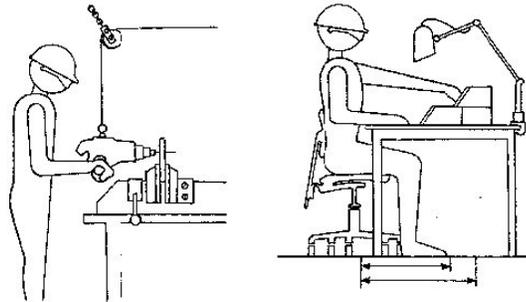


Figura 2.1

La ergonomía mantiene un carácter preventivo e integral, busca reducir las cargas físicas, mentales, psíquicas y organizacionales a las que se somete el empleado, (causales de estrés ocupacional, problemas psicológicos, sobrecarga fisiológica, lesiones músculo-esqueléticos y fatiga), a fin de reducir el riesgo de accidentes laborales e índices de siniestralidad, promover la salud, seguridad y el bienestar de los trabajadores, mejorar el ambiente y condiciones de trabajo, y lograr un mayor compromiso, motivación y desempeño por parte los empleados.

El bienestar de los trabajadores también se ve reflejado directamente en la producción o desempeño de sus actividades, puesto que no solo se trata de la facilidad que tiene para realizar sus actividades, si no que esto también le da un bienestar que mejora la productividad en el personal.

2.2.1 Objetivos de la ergonomía.

El objetivo principal de la ergonomía, según la asociación internacional de ergonomía es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano (Asociación Internacional de Ergonomía, s.f.). Dado que las necesidades de las personas son cambiantes en cuanto a la calidad de vida laboral, el conjunto de condiciones de trabajo debe ofrecer los medios para el desarrollo del personal en las tareas sin causar daños a la salud (Figura 2.2). Dicho esto, existen más objetivos particulares que sirven para alcanzar el objetivo general.



Figura 2.2

Según la asociación española de ergonomía, estos son los principales objetivos de la ergonomía:

- *Identificar, analizar y reducir los riesgos laborales.*
- *Adaptar el puesto de trabajo y las condiciones de trabajo a las características del operador.*

- *Contribuir a la evolución de las situaciones de trabajo*, no sólo bajo el ángulo de las condiciones materiales, sino también en sus aspectos socio-organizativos, con el fin de que el trabajo pueda ser realizado salvaguardando la salud y la seguridad, con el máximo de confort, satisfacción y eficacia.
- *Controlar la introducción de las nuevas tecnologías* en las organizaciones y su adaptación a las capacidades y aptitudes de la población laboral existente.
- *Establecer prescripciones ergonómicas* para la adquisición de útiles, herramientas y materiales diversos.
- *Aumentar la motivación y la satisfacción* en el trabajo.

(Asociación Española de Ergonomía, s.f.)

2.2.2 Ambiente de trabajo.

Son todas las condiciones físicas, técnicas, humanas y ambientales en las que una persona realiza una actividad de trabajo y van desde la temperatura hasta la silla, en caso de estar sentado y otros tantos aspectos que influyen directamente en el desarrollo de sus actividades (ver Figuras 2.3 - 2.9).

Tipos de factores.

- Distancia visual.
- Angulo visual.

1. Campo de visión para la manipulación y observación de frecuentes sin que sea necesario el movimiento de la cabeza o del cuerpo es de 30 grados (α).

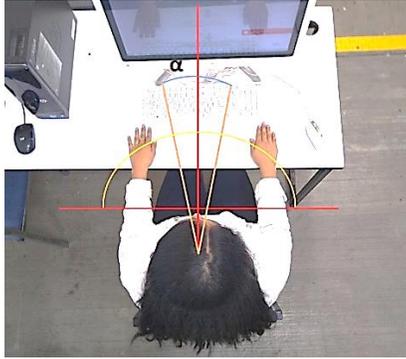


Figura 2.3

2. El movimiento natural de la cabeza hacia la izquierda (β).
3. El campo de visión izquierdo o derecho para la manipulación y observación ocasionales con movimiento de la cabeza sin mover el cuerpo es ($\alpha/2 + \beta$).

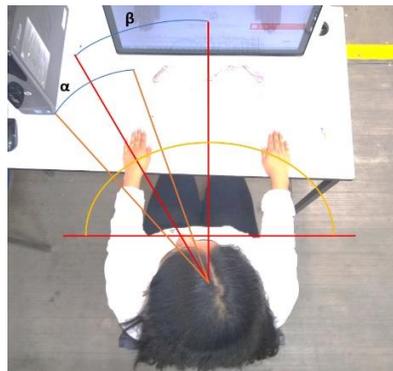


Figura 2.4

4. El ángulo para el movimiento de la cabeza o el cuerpo es (γ).
5. El campo de visión izquierdo o derecho sólo para la observación y ligera manipulación ocasionales cuando es aceptable el giro de la cabeza y del cuerpo es de 110 grados ($\alpha/2 + \beta + \gamma$).

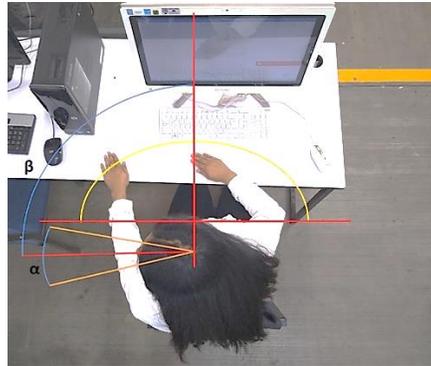


Figura 2.5

- Iluminación.
- Ruido.
- Ambiente térmico.
- Posturas.

Existen distintas formas de determinar las posturas de trabajo, por ejemplo; observaciones fotográficas o de video sistemas de medición optoelectrónicos o de ultrasonido tridimensionales, dispositivos de medición montados en el cuerpo como inclinómetros y goniómetros. El método apropiado para medir el cuerpo depende de la precisión que se requiera en la mayoría de los casos la observación directa del sistema es suficiente Pero en algunas ocasiones se requiere más precisión y para determinar las posturas de trabajo puede ser necesario algún

sistema con dispositivos de medición, existen distintas mediciones de posturas y cada una tiene parámetros, es decir, inclinación del tronco, inclinación de la cabeza, flexión o tensión del cuello, parte superior del brazo, elevación y posiciones extremas de las articulaciones.

1. Postura del tronco.

la postura del tronco se debe medir bajo las siguientes consideraciones:

1. Si la postura es simétrica del tronco.
2. Inclinación del tronco α .

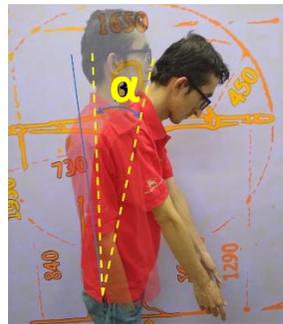


Figura 2.6

3. Para sentarse.

La postura no debe ser convexa de la columna lumbar.

2. Postura de cabeza.

1. La postura debe ser simétrica del cuello.
2. Inclinación de la cabeza β .

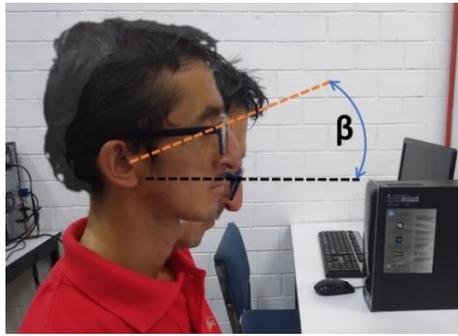


Figura 2.7

3. Flexión / extensión del cuello $\beta - \alpha$.

3. Postura del hombro y la parte superior del brazo.

1. La Postura del brazo no debe ser torpe.

2. Elevación del brazo superior γ .

3. Hombro no debe estar levantado.

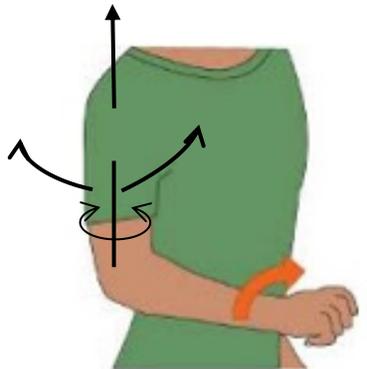


Figura 2.8

4. Postura de antebrazo y mano.

1. La flexión / extensión del codo no debe ser extrema.
2. La pronación / supinación del antebrazo no debe ser extrema.
3. La postura de la muñeca no debe ser extrema.

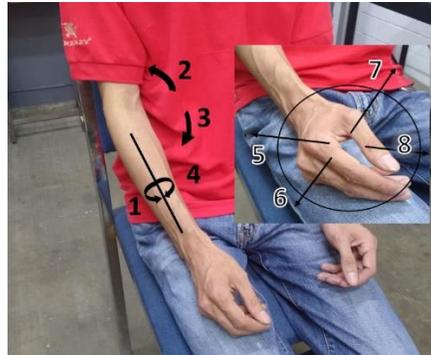


Figura 2.9

1. Supinación del antebrazo: palma de la mano hacia arriba.
2. Flexión del codo.
3. Extensión del codo.
4. Pronación del antebrazo: palma de la mano hacia abajo.
5. Abducción cubital de la muñeca: dedo meñique movido hacia el antebrazo (hueso cubital).
6. Flexión de la muñeca: la palma de la mano se movió hacia el antebrazo.
7. Extensión de la muñeca: el dorso de la mano se movió hacia el antebrazo.

8. Abducción radial de la muñeca: el pulgar se movió hacia el antebrazo (hueso radial).

2.3 Software.

Software, según Ian Sommerville son programas de computadora junto con todos los documentos asociados y la configuración de datos necesaria para hacer que esos programas operen de manera correcta. Por lo general, un sistema de software consiste en diversos programas independientes, archivos de configuración que se pueden utilizar para ejecutar estos programas, un sistema de documentación que describe la estructura del sistema, la documentación para el usuario que explica cómo utilizar el sistema y sitios web que permiten a los usuarios descargar la información de productos recientes. (SOMMERVILLE, 2005)

Existen múltiples ventajas en la utilización de software, algunas de las más destacables son:

1. Libre Uso. Cualquier persona puede disponer del software libre bajo las condiciones de la licencia.
2. Bajo Costo. Es gratuito.
3. Existe Libertad de Conocimiento y trabajo cooperativo entre sus usuarios lo que permite una mayor innovación tecnológica.

4. Rápida corrección de errores facilitado por el trabajo comunitario a través de Internet y de su libre acceso al código fuente.
5. Total independencia de un proveedor. El usuario puede administrar libremente su crecimiento y operación con total autonomía.

2.4 Arduino.

Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra (Figura 2.10), los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables DuPont). (Arduino, s.f.)

Una placa electrónica es una PCB (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso” en español). Las PCBs superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual consta de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. Así que la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna.



Figura 2.10 (Arduino, s.f.)

Se han fabricado diferentes modelos de placas Arduino oficiales, cada una pensada con un propósito diferente y características variadas (como el tamaño físico, número de pines E/S, modelo del microcontrolador, etc.). A pesar de las varias placas que existen todas pertenecen a la misma familia (microcontroladores AVR marca Atmel), esto significa que comparten la mayoría de sus características de software, como arquitectura, librerías y documentación.

2.5 Microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos (Figura 2.11). Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado. (ELECTRONICA ESTUDIO, 2019).

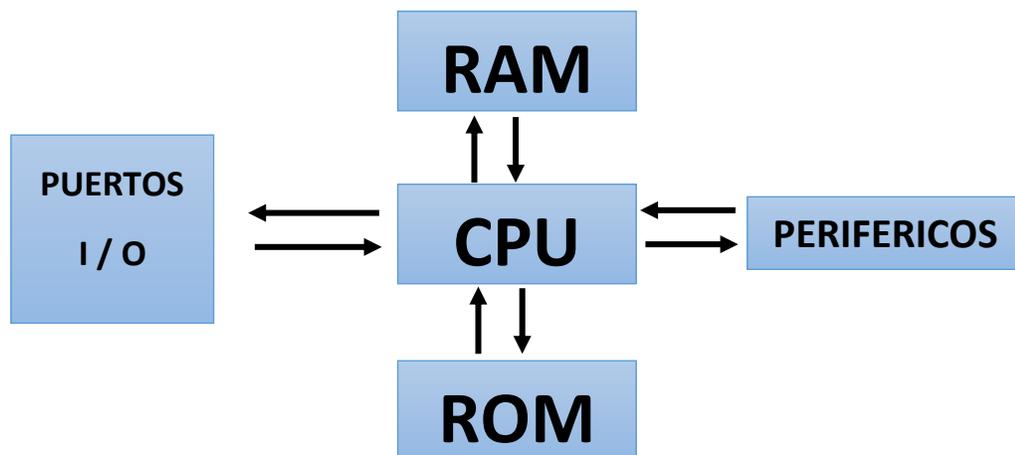


Figura 2.11

2.6 Sensor.

Un sensor transforma una acción física que se va a medir en un equivalente eléctrico y lo procesa, de forma que las señales eléctricas se puedan transferir

y procesar fácilmente. El sensor puede emitir si hay un objeto presente o no (binario) o qué valor de medición se ha alcanzado (analógico o digital). (BALLUFF ARGENTINA, 2019)

Un sensor consta de tres componentes principales (Figura 2.12):

1. El área sensible contiene el sistema de sensores basado en una tecnología determinada. Dada la variedad de tecnologías, puede escoger una tecnología de sensores apropiada para su aplicación.
2. El circuito de procesamiento convierte la variable física en una variable eléctrica.
3. La salida de señales contiene la electrónica que está conectada a un sistema de control.



Figura 2.12 (BALLUFF ARGENTINA, 2019).

CAPÍTULO III.

3 METODOLOGÍA

3.1 Introducción.

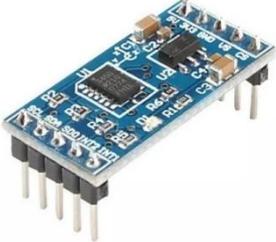
En el presente capítulo se especifica lo necesario para llevar a cabo el proyecto, hardware y software a usar. Los diagramas de conexión están representados en esquemas para su fácil comprensión.

3.2 Materiales.

En la tabla 3.1 se desglosan todos los materiales requeridos para el desarrollo de la metodología propuesta en el presente capítulo.

Tabla 3.1 Materiales requeridos y sus características técnicas

	Arduino NANO.	Microcontrolador: ATMega328 Voltaje de operación: 5V Voltaje de alimentación (Recomendado): 7-12V I/O Digitales: 14 (6 son PWM) Memoria Flash: 32KB EEPROM: 1KB Frecuencia de trabajo: 16MHz
---	----------------------	--

	<p>Arduino UNO.</p>	<p>Microcontrolador ATmega328.</p> <p>Voltaje de entrada 7-12V.</p> <p>14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).</p> <p>6 entradas análogas.</p> <p>32k de memoria Flash.</p> <p>Reloj de 16MHz de velocidad</p>
	<p>Transmisor y receptor 433 MHz 100 metros.</p>	<p>Módulo del receptor:</p> <p>Voltaje: DC 5V</p> <p>Frecuencia: 433.92 MHz</p> <p>Transmisor: Tensión: 3.5-12V / Distancia de transmisión: 20-100 metros (voltaje diferente, diferentes resultados)</p>
	<p>Modulo acelerómetro y giroscopio MPU 6050 ejes.</p>	<p>MPU 6050 sensor de aceleración micro capacitivo</p> <p>Entrada de 5 V de tensión / 3.3V textuales</p>

	<p>Caja para Arduino NANO.</p>	<p>Caja de alojamiento diseñada para Arduino NANO.</p>
	<p>Sensor ultrasónico HC-SR04.</p>	<p>Es un sensor de distancia de bajo costo que utiliza ultrasonido para determinar la distancia de un objeto en un rango de 2 a 450 cm.</p>
	<p>Protoboard mini 170 y 55 puntos.</p>	<p>Placa de pruebas o de inserción. Es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna.</p>
	<p>Cable Jumper DuPont macho, macho-hembra y hembra.</p>	<p>Son cables que tienen en sus terminales los jumpers que contienen sockets o pines.</p>

	<p>Botón interruptor switch 9v.</p>	<p>Dispositivo para abrir o cerrar el paso de corriente eléctrica en un circuito.</p>
	<p>Kit de soldador de cables (cobre).</p>	<p>Por lo menos debe contener un caudín, soldadura de estaño, pasta para soldar, pinzas.</p>
	<p>Cinta doble cara.</p>	<p>Son ideales para fijar dos piezas de forma permanente e irreversible, para unirlos con firmeza a la vez que siguen pudiéndose recolocar o simplemente para adherir objetos durante un periodo de tiempo limitado.</p>
	<p>Baterías recargables 9v con Porta pila de 9v con Plug para Arduino.</p>	<p>Las pilas recargables se pueden usar hasta 1.000 veces más que las pilas convencionales</p>

	<p>Leds de color rojo amarillo y verde.</p>	<p>Componentes electrónicos (diodos semiconductores) que son capaces de emitir luz al ser atravesados por una corriente eléctrica.</p>
---	--	--

3.3 Programa y librerías.

El único programa utilizado para la programación y ejecución de la programación es Arduino, el cual es de descarga gratuita encontrado en la sección de descarga de la página oficial arduino.cc, donde también se encuentran todas las librerías utilizadas.

Librerías complementarias (Algunas de las librerías pueden ya estar contenidas en algunas versiones).

- I2C
- WIRE
- MATH.H

Diagramas de conexión.

La conexión en ambos casos es similar, ya que en lo único que difieren es en el uso de leds.

Diagrama de medición de ángulos en cabeza con indicador por luz de color.

El voltaje de salida de la placa Arduino es de 5 v y va conectado a la entrada vcc del acelerómetro MPU 6050, la salida GND de la placa va conectada a la entrada GND del acelerómetro y también a los 3 led, las salidas de acelerómetro SCL y SDA van conectadas a las entradas análogas de la tarjeta, en este caso A4 y A5, y el INT del acelerómetro va a la entrada digital D2 en este caso. Las salidas digitales D10, D8 Y D6 de la tarjeta, van conectadas los leds de colores. Ver Figura 3.1

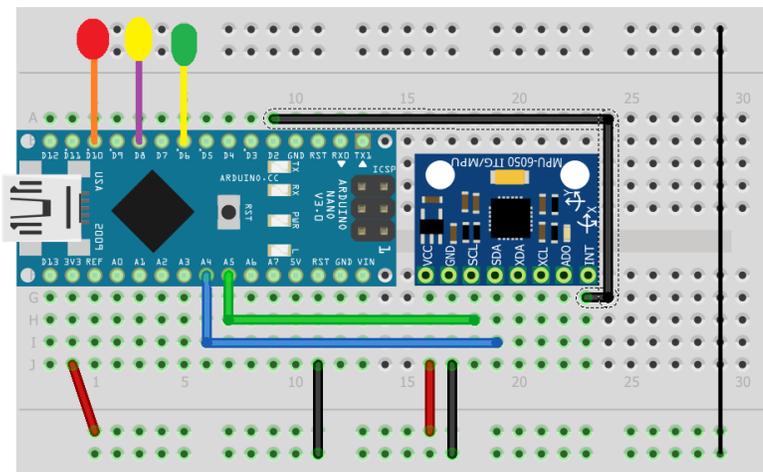


Figura 3.1 Diagrama de medición de ángulos

Diagrama de medición de ángulos para la determinación de posición.

El voltaje de salida de la placa Arduino es de 5 v y va conectado a la entrada vcc del acelerómetro MPU 6050, la salida GND de la placa va conectada a la entrada GND del acelerómetro, las salidas de acelerómetro SCL y SDA van conectadas a las entradas análogas de la tarjeta, en este caso A4 y A5, y el

INT del acelerómetro va a la entrada digital D2 en este caso. Ver Figura 3.2 y

3.3

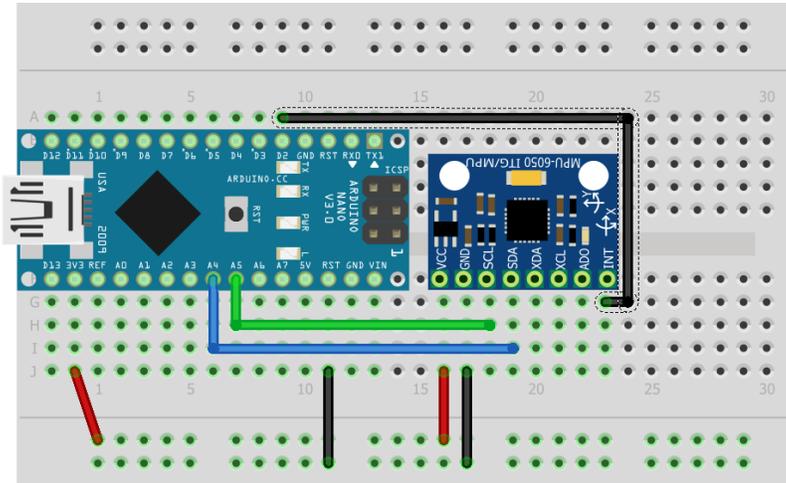


Figura 3.2 Diagrama de medición de ángulos para la determinación de posición

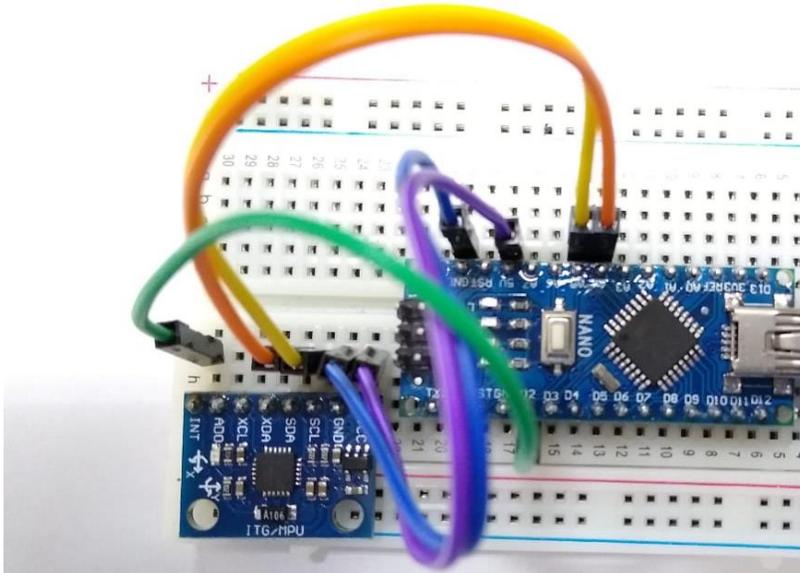


Figura 3.2 Conexión de acelerómetro

Nota: puede realizarse la conexión directamente de la placa Arduino a los módulos.

3.4 Metodología de medición.

1. Una vez armado el circuito, se debe “subir” la programación del emisor y receptor según corresponde a cada circuito.
2. Se debe fijar en la extremidad que se desee medir.
3. Abrir el puerto serial en Arduino del receptor. El emisor con el giroscopio inicia a medir en el momento que el puerto serial se inicia.
4. El receptor muestra los datos en el puerto serial, que está recibiendo del emisor.

Es importante mencionar que en el ángulo en el que se inicializa el circuito del emisor, se toma como ángulo cero, por eso es importante cuando se inicialice, la postura que tiene la persona objeto de la medición este en una postura inicial, es decir que no esté realizando una tarea aún.

CAPÍTULO IV.

4 METODOLOGÍA

4.1 Introducción.

Se plantean los valores que requiere la programación para el funcionamiento, así como los resultados positivos obtenidos en el proyecto y los que no se lograron alcanzar y cuales fueron la razones.

4.2 funcionamiento.

Consta de tres pasos o que se deben cumplir, la medición, la comunicación y el procesamiento de datos.

Medición.

Para lograr la medición de los ángulos es necesario iniciar la medición desde una postura inicial, es decir, antes de que se realice la tarea que se desea medir. Una vez que el acelerómetro esta encendido y fijado a la parte del cuerpo a medir se inicializa el monitor serie que es donde se recibirán los datos de las mediciones. Y es cuando se puede iniciar la tarea.

Para medir el desplazamiento en X, Y y Z es necesario definir la medida del brazo y antebrazo para poder calcular mediante los ángulos que se forman con cada movimiento y las fórmulas de seno, coseno y tangente los valores del desplazamiento en cada eje. Para obtener los ángulos originados por los movimientos es necesario, en el caso de un brazo, el uso de dos acelerómetros, uno para el brazo y otro para el antebrazo, cada uno toma sus

lecturas independientes y estas determinan su propio desplazamiento para posteriormente sumarlos y obtener un desplazamiento total, es decir que el desplazamiento total va a ser la suma del desplazamiento del brazo en cada eje, más la suma del desplazamiento del antebrazo en cada eje.

Para la medición de los ángulos en que la cabeza está girando, con un solo acelerómetro es suficiente, ya que las mediciones obtenidas con este son todo lo que se necesita puesto que ya son en grados de inclinación.

Comunicación.

Para esto la comunicación de las tarjetas Arduino es necesaria. Originalmente se propuso una comunicación mediante módulos de radiofrecuencia RF 433 Hz. Para hacer una red de comunicación que constaba de 2 emisores para cada extremidad superior y una para la cabeza, dando un total de 5 emisores, estos enviarían la información por radiofrecuencia a un receptor que aparte de recibir los datos los procesaría.

Procesamiento de datos.

El encargado del procesamiento de datos para el desplazamiento que se realiza es los brazos es el receptor, que con los ángulos obtenidos de las lecturas en tiempo real y un proceso continuo de esos datos que conta de obtener desplazamiento en los tres ejes del brazo y sumado con el desplazamiento de los tres ejes del antebrazo daría como resultado el desplazamiento de cada extremidad superior y a su vez la posición en la que

esta cada mano. Para el procesamiento de los datos de los ángulos de la cabeza el emisor de la misma es el que los procesa, ya que el único proceso que realizaría de estos es compararlos con parámetros ya establecidos para mediante una señal de luces de colores mostrar si el ángulo en el que esta la cabeza es una postura correcta, incorrecta que puede traer consecuencias si se hacen prolongadamente o incorrectas que se deben evitar en su totalidad, señaladas por los colores verde, amarillo y rojo respectivamente. Los parámetros están definidos por la norma ISO 14738:2002

Resultados.

Medición.

Los resultados en la medición de los ángulos son positivos ya que se cumple con el objetivo y cada sistema (tarjeta Arduino, acelerómetro y modulo RF 433) con lo esperado, proporcionan medidas de ángulos instantáneamente y los emiten por radio frecuencia.

Comunicación.

La comunicación, conjunta no fue posible debido a que los módulos RF 433 trabajan en la misma frecuencia y provocan una situación en esta al usarse dos o más emisores simultáneamente, por lo que no es posible trabajar con más de un sistema a la vez

Procesamiento de datos.

En el caso del procesamiento de los datos de la medición de los ángulos es correcta y se cumple con el objetivo tanto en la cabeza como en brazos ya que cumplen con tomar las lecturas y enviarlas, en el caso específico del proceso que lleva el sistema de la cabeza, también esta alcanzado ya que emite las señales de luces correctamente.

El procesamiento de los datos para la determinación del desplazamiento no es posible ya que es dependiente de la comunicación sincronizada de los sistemas, lo cual no se logró y representa un obstáculo para el alcance de este objetivo y no es posible hacer prueba alguna de una red de comunicación con el uso de módulos de radiofrecuencia, misma que es indispensable para el alcance del objetivo de la determinación del desplazamiento.

4.3 Metodología de medición.

- 1 Una vez armado el circuito, se debe “subir” la programación del emisor y receptor según corresponde a cada circuito, los 5 emisores tienen la misma programación y en el caso de los emisores que van en brazos y antebrazos dado que su circuito no contiene led, simplemente no dan esta señal de colores.
- 2 Se debe fijar en la extremidad que se desee medir.
- 3 Abrir el puerto serial en Arduino del receptor. El emisor con el giroscopio inicia a medir en el momento que el puerto serial se inicia.

- 4 El receptor muestra los datos en el puerto serial, datos que está recibiendo del emisor.

Es importante mencionar que en el ángulo en el que se inicializa el emisor, se toma como ángulo cero, por eso es importante que cuando se inicialice, la postura que tiene la persona objeto de la medición sea en una postura inicial, es decir que no esté realizando una tarea aún.

4.4 Resultado final.

4.4.1 Programación del sistema emisor.

```
// X = Angle[2]
// Y = Angle[1]
// Z = Angle[0]
#include <Wire.h>
#include <VirtualWire.h>
//Direccion I2C de la IMU
#define MPU 0x68
//Ratios de conversión
#define A_R 16384.0 // 32768/2
#define G_R 131.0 // 32768/250
//Conversión de radianes a grados 180/PI
#define RAD_A_DEG = 57.295779
//MPU-6050 da los valores en enteros de 16 bits
//Valores RAW
int ROJO = 10;
int AMARILLO = 11;
```

```

int VERDE = 12;

int ROJO1 = 6;

int AMARILLO1 = 7;

int VERDE1 = 8;

int16_t AcX, AcY, AcZ, GyX, GyY, GyZ;

String x;

String y;

String z;

//Ángulos

float Acc[2];

float Gy[3];

float Angle[3];

String Dato=""; //TRANSMISOR

const char* dato_env=""; //TRANSMISOR

String valores;

long tiempo_prev;

float dt;

void setup()

{

Wire.begin(); // D2(GPIO4)=SDA / D1(GPIO5)=SCL

Wire.beginTransmission(MPU);

Wire.write(0x6B);

Wire.write(0);

Wire.endTransmission(true);

Serial.begin(115200);

pinMode (ROJO, OUTPUT);

pinMode (AMARILLO, OUTPUT);

pinMode (VERDE, OUTPUT);

pinMode (ROJO1, OUTPUT);

```

```

    pinMode (AMARILLO1, OUTPUT);
pinMode (VERDE1, OUTPUT);
Serial.println("Emisor RF");
    vw_setup(2000);
    vw_set_tx_pin(9);
}
void loop()
{
    //Leer los valores del Acelerometro de la IMU
    Wire.beginTransmission(MPU);
    Wire.write(0x3B); //Pedir el registro 0x3B - corresponde al AcX
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU,6,true); //A partir del 0x3B, se piden 6 registros
    AcX=Wire.read()<<8|Wire.read(); //Cada valor ocupa 2 registros
    AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();
    AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();

    //A partir de los valores del acelerómetro, se calculan los ángulos Y, X
    //respectivamente, con la fórmula de la tangente.

    Acc[2] = atan(-1*(AcZ/A_R)/sqrt(pow((AcZ/A_R),2) +
pow((AcZ/A_R),2)))*RAD_TO_DEG;

    Acc[1] = atan(-1*(AcX/A_R)/sqrt(pow((AcY/A_R),2) +
pow((AcZ/A_R),2)))*RAD_TO_DEG;

    Acc[0] = atan((AcY/A_R)/sqrt(pow((AcX/A_R),2) +
pow((AcZ/A_R),2)))*RAD_TO_DEG;

    //Leer los valores del Giroscopio
    Wire.beginTransmission(MPU);
    Wire.write(0x43);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU,6,true); //A partir del 0x43, se piden 6 registros
    GyX=Wire.read()<<8|Wire.read(); //Cada valor ocupa 2 registros

```

```

GyY=Wire.read()<<8|Wire.read();
GyZ=Wire.read()<<8|Wire.read();

//Calculo del ángulo del Giroscopio
Gy[0] = GyX/G_R;
Gy[1] = GyY/G_R;
Gy[2] = GyZ/G_R;

dt = (millis() - tiempo_prev) / 1000.0;
tiempo_prev = millis();

//Aplicar el Filtro Complementario
Angle[0] = 0.98 *(Angle[0]+Gy[0]*dt) + 0.02*Acc[0];
Angle[1] = 0.98 *(Angle[1]+Gy[1]*dt) + 0.02*Acc[1];
Angle[2] = 0.98 *(Angle[2]+Gy[1]*dt) + 0.02*Acc[2];

//Integración respecto del tiempo paras calcular el YAW
Angle[2] = Angle[2]+Gy[2]*dt;

delay(20); //TIEMPO DE ESPERA (MEDICIONES POR SEGUNDO = 1000/(delay)
valores = " " + String (Angle[2]) + " " +String (Angle[1]) + " " + String (Angle[0]) ;

// Conversión de un valor real a cadena
int tamano = valores.length()+1; // Obtiene las longitud de la cadena a convertir
char mensaje[tamano];

valores.toCharArray(mensaje, tamano); // Conversión de cadena a arreglo de
caracteres

dato_env = mensaje; // Asignación de arreglo de caracteres convertido
vw_send((uint8_t *)dato_env, strlen(dato_env)); // Envío al módulo RF
vw_wait_tx(); // Tiempo de espera para finalización de envío
Serial.println(dato_env); // Monitor de los datos enviados por el puerto serie
delay(20);
}

```

4.4.2 Programación del sistema receptor.

```
#include <VirtualWire.h>

void setup()
{
    Serial.begin(115200); // Debugging only
    Serial.println("Receptor: Setup");
    // Se inicializa el RF
    vw_setup(2000); // velocidad: Bits per segundo
    vw_set_rx_pin(9); //Pin 2 como entrada del RF
    vw_rx_start(); // Se inicia como receptor
}

void loop()
{
    uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
    //verificamos si hay un dato valido en el RF
    if (vw_get_message(buf, &buflen))
    {
        int i;
        digitalWrite(13, true); // Parpadeamos el led al recibir
        //verificamos si hay un dato valido en el RF
        Serial.print("Mensaje: ");
        for (i = 0; i < buflen; i++)
        {
            Serial.print((char)buf[i]);
        }
        Serial.println("");
        digitalWrite(13, false);
    }
}
```

```

    }
}

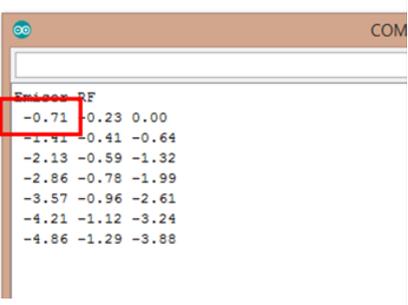
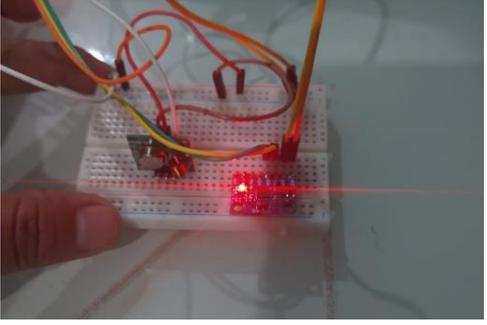
```

4.5 Comparativa.

Comparación de mediciones con el sistema Arduino con mediciones con herramientas de medición. Descripción de acuerdo al número de figura:

1. La primera medida es de los 0 grados sobre el eje X que es donde se inicializan las mediciones.
2. La siguiente medida es a los 45 grados a la derecha sobre el eje X, señalado por el signo negativo.
3. La medida seguida es de 45 grados a la izquierda sobre el eje X, por lo tanto, no contiene signo.
4. Medida a 45 grados sobre el eje Y, representada con el signo negativo ya que es en sentido de las manecillas del reloj.
5. Medida a 45 grados sobre el eje Y, representada sin signo negativo ya que es en sentido contrario a las manecillas del reloj.

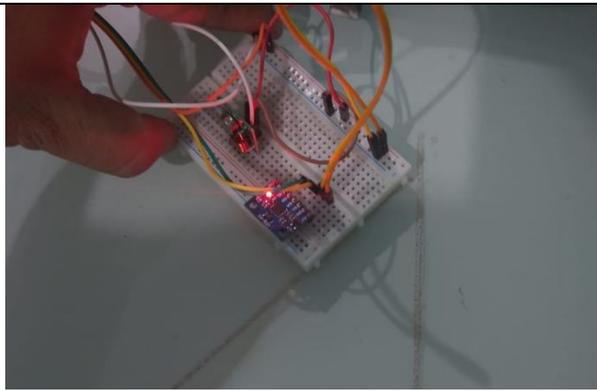
Tabla 4.1 Fotografías de las mediciones realizadas

Arduino	Escuadra 45 grados.	#
 <pre> Serial RF -0.71 -0.23 0.00 -1.41 -0.41 -0.64 -2.13 -0.59 -1.32 -2.86 -0.78 -1.99 -3.57 -0.96 -2.61 -4.21 -1.12 -3.24 -4.86 -1.29 -3.88 </pre>		1

```

COM4
-47.55 -7.30 -30.75
-47.57 -7.27 -30.87
-48.08 -7.36 -31.07
-47.90 -7.52 -31.26
-47.74 -7.56 -31.33
-47.50 -7.54 -31.44
-47.21 -7.58 -31.55
-46.90 -7.62 -31.60
-46.32 -7.62 -31.62
-45.66 -7.71 -31.62
-45.22 -7.66 -31.73
-45.10 -7.72 -31.84
-44.63 -7.70 -31.90
-44.43 -7.71 -31.97
-44.30 -7.75 -32.09
-44.24 -7.88 -32.22
-44.09 -7.86 -32.32
 Autoscroll  Mostrar marca temporal Ambos NL & C

```

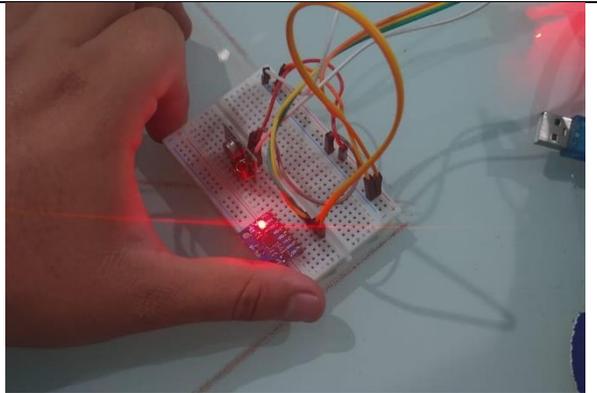


2

```

5.74 -4.73 -26.62
24.20 5.27 -28.36
33.98 0.03 -26.91
37.13 -0.96 -26.03
39.08 -1.05 -25.75
38.81 -1.15 -26.46
39.67 -1.20 -26.50
40.45 -1.05 -26.97
40.19 -0.93 -26.84
43.13 -0.27 -28.12
41.71 -0.38 -28.37
44.14 -1.84 -24.74
46.34 -1.76 -24.77
43.18 -1.29 -24.52
42.45 -1.42 -25.03
42.28 -1.54 -25.06
40.14 -1.48 -25.23
 Autoscroll  Mostrar marca temporal

```

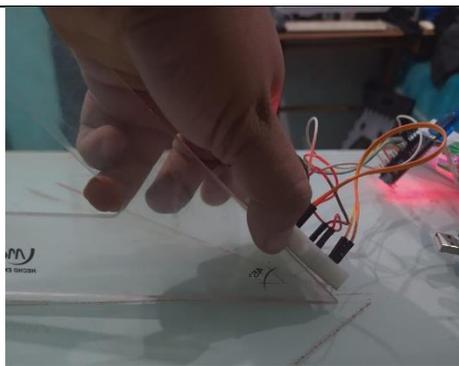


3

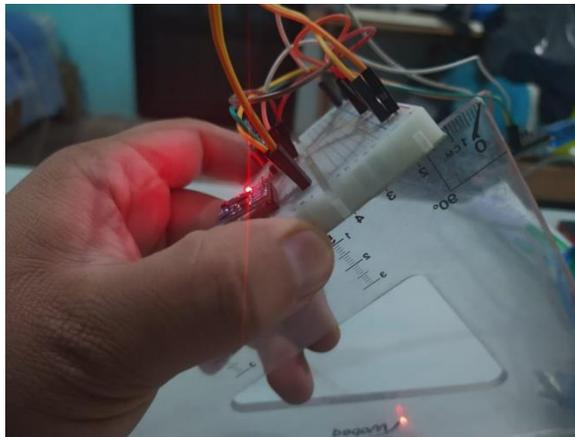
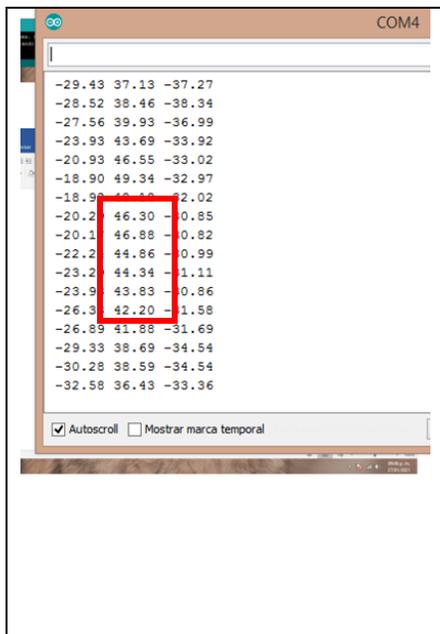
```

-32.28 -45.48 39.32
-33.88 -46.44 39.79
-31.03 -43.83 36.52
-30.60 -43.27 35.88
-32.05 -44.43 36.30
-33.29 -45.16 36.87
-33.55 -45.35 36.97
-35.55 -46.86 37.24
-36.07 -46.87 37.17
-36.68 -47.15 37.23
-36.68 -47.12 37.14
-36.22 -46.64 36.76
-36.25 -46.87 36.57
-36.20 -46.70 36.48
-36.11 -46.62 36.39
-36.12 -46.54 36.29
-35.55 -46.43 36.06

```



4



5

CAPÍTULO V.

5 CONCLUSIÓN GENERAL.

La presente tesis tuvo como objetivo desarrollar una programación en Arduino que fuera útil para, en complemento accesorios compatibles con Arduino, poder medir la dinámica de movimiento, para ser una herramienta que facilitara dicha tarea, disminuyendo el entorpecimiento del movimiento que realiza una persona objeto de medición.

Las variables que son el objetivo a medir son los ángulos de la cabeza, desplazamiento de las manos, a través de la determinación de los ángulos en los brazos y antebrazos. La medición de todos los ángulos mencionados es posible, más la medición del desplazamiento no lo fue, ya que los módulos para la comunicación de datos no fue el más conveniente, ya que la comunicación es solo de un emisor y un solo receptor, motivo por el que no fue posible la obtención de todos los ángulos de forma sincronizada puesto que la comunicación que se requiere es en un sistema conformado por 4 emisores y un solo receptor que se encargaría de obtener los datos de manera sincronizada para la manipulación de los mismos, se recomienda la utilización de módulos bluetooth HC 05 para poder continuar con la parte del objetivo que no se alcanzó, así como trabajar sobre los principio de esta tesis que servirán como base para la obtención del desplazamiento.

Con la conclusión de esta tesis queda una oportunidad de seguir desarrollando la programación con lo antes mencionado para que de esta manera el alcance de la medición sea mayor y complementario a lo ya alcanzado hasta ahora.

5.1 Recomendaciones.

1. Utilizar tarjetas Arduino y microcontroladores originales.
2. No utilizar cables jumper DuPont ya que, su tiempo de vida es corto, es más recomendable soldar los cables con estaño.
3. No separar a una distancia mayor de un metro el receptor del emisor.
4. No obstaculizar la comunicación entre el emisor y el receptor con paredes acrílicas o de cualquier otro material.

Bibliografía.

- Andrés Díaz, C., Toro, M. L., Forero, J. C., & Torres, A. (2009). Detección, rastreo y reconstrucción tridimensional de marcadores pasivos para análisis de movimiento humano. *Cinemed III. Revista Ingeniería Biomédica*, 56-67. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/293376457_Deteccion_rastreo_y_reconstruccion_tridimensional_de_marcadores_pasivos_para_analisis_de_movimiento_humano_Cinemed_III
- Arduino. (s.f.). *ARDUINO*. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>
- Asociación Española de Ergonomía. (s.f.). *Asociación Española de Ergonomía*. Obtenido de Asociación Española de Ergonomía: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Asociación Internacional de Ergonomía. (s.f.). *Asociación Española de Ergonomía*. Obtenido de Asociación Española de Ergonomía: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- BALLUFF ARGENTINA. (2019). *BALLUFF*. Obtenido de BALLUFF: https://www.balluff.com/es/ar/service/basics-of-automation/fundamentals-of-automation/basic-of-sensing/?gclid=Cj0KCQiApaXxBRDNARIsAGFdaB-CXXP3qzqEG-FK87qTQZu-1S_2VwVeHVPpQecVi3tPSft5Ef451n0aAtAXEALw_wcB
- CEPRIT. (febrero de 2014). *Essalud*. Obtenido de Essalud: http://www.essalud.gob.pe/downloads/ceprit/BoletinCPR02_2014.pdf
- Colomina, R. A. (2007). *Utilización y aplicación de programas informáticos para el*. Obtenido de Utilización y aplicación de programas informáticos para el: <https://www.ugr.es/~swimsci/SwimmingScience/page4/page16/page56/files/InstruccionesATD.pdf>
- ELECTRONICA ESTUDIO*. (2019). Obtenido de ELECTRONICA ESTUDIO: <https://www.electronicaestudio.com/que-es-un-microcontrolador/>
- Ergonomía, A. I. (2016). *Asociación de Ergonomía Argentina*. Obtenido de Asociación de Ergonomía Argentina: <http://www.adeArgentina.org.ar/segun-iea.html>
- Fonseca, M. M. (septiembre de 2006). *Revista Cubana de Enfermería*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de Revista Cubana de Enfermería: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192006000400008
- ICS. (octubre de 2003). *slideshare*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/AFreniere/65026518-3normaiso8995>
- Rodríguez, N. A. (2002). *repositorio*. Recuperado el 06 de 01 de 2020, de repositorio: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/24521/u234658.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, M. A. (18 de Noviembre de 2018). *ACADEMIA*. Recuperado el 3 de diciembre de 2019, de ACADEMIA:
https://www.academia.edu/37756382/Nombre_de_la_materia_Estudio_del_trabajo

SOMMERVILLE, I. (2005). *Ingeniería del software*. (M. Martín-Romo, Ed.) Madrid, España: PEARSON EDUCACION. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de
<https://books.google.es/books?id=gQWd49zSut4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

SPORTLAB, B. (2019). *BTS Bioengineering*. Obtenido de
<https://www.btsbioengineering.com/es/products/bts-sportlab-motion-capture-sport/>

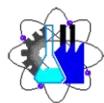


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC certificado en la norma ISO 9001:2015

Gestión Académica



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

ACTA DE EVALUACION TRABAJO DE DESARROLLO PROFESIONAL POR ETAPAS

ACTA No.1/2020

En la sala virtual de la **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, de esta Ciudad de Cuernavaca el **miércoles 6 de marzo de 2020**, a **las 16:00 h.** se reunieron los siguientes profesores designados por la Dirección de la Facultad como Jurado, para realizar la evaluación correspondiente a la **Primera etapa** del trabajo de tesis de desarrollo profesional por etapas titulado:

Determinación de la dinámica de movimiento de trabajo utilizando Arduino.

Presentado por el C: **ENRIQUE ROMÁN OLAIS**
Pasante de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Una vez analizado y cuestionado al respecto de los temas expuestos y tomado las consideraciones pertinentes, sobre el siguiente contenido:

Capítulo 1. Introducción (Antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis).

Capítulo 2. Marco Teórico y Marco Contextual.

Estableciendo el siguiente resultado y su firma.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
Aprobatorio	DRA. MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA	
Aprobatorio	DR. J. GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR	
Aprobatorio	DR. MARIO ACOSTA FLORES	
Aprobatorio	DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ	
Aprobatorio	DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR	

VALH/kgss

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209
Tel. (777) 329-70-00 Ext. 7039/ fcqei@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA | Fecha:2022-02-22 18:46:15 | Firmante

NZZD5bRmvJXP5OTNo6zOeWItNY6z9GyUY0ukZmZ0Ko25HkF1J4AwT2Sea1YArW2UVJ7FeiOLemY9z7nKMPwTdyk/qWSh5cG3KzmCfOUEIGCfzdWYHyY7RU222Y7C6MzylTeyUOyhk2ms5ZmZl/BEP6KSeWQDZqtptzs1aXCaiyjuvhQ0vi2VManKxp+6cLrXKacDcKCOw7Zz8ruy5UnBj8Rtufm0dB24uBleD0kkOzYfhtPXzdOmZMORYaITBNNIKRMwkOs q1UmfrJPZCGA4aN1tSnhqAd+vy9+POu6sq2DjxDIfY4XzJnl4TPFs/NYWnMFPNjH246w5XOJICOMw==

MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR | Fecha:2022-02-23 11:43:07 | Firmante

RLcggsGM2RscVvToc+1jx6hF+R2+1fG5I2cuGhrVyoNXzamrgNlaeQxUh2O9YaNk/b/X5OX5PaOMqqUzBy3TIUB3i4dyznjTacNLQ3YIFx8xqIHF3Cx3QHckJqXacyswW1WYJOQc vrDmWVNU7j3c3whZxReoRnGjhEHFglhJTad/IG0aFYWUnKPK6R/gnoYEBsvN+jAiL3ADHvtnfTZ9cn4bomOaxodg1I37xEyaU/OzSt43BkmNohP2ymPpxRQ42TaRS8YoZYfePwzO xCTuAaizUP02Pq9yCUB4GM2sv1wGvTCGKTIO5OGa1nD5v6uJbyxuegJdvSUfueVDH3i27w==

VIRODIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-02-23 13:41:25 | Firmante

kiTN3n73MhWGYvHTmF45dV6t4jeEolwRzpxXplqhax90NdVvAFQEMGA/apOWPq96TJuMx22tPib3TXuxZim1kr3Vj1DB34zpNxiMLjyEhNQITi23/NEoHjvwxwoJR2Vb9Qjft+vG1 qtZXEjchYldGSIEW9bRjccJdAQdC0H04alxB+qsYkQ2+hftSApUGf7tOWsQTgxv0tUJTVbelhAshsvmiDnS63bFQkRcZ+W9ePGKg+RC76o54TeOX1BdQVn186cJk5LMyV8M/A 0nLenUQ7yU6KtIF+h8xN85AIEBlqNf07R6rS19NdsNK9+cTtRtJbFDZaHOrEDZMO62A==

J GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR | Fecha:2022-02-23 17:59:58 | Firmante

gb+HFxsj/s0puNXtZSK0alKWKeeY47FGbwkPUS2qEy9hIVnhj768EXhZChTwsTJIZlcmJpAMQC/CfBx3sdRv3nB3tvdDaDWCxqzQCMSI7B/JZDIEFUVbOyAq3UULkYTGhOpF/Gox 9/jDxBjRbmwVvQyX/93sANDV3WLXu6CYRC5D7I6Jdtjt/tgjoVTI+2dRrpqUuoFLN/LyMCcCGkR9QzBabyRfXqPBVkfryE+0u2pWXXrRnR/IR7166JLYzu261VktxeodzTaDslvBs0 3BNTnem0xZD7lvxfSS2US8EA1drD+adutbLMv4DCoeEvGj3Pz06Gqt36LUthPvjqQ==

MARIO ACOSTA FLORES | Fecha:2022-02-24 14:00:26 | Firmante

zD9wqZtYMrHdiZ8/ZM63IL6MDX/npQelYkahJcNSGX1to0EPmRI/8bm+4gs/5EmIfEELZHGb1rz6q8FPZcJjZID7fCM0imj5CEH+2Rml+BZoPEWFZcBLmx3KQTNJsu7mwS6QkV +WWfGyKGCQG1DLPUnDoMFJibn8DiHRbDDSciXnYUyGpPMXC15CNRKoJGMQvBZC41AFOWNLq1zT5mcCGXTrJJ/aVefD27hG7NqllXx7qp110mhRmtjf89JNlIdAA5z46LwiL 0KkShKmUoydTF86Amqw5WOoVoHO/1WlRlPQGOvICT+jqbO5jy27vnmOXHRCOasn1EPP0uJi1A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



qJhBdbj84

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/CwBL2IWLefQuktmmmluMfSMxbDvcvIKC>



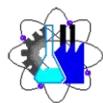


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC certificado en la norma ISO 9001:2015

Gestión Académica



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

ACTA DE EVALUACION TRABAJO DE DESARROLLO PROFESIONAL POR ETAPAS

ACTA No.5/2020

En la sala virtual de la **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, de esta Ciudad de Cuernavaca el miércoles **9 de diciembre de 2020**, a las **17:30 h.** se reunieron los siguientes profesores designados por la Dirección de la Facultad como Jurado, para realizar la evaluación correspondiente a la **Segunda etapa** del trabajo de tesis de desarrollo profesional por etapas titulado:

Determinación de la dinámica de movimiento de trabajo utilizando Arduino.

Presentado por el C: **ENRIQUE ROMÁN OLAIS**
Pasante de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Una vez analizado y cuestionado al respecto de los temas expuestos y tomado las consideraciones pertinentes, sobre el siguiente contenido:

Capítulo 3. Metodología
Capítulo 4. Resultados y discusión

Estableciendo el siguiente resultado y su firma.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
Aprobatorio	DRA. MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA	
Aprobatorio	DR. J. GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR	
Aprobatorio	DR. MARIO ACOSTA FLORES	
Aprobatorio	DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ	
Aprobatorio	DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR	

VALH/kgss

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209
Tel. (777) 329-70-00 Ext. 7039/ fcqei@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA | Fecha:2022-02-22 18:46:14 | Firmante

3lrxidqnsfPNfociGGMONgbhK2swMIHB887Bw+nN+jAC+kTzu1hBULUMHPmqLFcnxboarbabGHS80V4YIJXE4VrAUzBDs479TWtSw7GkFFIRm9dJMGsIII3PGdLSc5uUMzGVX
xS87RXYu1f5GdVXkO8DOo9dRtW9RDfGdJvQBm+TKHZhaPVT47xchOlvGdzK84S8RoBaNgw7IQP5oIXIUM13GPwbPjnl7uTJCGUq6P4BRe/9jX9kcJ2y0YFdyM8JWOZNRGID
W5NsC2EPet/2Vv+TFKh1loMXKJmRXE9qQge1gSMfrDHU7MD4ZvOb3UsJ1Mei4AGpVj3D0L3GVHA==

MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR | Fecha:2022-02-23 11:43:06 | Firmante

c8FPqrxqiacDIPwOemEVU/NYYEs30Jy8gp1O1uil0ll+ex6WVD+5Fz7M7wAfwCJTnOyWxURKmol1TMCC1RbkFddZzk+Q42ydzLpCvXVfPSanY5+5qui2M2Z176VSoqkxrQ5n4gHcz
zwd63O29Ld41R5JolRDb+36lkk/E5Q3Mkvz9jLUPHNdyag1bM30fmAslUot/621WSImIVKAp22FQWhHfioXTXCDrTNMg1eMrrwLu1vJGJ2yF+7nKsA/BKIsS3ai3fs7i7ETF4pyyGcj+
rBIK1WAmgyAKX78bkak69mVc6v5kbfvSyqmdZXdXeZBS5ofD07LhuNK1UoliaadD73g==

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-02-23 13:41:24 | Firmante

eRMeqy0tVMrTAoeBPMbY2lakQi/5epfUdJ6aDwaVBA5wMyAKasID0mhpTSHzsgSz68++Nam0VZx5hHAqsWylT+kl6PYTZyyZ64vwCcW3dh5ZSP/TAPT/1q9z/z7163p+85IJFFA
P1A592QNzwoaq5d+4R9E+ky1xW937BozB7xu3JtrLXBjC4h1zHVjKrRy4E9nlyOygggCFX0CJVifq5zILICNqe0Y94ZHrgr+KR3qviSib4ztz1SgJgSwrNky+71SunsQAtvM/NqyZyqO
+H9JzsRlpCZ2ax4j7zid126/vc8zAvgNa3xQ6JDURH8ce8CenQPg0AV0DNKGXzoCiw==

J GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR | Fecha:2022-02-23 17:59:57 | Firmante

rbgDwU2gyr+wIBR5zy4k1HRRRBFswFNBIeKyL31eL5p2mR041Tmlp59QAhdhe3CaChOPbuM8XQF8Ailyd/8ghqbHDUCfbl3RGTQxA9HRaGyaj6aS5aqTBuAaGU2p9sUE3Vh3
QYvoKbCYST6Hz20BRyLZz+TtooC91r7u7JlItM/2dkPvzfLjc2g9cAF6g/rjapQIMHaC6NV5UvE7hU6LFHYbMQK3wul8S/SISm6k/qMpbYHYBBwek97niBnQcMmHbdcHvMtl3DEZm
Q69oNM6/upgesXd7YDifj3Auu7crWAuWe2ZIBohzuUb4SoqpuSio9VBempQancu+ZcjNPVg==

MARIO ACOSTA FLORES | Fecha:2022-02-24 14:00:25 | Firmante

uaKV7E80c/kREwNoDU4tGos27ITDZTDSSE8myfeiTJzblu3cdGpleGvusQmMsTmJqQ0ZARZmhiZTglTGA8fufz1taXD+0TWVqVHQ+7qJYkY8zD/dcNsnqZ1gpg1DfJOUCCMITdgt
vDoNpON4n2F2a2Jsrys9+x/df3jlO92nZ6STUIGIs6VtYdwM0q5/DqqMAVLcer8zBPSxutELsneb5+DtX7XlxUd2BipQy7SFzuAAXQNVt4K/Zqt1Gcs1oDTA0rBHrp7DgQ5XrLEOPz7
XEWzqncXckBRVYg6NbZPQn75/bOwhzsw1fSGhoE6aca4Dh7Phg3hsPbIPKQvq8Uxw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



kOudwLNPH

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/lhGcmfxMksigpvvgXoiVRCgEkAkKxOHM>



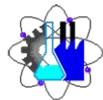


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC certificado en la norma ISO 9001:2015

Gestión Académica



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

ACTA DE EVALUACION TRABAJO DE DESARROLLO PROFESIONAL POR ETAPAS

ACTA No.4/2021

En la sala virtual de la **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, de esta Ciudad de Cuernavaca el miércoles **28 de enero de 2021**, a las **18:00 h.** se reunieron los siguientes profesores designados por la Dirección de la Facultad como Jurado, para realizar la evaluación correspondiente a la **Tercer etapa** del trabajo de tesis de desarrollo profesional por etapas titulado:

Determinación de la dinámica de movimiento de trabajo utilizando Arduino.

Presentado por el C: **ENRIQUE ROMÁN OLAIS**
Pasante de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Una vez analizado y cuestionado al respecto de los temas expuestos y tomado las consideraciones pertinentes, sobre el siguiente contenido:

Capítulo 5. Conclusiones Correcciones implementadas a Capítulos del 1 al 4

Estableciendo el siguiente resultado y su firma.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
Aprobatorio	DRA. MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA	
Aprobatorio	DR. J. GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR	
Aprobatorio	DR. MARIO ACOSTA FLORES	
Aprobatorio	DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ	
Aprobatorio	DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR	

VALH/kgss

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209
Tel. (777) 329-70-00 Ext. 7039/ fcqei@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARTHA ROSELIA CONTRERAS VALENZUELA | Fecha:2022-02-22 18:46:13 | Firmante

YIBg7QspeoBDD/21aM2yla17wcipevVe1alrTb9wbWkiRQ6BP7IXmm/c1m6rmdmbH0YIF9trxsFUr/OfJc6gFp5JLi51HdYXdPp/uP1IH+nKp5YskvFQAzewwsHg7dZIEHBPxNR8VBVeObbFndEkzAtisiPt6PPY3mCX9P9mhoMHQi8Y6hcTwHjT3Od7Ns0hBwCxdwplgJXFmflyftKuUP0xX3bOkRqTxmg5ZWB5Nkyr8E9pNJ8zTySoxchrabiCLZDgzSP9AKUhoCGI8Efb+noYhfardBM7IqspH+kpQDFb9E3Nx4ex+zEph9FqF+UKDxmGWimMmgXpxHo5biQ==

MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR | Fecha:2022-02-23 11:43:04 | Firmante

iUhPeleF99mJo90ItAQJSULPAkHNM43t/f8qLvlxel/4x7/oc4KYkdB7I3SGiecmq25bBkmqGXMLZRd9ITC+AOGkE+obbjP1VtS7IfSoRi87QMxj1uiqdTV0ZfWcBtuD3t5U5RyR3sGhdvcaAuDKMGA7syilv3EaFmNixaHw9r47K0MJooxllSaZp1Cj4F9NoemGw5f/lXA824+sllGI4XhBJCuc4jSadO6bxQ72k1v7bLWpD2Zdp8/hz8Po8Esl4HmkV9VohvwwSjHMPliXiPHNEhLy/+KsdrvBgw8l3xQzcoy4kKIWdczq9gqd1ycx60deXWvuuC65ELxrBEchW==

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-02-23 13:41:23 | Firmante

Wq4S3wP5HOhBsCJZXOk+grRPgYVslJ3K3zDXmYmPa0MYowfPlcbv1MAcl16yco9D4LS4272cggvEivebSyp1u45zCtsyi+aFLDqFNUArhn6xKpsHFMbClshov3nzdAd3lgCHu8/9z2VRu199wK8nXGSwpsvh/HsyCAG5UvinqN18TzSjNMk1SBGY8gmy0M6p4qlhXaKJTi+5GI3RpPnOS3SoMygxpgcQnHiyi3ZfGQhtyie/f0e/Cylnlm/TAGCBkBlun2cU362kbqvbqgzgm+VnUiWuBclLahz/AwB/Z5rCpU8OxfUclvlZ5kauScQXTp6gEKL62l2Kgn04ISglg==

J GUADALUPE VELASQUEZ AGUILAR | Fecha:2022-02-23 17:59:57 | Firmante

LvTImBaOLOzHfrAmxX2aaWQkauSZOJWshewsaVfbSwllyGjg2iv3Y7y51r5Cw92dlyX8250E9RQDANa8HjMz2fLXixnbdIDvIk8l3gmvP6jTmQ1xQfaFBMA6+XX5g5oggYvGxhTufT Xq5bZQ8QPeRrKSBHNRfHz7kzge/lqeZ8/FI/Mc1k3AOST0n50avtOlpl4iCgi4AJVkBkYgunKZCXBDZQYE0C1txXTGeD/+RkDxQEyPI8DwdLykdcnfSDiF9rWAl6iO1dtUbjLoZeGQdduYhc3jBHKzUyzW+0WaBGM44+gvhRDhc35OEmbTODNqsjnTdp06FVNlyFJ5UZdMf9Q==

MARIO ACOSTA FLORES | Fecha:2022-02-24 14:00:23 | Firmante

usZnlzGxc1+J7tmF9nZedpLPpWAFW8QJPg7VbJa2sgMQUTvljp56MonXNmRs7dLhfdXms9c/B9xyVE23n9BdytE9hObRStRnwL06ypF5ZutMdeQzZMCHYz4Ug6BEVjXQ7yj6y y3uOvZQtOZ2grGtiXGvra7SHMolNiTO1Y8SOqrstOr/w61PTcfi2/bmM/rMbAZ4qjU5c1sBPmirtru6ppzVczo0SWGbt+Nf3wuBdufnfLJXkL6nlaiMrelze1IEVbivPQ4B7R5By44KH Ym7oyvgot5vKfY8GOeQfnxCfGqGHMx76GzRJonEwh/yX/62Ep9J5p/p3NQuHwoBAgQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



sEzaK8H3C

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/2yTxEzCfx6R1rAT5RvZr1Skz3WWKHbkk>

