



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO CON INTERFACE A PC PARA
MONITORIZAR LA ACTIVIDAD MUSCULAR (ELECTROMIOGRAFO)”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMPUTACION

Presentado por:

Carlos Homero Tipan Tisalema

Washington Stalin Ortega Pazos

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Franklin Moreno.

Al Ing. Paul Romero.

Al Ing. Edwin Altamirano.

Por la colaboracion brindada en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional y que me permitieron culminar con esta en mi vida y por la confianza que depositaron en mi, a mis hermanos por su apoyo moral que siempre confiaron en mí, ya que su paciencia y estímulo fueron muy importantes para el desarrollo de este proyecto, a mis amigos y compañeros que supieron apoyar de una u otra manera y en especial a Dios que me ha brindado de sabiduría para poder culminar con éxito este proyecto.

Stalin Ortega Pazos

DEDICATORIA

*Esta etapa de mi vida la dedico a mis padres
que me ha sabido conducir por el sendero
adecuado para lograr llegar a cumplir sueño
que comenzó mucho tiempo atrás, a mis hermanos
por brindarme su apoyo sus conocimientos
para poder salir adelante día a día,
también a la virgen de Guadalupe que me brindo
su luz y me dio una segunda oportunidad
de vida para llegar a culminar esta etapa de mi vida*

Carlos H. Tipan Tisalema

FIRMAS DE RESPONSABILIDADES

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

DECANO DE LA FIE

.....

.....

Ing. José Guerra

DIRECTOR DE ESCUELA

ELECTRONICA

TELECOMUNICACIONES Y REDES

.....

.....

Ing. Franklin Moreno

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Paul Romero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Téc. Carlos Rodríguez

DIR. CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Nosotros, Carlos Homero Tipan Tisalema y Washington Stalin Ortega Pazos somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Washington Stalin Ortega Pazos

Carlos Homero Tipán Tisalema

INDICE

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.3. OBJETIVOS 15

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES:..... 15

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 16

1.4. HIPÓTESIS 16

1.5. RECURSOS NECESARIOS..... 16

1.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS..... 17

CAPÍTULO II

SISTEMA MUSCULAR 19

2.1. INTRODUCCIÓN..... 19

2.2. FUNCIONES DEL SISTEMA MUSCULAR..... 20

2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MÚSCULOS..... 20

2.4. CLASES Y TIPOS DE MÚSCULOS 21

2.4.3. PRINCIPALES MÚSCULOS DEL CUERPO HUMANO..... 24

2.5. LAS ESTRUCTURAS SUPERFICIALES DEL MIEMBRO SUPERIOR..... 26

2.5.1. LA FASCIA DEL MIEMBRO SUPERIOR 26

2.5.2. LOS NERVIOS CUTÁNEOS DEL MIEMBRO SUPERIOR 28

ESTUDIO DE LAS INTERFACES DE COMUNICACIÓN DE INTOUCH Y LABVIEW..... 32

CAPITULO III

3.1. INTRODUCCIÓN 32

3.2. DDE DYNAMIC DATA EXCHANGE (INTERCAMBIO DINÁMICO DE DATOS). 34

3.2.1. FASTDDE..... 35

3.2.2. NETWORK DDE (NETDDE). 35

3.2.3. SUITELINK..... 36

3.2.4. OPC SERVERS. 36

3.3. INTOUCH COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO DE SISTEMAS HMI..... 38

3.4. USO DEL DDE EN INTOUCH..... 39

3.5. INTOUCH ACCESS NAME..... 40

3.6. LABVIEW.....	41
3.7. USO DEL DDE EN LABVIEW.....	41
3.8. FUNCIONES DDE ESPECIALES PARA CREAR UN SERVIDOR DDE.....	43
5.8.1. DDE Srv Register Service.....	43
3.8.2. DDE Srv Register Item.vi.....	44
3.8.3. DDE Srv Set Item.vi.....	44
3.8.4. DDE Srv Check Item.vi.....	44
3.8.5. DDE Srv Unregister Item.vi.....	44
3.8.6. DDE Srv Unregister Service.vi.....	45
CAPÍTULO IV	
ELECTROMIOGRAFÍA.....	46
4.1. INTRODUCCIÓN.....	46
4.2. SEÑAL EMG.....	47
4.3. APLICACIONES DE LA SEÑAL EMG.....	49
4.4. ELECTROMIOGRAFÍA CONVENCIONAL.....	50
4.5. ELECTROMIOGRAFÍA DE AGUJA.....	50
4.6. ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL.....	53
4.7. ORIGEN Y ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG.....	53
4.7.1. ORIGEN DE LA SEÑAL EMG.....	54
4.7.2. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG.....	55
4.7.2.1. Tipos de electrodos.....	55
4.8. POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS.....	61
CAPÍTULO V	
DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA.....	64
5.1. INTRODUCCIÓN.....	64
5.2. HARDWARE.....	64
5.2.1. Adquisición de la señal.....	64
5.2.2. Amplificación de la señal.....	65
5.2.4. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO.....	68
5.3. SOFTWARE.....	72
5.4. INTERFAZ DE COMUNICACIÓN DE HARDWARE Y PC POR MEDIO DE LA TARJETA DE AUDIO DEL COMPUTADOR.....	74
5.4.1 Configuración de sonido de entrada.....	74
5.4.2 Leer sonido de entrada.....	74
5.4.3 Detener Adquisición.....	75
5.5. DESARROLLO DE LA HMI.....	75

5.6. ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DE ELECTROMIÓGRAFO	76
5.6.1. ELECTROMIÓGRAFO DE 2 CANALES	76
5.6.2. ELECTROMIÓGRAFO ESPOCH.	77
5.6.3. ELECTROMIÓGRAFO DE 2 CANALES	77
5.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	79
CONCLUSIONES:.....	81
RECOMENDACIONES:	82
RESUMEN.....	83
SUMMARY	84
ACRÓNIMOS	91
ABREVIATURAS.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Tipos de Músculos	21
Figura II.2. Nervios Cutáneos del Miembro Superior Izquierdo	28
Figura II.3. Nervios Cutáneos del Miembro Superior Derecho	29
Figura III.4. Comunicación con elementos de adquisición de datos (varios drivers).....	33
Figura III.5. Comunicación con elementos de adquisición de datos (un solo driver).....	34
Figura III.6. Arquitectura OPC.	37
Figura III.7. Comunicación con elementos de adquisición de datos (OPC Servers).....	38
Figura III.8. InTouch Access Name.....	40
Figura III.10. Servidor DDE que chequea datos de otras aplicaciones DDE (clientes).....	42
Figura III.11. Librería <i>dde.lib</i>	43
Figura III.12. DDE Srv Register Service.....	43
Figura III.13. DDE Srv Register Item.vi.	44
Figura III.14. DDE Srv Set Item.vi.	44
Figura III.15. DDE Srv Check Item.vi.	44
Figura III.16. DDE Srv Unregister Item.vi.....	44
Figura III.17. DDE Srv Unregister Service.vi.....	45
Figura IV.18. Señal EMG. [7]	47
Figura IV.19. Características de la señal EMG (Teórica).	49
Figura IV.20. Características de la señal EMG (Practica).	49
Figura IV.21. Tipos de electrodos de aguja para electromiografía	51
Figura IV.22. Electromiografía con electrodo de aguja.....	51
Figura IV.23. Fibrilaciones.....	52
Figura IV.24. Ondas positivas	52
Figura IV.25. Electrodo para ECG (utilizados para EMG superficial).	53
Figura IV.26. Señal EMG superficial.	53
Figura IV.27. Electrodo bipolar.....	55
Figura IV.28. Estimulador para dedos.....	56
Figura IV.29. Electrodo de derivación a tierra.....	56
Figura IV.30. Electrodo para tierras con cable.....	57
Figura IV.31. Electrodo para medición de estimulación.....	58
Figura IV.32. Electrodo de estimulación de mango desmontable.....	58
Figura IV.33. Cinta de velcro para fijar electrodo.....	59
Figura IV.34. Electrodo de registro y estimulación.....	60
Figura IV.35. Electrodo de estimulación pudendal.....	60

Figura IV.36. Cable para electrodo de estimulación pudendal. [11]	61
Figura V.37. Diagrama a bloques de proyecto.....	64
Figura V.38. Configuración del AD620.....	65
FiguraV.39: Constitución Interna del AD620.....	66
Figura V.40. Circuito esquemático	69
Figura V.41. Circuito impreso completo.	70
Figura V.42. Circuito impreso completo visto en tres dimensiones.	70
Figura V.43. Circuito de la fuente de alimentación.	71
Figura V.44. Circuito de recepción de señales EMG.	71
Figura V.45. Acople de módulos.	72
Figura V.46. Etapa final de construcción de hardware.	72
Figura V.47. Etapa adquisición, tratamiento y comunicación DDE.....	73
Figura V.48. Configuración sonido de entrada.....	74
Figura V.49. Lectura desde el micrófono.	74
Figura V.50. Culmina la adquisición.....	75
Figura 51. Configuración del sistema.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla IV.I. Medida de cinta.....	57
Tabla IV.II. Tabla comparativa de los estimuladores.....	59
Tabla V.III. Precio de electromiógrafo comercial	80
Tabla V.IV. Precio de electromiógrafo construido.....	81

INTRODUCCIÓN

La electromiografía tiene un papel esencial en la evaluación de los pacientes con trastornos del sistema neuromuscular, que incluye el sistema nervioso periférico (nervios que salen de la médula espinal para dirigirse a sus órganos correspondientes, la unión del músculo y del nervio, y los denominados "**músculos esqueléticos**"), aunque también puede ser útil en el estudio de los pacientes con trastornos del sistema nervioso central (cerebro y médula espinal).

El electromiógrafo es el instrumento que permite el registro de la actividad eléctrica del músculo, y se realiza mediante la inserción de un electrodo con forma de aguja en el mismo, con el fin de registrar su actividad eléctrica. El electromiogramase diseñan función de la historia clínica y la exploración neurológica, permitiendo la localización de una lesión neuromuscularestableciendo una hipótesis sobre la localización de la lesión, evaluando el grado de afectación y el curso evolutivo del trastorno. Es importante señalar que el examen electromiográfico no permite establecer diagnósticos específicos, sino que es la correlación de los datos clínicos junto con los aportados por otras pruebas y estudios (incluyendo el electromiograma) la que establece el diagnóstico definitivo.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

La electromiografía (EMG) o electromiograma propiamente dicho consiste en el registro de las variaciones de voltaje que se producen en las fibras musculares durante la contracción voluntaria o espontánea del músculo.

Para el registro del electromiograma convencional se pueden utilizar electrodos de aguja que se insertan en los músculos que se van a explorar, o electrodos de superficie que se colocan sobre la piel que recubre dichos músculos.

El electromiograma nos ayuda a medir, las variaciones de voltaje, y el ruido eléctrico del músculo o del nervio estableciendo con esto un diagnóstico médico.

Los estudios de electromiografía son procedimientos confiables y útiles para establecer el diagnóstico y pronóstico de enfermedades del sistema nervioso central y prácticamente de la totalidad del sistema nervioso periférico.

La Escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH ha incursionado en el estudio de equipos médicos a través de diferentes tesis de ingeniería como el caso de los temas: Diseño e Implementación de un Prototipo de Electromiógrafo de Extremidades Inferiores y Superiores del ser Humano y Análisis del estrés a través de las ondas cerebrales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La temática de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC), han abierto un vasto panorama a todas las ciencias y han modificado la trasmisión de la información en tiempo y espacio traspasando barreras geográficas. Y en este hacer, la medicina y su aplicación en la salud de las personas, no ha quedado ajena a este fenómeno.

Por una parte, la medicina se ha valido de nuevas tecnologías para desarrollar mejores, más eficaces y eficientes métodos de diagnóstico, tratamiento y prevención de ciertas dolencias y por otra parte, las NTIC específicamente, le han significado el camino para llegar a muchas personas, la forma de aumentar la capacidad de resolución a unidades médicas de menor complejidad.

Se considera importante incursionar al campo médico en los equipos bio-electrónicos ya que la adquisición de las señales médicas del cuerpo es uno de los grandes aportes de la electrónica a la medicina y permitirá abrir un campo de acción directa.

Estas investigaciones realizadas en la Escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH se tomarán como base para la realización de la Tesis que se plantea, con el fin de tratar de obtener mejoras en el funcionamiento del dispositivo que se va a implementar.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES:

Diseño e implementación de un sistema electrónico con interface a PC para monitorizar la actividad muscular (Electromiógrafo).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar Electrónica Médica o bio-electrónica específicamente en el análisis de señales musculares.
- Diseñar e implementar el Hardware más apropiado para la implementación del Electromiógrafo.
- Realizar un estudio del software de programación y control In-Touch para el diseño de la interface.
- Diseñar la interface que se encargue del registro, tratamiento, comportamiento y visualización de la masa muscular utilizando el software de programación y control InTouch.
- Determinar mediante un especialista en este campo si el dispositivo tiene un correcto funcionamiento.
- Realizar un estudio comparativo técnico y económico con otros electromiógrafos existentes en el mercado.

1.4. HIPÓTESIS

Determinar que la actividad muscular es posible monitorearla a través de un sistema electrónico con interface a PC para lograr diagnósticos médicos.

1.5. RECURSOS NECESARIOS.

1.5.1. RECURSOS NECESARIOS.

1.5.1.1. EQUIPOS A UTILIZAR.

HARDWARE:

- 1 Computador Core 2Duo de 2.0 GHz, Disco duro de 250Gb
- Unidad de DVD-ROM
- Impresoras

EQUIPO DE LABORATORIO:

- Osciloscopio
- Milímetro

- Puntas lógicas.
- Fuente
- Diversas herramientas de tipo electrónico en general

SOFTWARE.

- Software de programación y simulación In-Touch.

1.5.1.2. MATERIALES A UTILIZAR:

SUMINISTROS ELECTRÓNICOS:

- Microcontroladores
- Electrodo
- Amplificadores Operacionales
- Distintos Componentes electrónicos
- Cable
- Baquelita

SERVICIOS:

- Transporte
- Gastos varios
- Internet

1.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS

1.6.1. MÉTODOS

Para la realización del proyecto de tesis, se seguirá el Método Científico, debido a que mediante este método se constituye el marco general de referencia que guiará toda la investigación. Para lo cual se consideraran los siguientes puntos:

- Planteamiento del problema
- Formulación de hipótesis
- Levantamiento de información
- Análisis e interpretación de resultados
- Comprobación de la hipótesis
- Difusión de resultados

Junto con la utilización de los *Métodos Investigativo y Experimental*, pues serán de ayuda para generar un criterio de manejo de la investigación, en base a la recopilación, análisis y clasificación de toda la información relacionada con las diferentes tecnologías, métodos y herramientas involucradas en el proyecto. Será experimental pues se implementará en la vida real, probando de manera sistematizada los diseños del equipo realizado, hasta la finalización satisfactoria del proyecto.

1.6.2. TÉCNICAS

Las técnicas a emplear en la elaboración de este proyecto son: la Observación y la Entrevista, ya que no posibilitan recolectar información que permita solucionar los problemas planteados en el proyecto, según necesidades y requerimientos de las personas que van hacer uso del equipo.

CAPÍTULO II

SISTEMA MUSCULAR

2.1. INTRODUCCIÓN

Los músculos son los motores del movimiento. Un musculo, es un haz de fibras, cuya propiedad más destacada es la contractilidad. Gracias a esta facultad, el paquete de fibras musculares se contrae cuando recibe orden adecuada. Al contraerse, se acorta y se tira del hueso o de la estructura sujeta. Acabado el trabajo, recupera su posición de reposo.

Los músculos estriados son rojos, tienen una contracción rápida y voluntaria y se insertan en los huesos a través de un tendón, por ejemplo, los de la masticación, el trapecio, que sostiene erguida la cabeza, o los gemelos en las piernas que permiten ponerse de puntillas. Por su parte los músculos lisos son blanquecinos, tapizan tubos y conductos y tienen contracción lenta e involuntaria. Se encuentran por ejemplo, recubriendo el conducto digestivo o los vasos sanguíneos (arterias y venas). El musculo cardiaco es un caso especial, pues se trata de un musculo estriado, de contracción involuntaria.

En anatomía humana, el sistema muscular es el conjunto de los más de 650 músculos del cuerpo, cuya función primordial es generar movimiento, ya sea voluntario o involuntario -músculos esqueléticos y viscerales, respectivamente. Algunos de los músculos pueden enhebrarse de ambas formas, por lo que se los suele categorizar como mixtos.

El sistema muscular permite que el esqueleto se mueva, mantenga su estabilidad y la forma del cuerpo. En los vertebrados se controla a través del sistema nervioso, aunque algunos músculos (tales como el cardíaco) pueden funcionar en forma autónoma. Aproximadamente el 40% del cuerpo humano está formado por músculos, vale decir que por cada kg de peso total, 400 g corresponden a tejido muscular.^[1]

2.2. FUNCIONES DEL SISTEMA MUSCULAR

Las principales funciones del sistema muscular son:

- El movimiento del cuerpo (locomoción) o de alguna de sus partes.
- Producción de calor. Los músculos producen un 40% del calor corporal en reposo y hasta un 80% durante el ejercicio.
- El mantenimiento de la postura.
- La mímica: por acción de ciertos músculos, especialmente de la cara, se pueden adoptar determinados gestos que sirven para expresar sentimientos.

2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MÚSCULOS

Los músculos contienen:

- Agua, que representa, aproximadamente, las tres cuartas partes del peso del músculo.
- Proteínas y compuestos nitrogenados que representan los cuatro quintos.
- Entre estas sustancias se encuentran: el miógeno (proteína del sarcoplasma); la mioglobina, parecida a la hemoglobina de la sangre y que funciona como transportador de oxígeno. La miosina constituida por cadenas de polipéptidos y la actina, proteína que aparece en dos formas: la G-actina de forma globular y la F-actina de forma fibrosa.

- Como cuerpos derivados de las proteínas figuran: el fosfágeno, que al hidrolizarse libera calor y actúa como donador de fósforo; el ATP(adenosíntrifosfato o trifosfato de adenosina) y sus derivados, ADP o AMP.
- Del grupo de los hidrocarbonados está el glucógeno, almacenado como material de reserva energética en una proporción del 0,5 al 1%. El ácido láctico, producto de degradación de la glucosa.
- Lípidos. La cantidad de grasas que contiene el músculo varía con la alimentación y es distinta según la especie animal.
- Compuestos inorgánicos. Entre las sales inorgánicas más importantes están las de sodio, con cuyos iones está ligada la excitabilidad y contracción. El potasio, cuyos iones retardan la fatiga muscular. El ion calcio y el fósforo.
- Entre los gases se encuentra en cantidad el CO₂

2.4. CLASES Y TIPOS DE MÚSCULOS

La musculatura (o sistema muscular) está formada por músculos. Pero no todos los músculos del cuerpo forman parte de la musculatura: solo los músculos voluntarios, los efectores del movimiento. Son órganos contráctiles, capaces de mover el esqueleto.

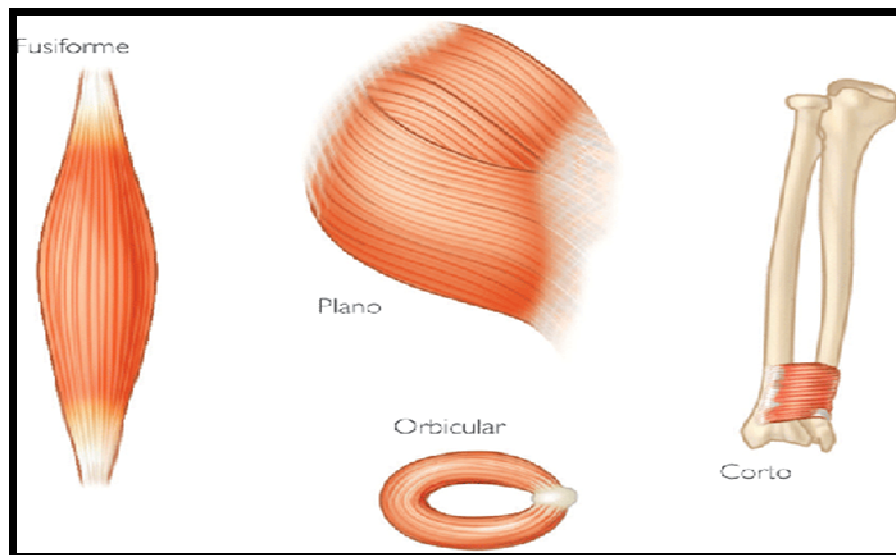


Figura1. Tipos de Músculos

Existen tres clases de músculos muy diferentes por su función:

- Los músculos lisos recubren los órganos huecos del cuerpo, como todo el tubo digestivo y los vasos sanguíneos. Realizan su función independientemente de nuestra voluntad, por lo que también se llaman involuntarios. Sus movimientos son lentos y contribuyen al funcionamiento de los órganos internos; por ejemplo, permiten el tránsito de los alimentos por el tubo digestivo.
- El músculo cardíaco es el que forma parte del corazón (miocardio). Su movimiento es involuntario, pero los latidos son rápidos y potentes.^[2]

2.4.1. MÚSCULO ESQUELÉTICO

Los músculos esqueléticos son un tipo de músculo estriados unidos al esqueleto. Formados por células o fibras alargadas y multinucleadas que sitúan sus núcleos en la periferia. Obedecen a la organización de proteínas de actina y miosina y que le confieren esa estriación que se ve perfectamente al microscopio. Son usados para facilitar el movimiento y mantener la unión hueso-articulación a través de su contracción. Son, generalmente, de contracción voluntaria (a través de inervación nerviosa), aunque pueden contraerse involuntariamente. El cuerpo humano está formado aproximadamente de un 40% de este tipo de músculo y un 10% de músculo cardíaco y visceral.

Los músculos tienen una gran capacidad de adaptación, modifica más que ningún otro órgano tanto su contenido como su forma. De una atrofia severa puede volver a reforzarse en poco tiempo, gracias al entrenamiento, al igual que con el desuso se atrofia conduciendo al músculo a una disminución de tamaño, fuerza, incluso reducción de la cantidad de orgánulos celulares. Si se inmoviliza en posición de acortamiento, al cabo de poco tiempo se adapta a su nueva longitud requiriendo entrenamiento a base de estiramientos para volver a su longitud original, incluso si se deja estirado un tiempo, puede dar inestabilidad articular por la hiperlaxitud adoptada.

El músculo debido a su alto consumo de energía, requiere una buena irrigación sanguínea que le aporte alimento y para eliminar desechos, esto junto al pigmento de las células musculares, le dan al músculo una apariencia rojiza en el ser vivo.

En la placa motora (unión o sinapsis neuromuscular) se libera el neurotransmisor Acetilcolina (ACH), este neurotransmisor actúa en el sarcolema abriendo canales que permiten, indiscriminadamente, el paso de Sodio y Potasio. El gradiente electroquímico permite una mayor entrada de iones Sodio, al entrar éstos en gran cantidad, se produce un potencial de acción, ya que la membrana de la fibra celular es rica en canales de sodio dependientes de voltaje, estimulando a la fibra muscular. Al conjunto nervio cortical-nervio periférico-fibra muscular inervada se le denomina unidad motora.

El potencial de acción originado en el sarcolema, produce una despolarización de éste, llegando dicha despolarización al interior celular, concretamente al retículo sarcoplasmático, provocando la liberación de los iones calcio previamente acumulados en éste y en las cisternas terminales.

La secreción de iones calcio llega hasta el complejo actina-miosina, lo que hace que dichas proteínas se unan y roten sobre sí mismas causando un acortamiento, para posteriormente, los iones calcio puedan volver al retículo sarcoplasmático para una próxima contracción.^[3]

2.4.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FORMA

- **Fusiformes o alargados:** Son anchos en el centro y estrechos en sus extremos, tienen forma de huso de costura, por ejemplo el bíceps braquial.
- **Unipenniformes:** Son aquellos músculos cuyas fibras musculares salen del lado de un tendón, estas fibras intentan seguir el sentido longitudinal del tendón de origen, haciéndolo diagonalmente, y entre las propias fibras paralelamente. Puede decirse que se asemejan a la forma de media pluma.
- **Bipenniformes:** Son aquellos músculos cuyas fibras musculares salen de un tendón central, estas fibras intentan seguir el sentido longitudinal del tendón central, haciéndolo diagonalmente, y entre las propias fibras paralelamente. Puede decirse que se asemejan a la forma de una pluma.
- **Multipenniformes:** Son aquellos músculos cuyas fibras salen de varios tendones, los haces de fibras siguen una organización compleja dependiendo de las funciones que

realizan, por ejemplo lo que sucede con el deltoides (el músculo que ofrece mayor movilidad en el ser humano).

- **Anchos:** Los diámetros son del mismo tamaño o aproximado.
- **Planos:** Son planos, suelen tener forma de abanico, amplios en el plano longitudinal y transversalmente, siendo el plano sagital proporcionalmente a los demás con mucha menos superficie. Un músculo plano es el pectoral mayor.
- **Cortos:** Son aquellos que, independientemente de su forma, tienen muy poca longitud, por ejemplo, los de la cabeza y cara.
- **Bíceps:** Este músculo tiene un extremo con un tendón que se une al hueso y en el otro extremo se divide en dos porciones de músculo seguidos de tendón que se unen al hueso, de ahí el nombre, bi (dos) ceps (cabezas). También existen **tríceps** y **cuádriceps**.
- **Digástricos:** Están formados por dos vientres musculares unidos mediante un tendón.
- **Poligástricos:** Son aquellos con varios vientres musculares unidos por tendón, como el recto mayor del abdomen.

2.4.3. PRINCIPALES MÚSCULOS DEL CUERPO HUMANO

2.4.3.1 MÚSCULOS DE LA CABEZA

2.4.3.1.1. MÚSCULOS MÍMICOS

- **Frontal:** Levanta las cejas y arruga la frente.
- **Risorio:** Tiran de la comisura bucal lateralmente.
- **Orbicular de los párpados:** Cierran los ojos.
- **Orbicular de los labios:** Cierran la boca.

2.4.3.1.2. MÚSCULOS MASTICADORES

- **Masetero:** cierran la boca y aprietan los dientes.
- **Temporal:** cierran la boca, aprietan los dientes y retraen el maxilar inferior.

2.4.3.2. MÚSCULOS DEL CUELLO

- **Esternocleidomastoideo:** rotación y flexión de la cabeza.

2.4.3.3. MÚSCULOS DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES

2.4.3.3.1. Hombro

- **Deltoides:** abducción del brazo. Participa también en la flexión y extensión del brazo.

2.4.3.3.2. Brazo

- **Bíceps braquial:** flexión y supinación del antebrazo. Flexión del brazo.
- **Braquial anterior:** flexión del antebrazo.
- **Tríceps braquial:** extensión del antebrazo. Una porción interviene en la extensión del brazo.

2.4.3.3.3. Antebrazo

- **Pronador:** pronación del antebrazo y la mano.
- **Supinador:** supinación del antebrazo y la mano.
- **Cubital anterior:** flexión de la mano.
- **Palmar:** flexión de la mano sobre el antebrazo.
- **Flexores y extensores de los dedos:** flexión y extensión de los dedos.

2.4.3.3.4. Mano

- **Músculos cortos de la mano:** mueven los dedos.

2.4.3.4. MÚSCULOS DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES

2.4.3.4.1. Muslo y nalgas

- **Glúteo mayor:** extensión del muslo.
- **Glúteo mediano:** abducción del muslo.
- **Iliopsoas:** flexión del muslo y el tronco.
- **Pectíneo:** flexión y aducción del muslo.
- **Sartorio:** flexión, aducción y giro del muslo hacia fuera. Flexión de la pierna.
- **Recto interno:** aducción del muslo y flexión de la pierna.
- **Aductor mayor:** aducción de las piernas.
- **Aductor mediano:** aducción de las piernas.

- **Cuádriceps femoral:** incluye el vasto externo, el vasto intermedio (que no se observa en el dibujo), el vasto interno y el recto anterior. Extensión de la pierna.
- **Bíceps femoral:** flexión de la pierna y extensión del muslo.
- **Semitendinoso:** flexión de la pierna y extensión del muslo.
- **Semimembranoso:** flexión de la pierna y extensión del muslo.

2.4.3.4.2. Pierna

- **Tibial anterior:** flexión dorsal del pie.
- **Soleo:** junto con los gemelos permiten levantar el cuerpo sobre la punta de los pies (flexión plantar).
- **Gemelo:** flexión plantar del pie y flexión de la pierna. Este músculo se inserta en el hueso calcáneo mediante el tendón de Aquiles.
- **Peroneo lateral largo:** gira hacia fuera el pie.
- **Flexores y extensores de los dedos del pie:** flexionan o extienden los dedos del pie.
- **Músculos cortos del pie:** mueven los dedos del pie.

Desde esta parte nos centraremos exclusivamente en los músculos que son motivo de nuestro trabajo de investigación como son los músculos del brazo y nos centraremos en un mayor desarrollo de este tipo de músculos.

2.5. LAS ESTRUCTURAS SUPERFICIALES DEL MIEMBRO SUPERIOR

El tejido subcutáneo (fascia superficial), que contiene la grasa y la fascia profunda que rodea los músculos, se encuentra en la profundidad de la piel. Si nada se interpone (ni músculo, ni tendón, ni bolsa, por ejemplo) entre la piel y el hueso, la fascia profunda suele insertarse en el hueso.

2.5.1. LA FASCIA DEL MIEMBRO SUPERIOR

La fascia de la región pectoral se inserta en la clavícula y en el esternón. La fascia pectoral envuelve el músculo pectoral mayor y se continúa por abajo con la fascia de la pared anterior del abdomen. La fascia pectoral abandona el borde lateral del músculo pectoral mayor, transformándose en la fascia axilar que forma el suelo de la axila. Una capa de fascia la fascia clavipectoral se extiende desde la fascia axilar, envolviendo los músculos pectoral menor y

subclavio, para insertarse por último en la clavícula. La porción de la fascia clavipectoral, situada encima del músculo pectoral menor la membrana costocoracoides, es perforada por el nervio pectoral lateral que inerva, sobre todo, el músculo pectoral mayor. La parte de la fascia clavipectoral situada debajo del músculo pectoral menor del ligamento suspensorio de la axila soporta la fascia axilar y tira hacia arriba de ésta y de la piel infrayacente durante la separación del brazo, creando la axila.

Una vaina de la fascia profunda la fascia braquial envuelve el brazo a modo de funda y se continúa, por arriba, con las capas pectoral y axilar de la fascia. La fascia braquial se inserta, por abajo, en los epicóndilos del húmero y en el olécranon del cúbito, y se continúa con la fascia antebraquial, la fascia profunda del antebrazo. Existen dos tabiques intermusculares los tabiques intermusculares medial y lateral, que se extienden desde la cara profunda de la fascia braquial hasta las crestas supracondíleas medial y lateral del húmero, dividiendo el brazo en los compartimientos faciales anterior (flexor) y posterior (extensor); cada uno de ellos contiene músculos que cumplen funciones similares, nervios y vasos sanguíneos. Estos compartimientos faciales están separados por una membrana interósea que comunica el radio con el cúbito.

La fascia antebraquial se engruesa por la cara posterior sobre las extremidades distales del radio y del cúbito, dando una banda transversa, el retináculo extensor, que mantiene los tendones de los músculos extensores en su posición. La fascia antebraquial también se engruesa por la cara anterior, que se continúa con el retináculo extensor, aunque carezca de nombre oficial; algunos autores la identifican como ligamento palmar del carpo. Inmediatamente distal, pero en un plano más profundo que el anterior, la fascia antebraquial se continúa como retináculo flexor (ligamento transversal del carpo). Este fascículo fibroso se extiende entre las prominencias anteriores de los huesos externos del carpo y transforma la concavidad anterior del carpo en un túnel del carpo, por el que pasan los tendones de los músculos flexores y el nervio mediano.

2.5.2. LOS NERVIOS CUTÁNEOS DEL MIEMBRO SUPERIOR

Los miembros cutáneos del miembro superior siguen un patrón general, fácil de entender si se recuerda que durante el desarrollo los miembros crecen como protrusiones laterales del tronco y que el 1er dedo (dedo pulgar de la mano o dedo gordo del pie) se encuentra en la cara craneal (el pulgar se dirige hacia arriba). Así pues, la cara lateral del miembro superior es más craneal que la medial. Cuando se separa el miembro hasta el plano horizontal con el pulgar dirigido hacia arriba, se puede observar la progresión de la inervación segmentaria de las distintas regiones cutáneas en torno al miembro extendido.

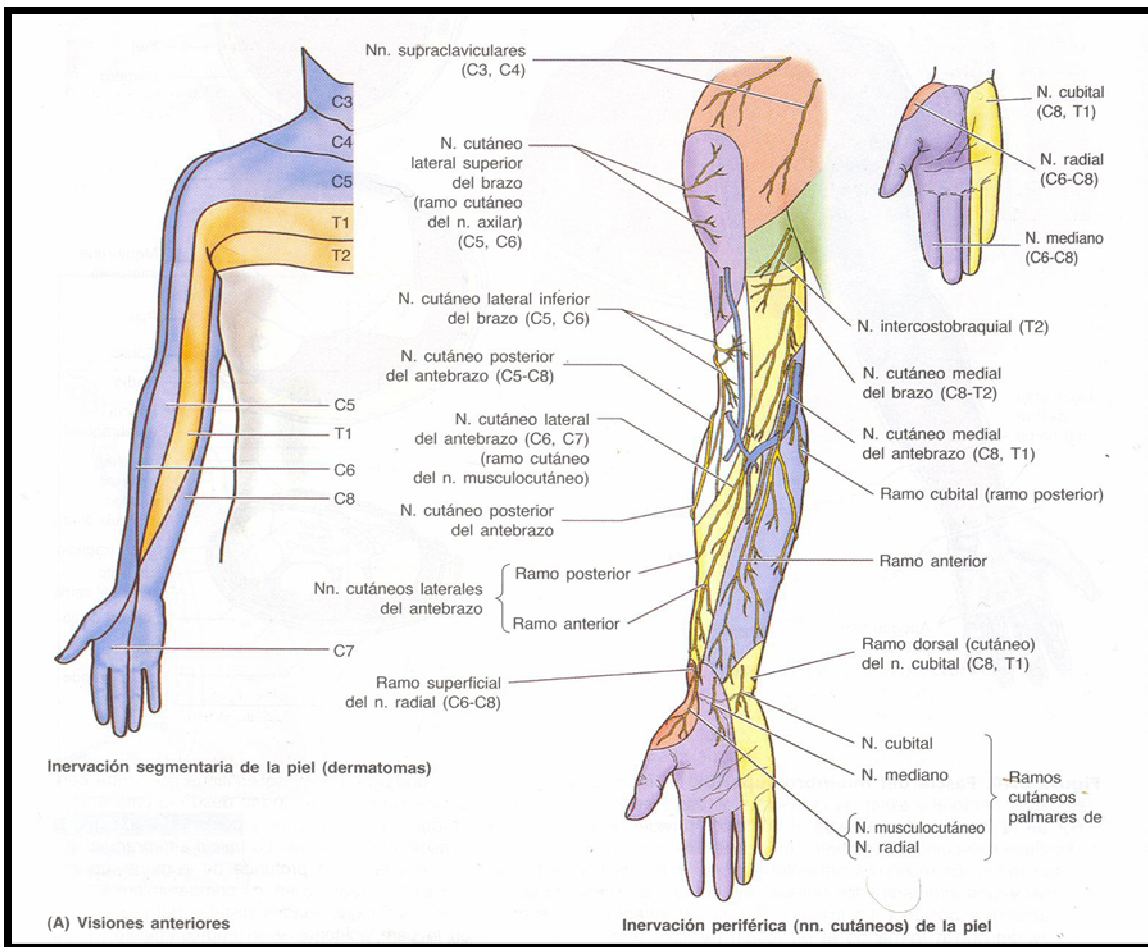


Figura2. Nervios Cutáneos del Miembro Superior Izquierdo

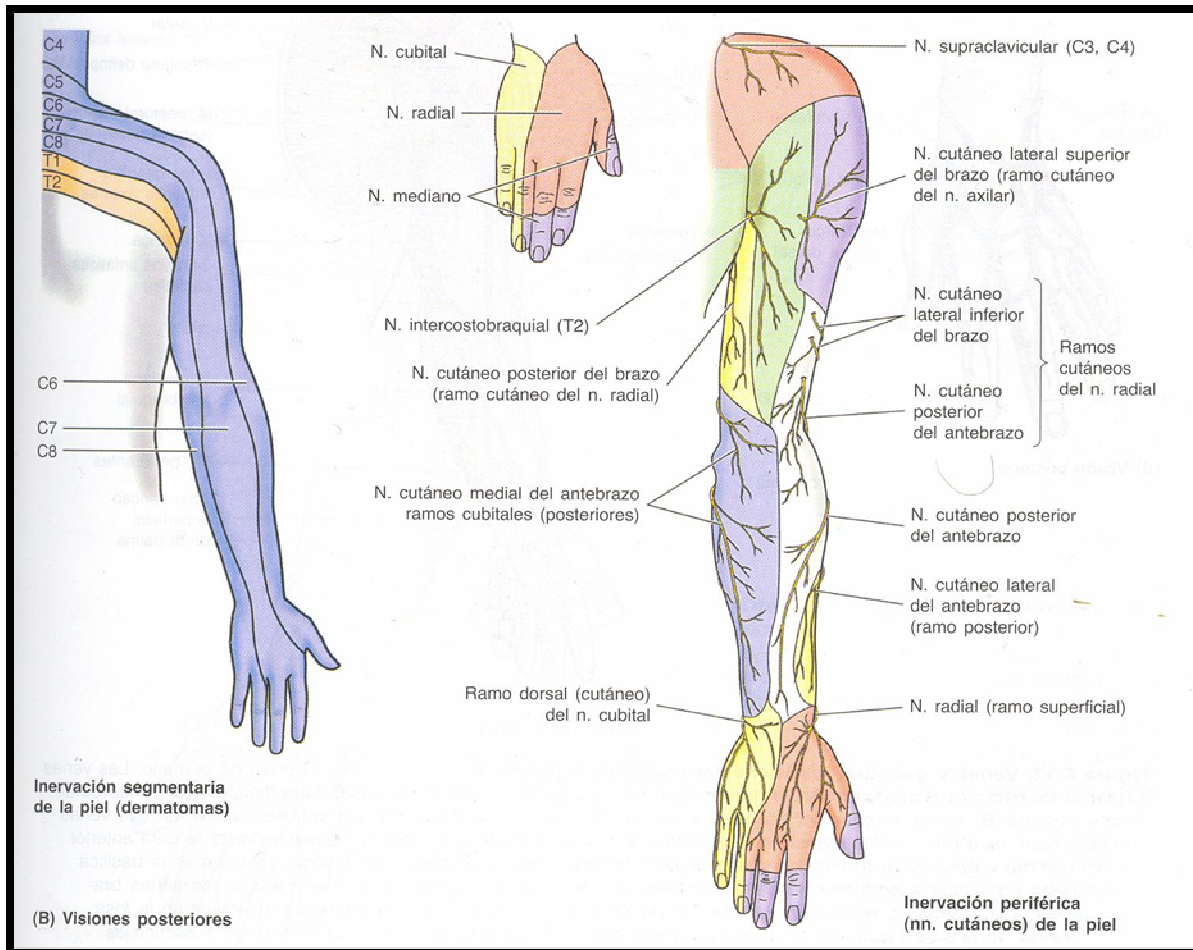


Figura 3. Nervios Cutáneos del Miembro Superior Derecho

- Los nervios C3 y C4 inervan la región de la base del cuello y se extienden lateralmente sobre el hombro.
- El nervio C5 inerva la cara lateral del brazo (es decir, la cara superior con el miembro extendido).
- El nervio C6 inerva la cara lateral del antebrazo y el pulgar.
- El nervio C1 inerva los dedos medio y anular y la parte media de la cara posterior del miembro.

- El nervio C8 inerva el dedo meñique, la cara medial de la mano y el antebrazo (es decir, la cara inferior del miembro extendido).
- El nervio T1 inerva la parte media del antebrazo hasta la axila.
- El nervio T2 inerva una pequeña parte del brazo y la piel de la axila.

La mayoría de los nervios cutáneos del miembro superior derivan del plexo braquial, una gran red nerviosa formada por los ramos ventrales del 5to nervio cervical hasta el 1er nervio torácico. Sin embargo, los nervios para el hombro provienen del plexo braquial, una red nerviosa compuesta por una serie de bucles nerviosos creados entre los ramos primarios adyacentes de los cuatro primeros nervios cervicales, que también reciben ramos comunicantes grises del ganglio cervical superior. El plexo cervical radica en la profundidad del músculo esternocdomastoideo, sobre la cara antero lateral del tronco. Los nervios cutáneos del brazo y del antebrazo son los siguientes:

- Los nervios supraclaviculares (C3, C4) pasan delante de la clavícula, inmediatamente detrás del platismo, e inervan la piel de la clavícula y la cara supero lateral del músculo pectoral mayor.
- Los nervios cutáneos posteriores del brazo, ramos del nervio radial, se distribuyen por la piel de la cara posterior del brazo.
- El nervio cutáneo posterior del antebrazo, también ramo del nervio radial, se dirige a la piel de la cara posterior del antebrazo.
- El nervio cutáneo supero lateral del antebrazo, ramo terminal del nervio axilar, emerge debajo del borde posterior del músculo deltoides y se dirige a la piel situada en la parte inferior de este músculo y en la cara lateral del antebrazo en un trayecto corto, bajo la inserción distal, hasta alcanzar la cara lateral del brazo algo por encima de la zona media.
- El nervio cutáneo inferolateral del brazo, ramo del nervio radial, llega a la piel de la cara inferolateral del brazo y suele ser un ramo del nervio cutáneo posterior del antebrazo.
- El nervio cutáneo lateral del antebrazo, ramo terminal del nervio musculo cutáneo, inerva la piel de la cara lateral del antebrazo.

- El nervio cutáneo medial del brazo emerge del fascículo medial del plexo braquial, se une en la axila con el ramo cutáneo lateral del 2o nervio intercostal e inerva la piel de la cara medial del brazo.
- El nervio intercostobraquial, ramo cutáneo lateral del 2o nervio intercostal de C2, también contribuye a la inervación de la piel en la cara medial del brazo.
- El nervio cutáneo medial del antebrazo sale del fascículo medial del plexo braquial y se dirige a la piel de las caras anterior y medial del antebrazo.[4]

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LAS INTERFACES DE COMUNICACIÓN DE INTOUCH Y LABVIEW.

3.1. INTRODUCCIÓN

Las interfaces de comunicación se refieren a los mecanismos de hardware y software para que los dispositivos se comuniquen entre sí. En el presente proyecto se realizó este análisis para escoger la solución más adecuada en la comunicación del sistema a implementarse.

Una Interfaz Hombre - Máquina (MMI) o Interfaz Humano - Máquina (HMI –“Human Machine Interface”) es el software o hardware que le permite a unoperador humano interactuar con el hardware.

Una HMI es la parte donde el operador humano puede darse cuenta como esta en funcionamiento del hardware y en la etapa en la que se encuentra para que cuando ya el recogimiento de datos se realice la transmisión de los mismos que son recogidos por labview para que luego de realizar la visualización de datos en intouch.

La comunicación entre las señales de los procesos y la HMI es una funciónpreponderante. Esto se logra por medio de Dispositivos de Adquisición de Datoscomo tarjetas de adquisición de datos, PLCs, RTUs, etc. Debido a la variedad deestos dispositivos y los protocolos que estos manejan, se necesita de drivers para la comunicación.

Los drivers convierten la información que se envía y se recibe de los dispositivosde adquisición de datos, e informan sobre el estado de estas comunicaciones. Undriver es como un intérprete y por lo tanto se requiere de uno por cada tipodiferente de protocolo o lenguaje. Puesto que existían tantos protocolos comodispositivos de adquisición de datos, se complicaba el desarrollo de la HMI, yaque se debía desarrollar un driver para cada dispositivo que se crea.

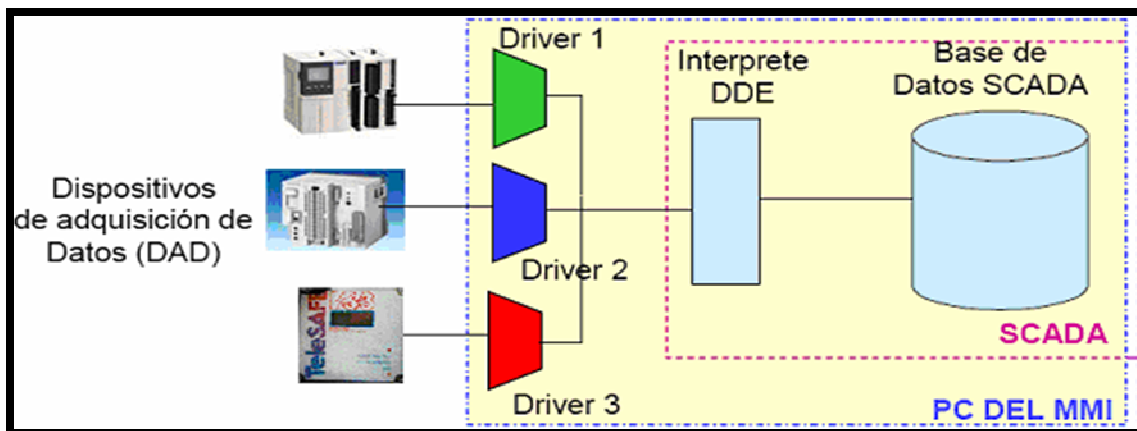


Figura 4.Comunicación con elementos de adquisición de datos(varios drivers).

La dificultad de poder mantener esto en el tiempo llevó tanto a los fabricantes de equipos como a los de software para el desarrollo de HMIs a cierta forma de unificación, como el MODBUS por ejemplo. Una variación a este último modelo lo constituye los Drivers OPC (OLE for Process Control) donde se utiliza la tecnología OLE (Object Linking and Embedding) de Windows.

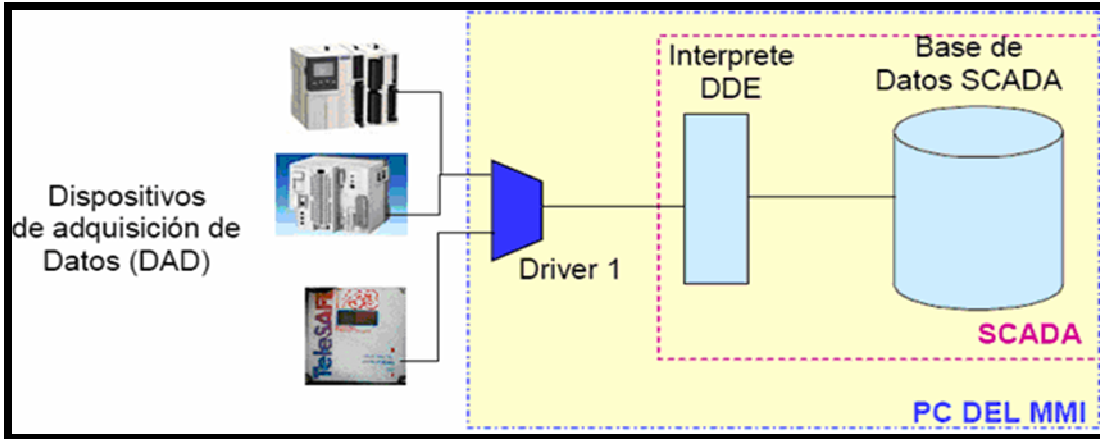


Figura 5. Comunicación con elementos de adquisición de datos (un solo driver).

3.2. DDE DYNAMIC DATA EXCHANGE (INTERCAMBIO DINÁMICO DE DATOS).

Dynamic Data Exchange DDE (Intercambio dinámico de datos) es un protocolo de comunicaciones diseñado por Microsoft que permite a las aplicaciones en el entorno de Windows, enviar y recibir datos e instrucciones entre sí, en la misma computadora. Este protocolo implementa una relación cliente/servidor entre dos programas que se ejecuten simultáneamente. Esto permite que se pueda comprar o crear servidores y clientes en programas como Visual Basic, Excel, LabVIEW, InTouch, etc., e intercambiar datos sin necesidad de crear otro programa o protocolo de comunicaciones.

Se llama servidor DDE al programa o aplicación que proporciona los datos y acepta solicitudes de cualquier otra aplicación conocida como cliente.

Para emplear toda la funcionalidad del DDE se debe agregar código especial en cada aplicación cliente para cada servidor que este quiera controlar, o la aplicación cliente debe facilitar un lenguaje de script o macro. Un uso común de DDE fue para desarrollar aplicaciones personalizadas para controlar software disponible, por ejemplo: una aplicación escrita en C o algún

otro lenguaje debía usar DDE para abrir una hoja de cálculo de Microsoft Excel y llenarla con datos, por medio de una conversación con Excel y el envío de comandos DDE.

Para establecer una comunicación DDE correctamente se requiere de tres elementos de información que son: aplicación, tópico e ítem.

1. Aplicación: es el nombre de la aplicación en ejecución que intercambiará información.
2. Tópico: es el tema de conversación.
3. Ítem: es el nombre del elemento que va a intercambiar información con otra aplicación.

Los enlaces pueden ser de dos tipos: enlaces (solicitudes) únicos y enlaces permanentes de datos. En las solicitudes únicas, la aplicación servidor envía datos al programa cliente solo en caso de solicitarlos. Por ejemplo en un programa como Excel ejecutando una macro que genera un informe. La macro abriría un canal hacia otra aplicación, solicitaría datos específicos, cerraría el canal y utilizaría esos datos para generar el informe.

En los enlaces de datos permanentes, llamados "enlaces dinámicos", la aplicación servidor permanentemente envía el valor de un elemento específico.

Si el programa cliente o servidor no terminan el enlace o la conversación, los enlaces dinámicos permanecerán activos.

Los servidores DDE son de gran utilidad en las aplicaciones de control y supervisión de datos (Sistemas SCADA), como por ejemplo las desarrolladas en InTouch de Wonderware.

3.2.1. FASTDDE.

FastDDE aumenta el ancho de banda eficaz empaquetando muchos mensajes propietarios DDE de Wonderware en un solo mensaje DDE de Microsoft. Esto mejora la eficiencia y funcionamiento reduciendo el número total de las transacciones DDE requeridas entre cliente y servidor.

3.2.2. NETWORK DDE (NETDDE).

NetDDE (Network DDE) amplía la funcionalidad del estándar DDE de Windows a comunicarse en redes de área local a través del puerto serial. Las extensiones (terminales) de red están disponibles

para permitir comunicaciones DDE entre varias computadoras conectadas vía redes o módems. NetDDE es conveniente cuando un servidor es el abastecedor de mensajes DDE a varios clientes en máquinas diferentes. Los mensajes hacen cola dentro de las máquinas del cliente y no afectan la actuación del servidor.

3.2.3. SUITELINK.

SuiteLink es un protocolo de alta velocidad diseñado por Wonderware, basado en TCP/IP para comunicaciones en red. SuiteLink fue creado para ser la distribución industrial de alta velocidad de la red de datos estándar y proporciona alta confiabilidad, integridad de los datos, diagnósticos extensos más fáciles, rendimiento óptimo en comunicaciones en Microsoft Windows NT y comunicación punto a punto entre los componentes de FactorySuite 2000. SuiteLink también añade soporte al valor de la calidad de tiempo (VTQ) que es especialmente importante en alarmas, archivos históricos y aplicaciones SCADA.

SuiteLink no es un reemplazo para el DDE, FastDDE, o NetDDE. Mientras DDE transfiere solo un mensaje a la vez SuiteLink puede transferir bloques de mensajes a gran velocidad, de manera confiable y eficientemente. El protocolo usado entre un cliente y un servidor depende de sus conexiones de red y las configuraciones.

SuiteLink permite intercambio de datos entre las aplicaciones wonderware y los wonderware I/O Server(s).

3.2.4. OPC SERVERS.

Primeramente se debe saber el concepto de la norma o estándar de los objetos de los sistemas operativos Windows denominada OLE (Object Link Embedded) que permite incrustar o embeber una aplicación dentro de otra, como por ejemplo cuando se incluye una tabla Excel en un documento Word. Aprovechando las características de OLE, se ha desarrollado un nuevo estándar llamado OPC (OLE for Process Control) que cubre los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere a tiempo real.

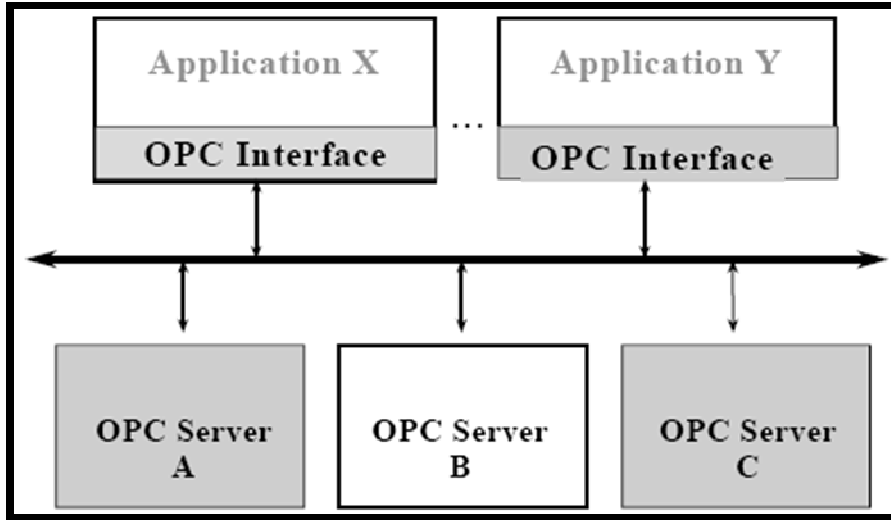


Figura 6. Arquitectura OPC.

OPC está diseñado para permitir a las aplicaciones clientes el acceso a los datos de planta de una manera consistente. La diferencia entre el uso de OPC y el uso de drivers como interpretadores de protocolo, es que la comunicación se produce en un lenguaje estándar abierto y a nivel de aplicaciones, de una manera similar al DDE. Con esto los fabricantes de dispositivos de adquisición de datos desarrollan un Servidor OPC, el cual se comunica con su dispositivo y es capaz de responder o recibir información de cualquier aplicación cliente en un formato estándar OPC.

En cambio los fabricantes de software de visualización (HMI) desarrollan un interpretador de OPC, por ejemplo en el caso de Wonderware es el OPC Link. Lo cual es muy ventajoso ya que se puede leer cualquier dispositivo que tenga asociado un OPC Server con un solo interpretador en el software de visualización.

OPC establece una línea entre proveedores de hardware y software. Facilita un mecanismo para proporcionar los datos de una fuente y comunicar esos datos a cualquier aplicación del cliente. Un vendedor puede desarrollar un servidor optimizado para comunicarse con la fuente de datos, y mantener el mecanismo de acceso a los datos de la fuente o dispositivo. Incorporando al servidor una interfaz OPC, permite a cualquier cliente el acceso a sus dispositivos.

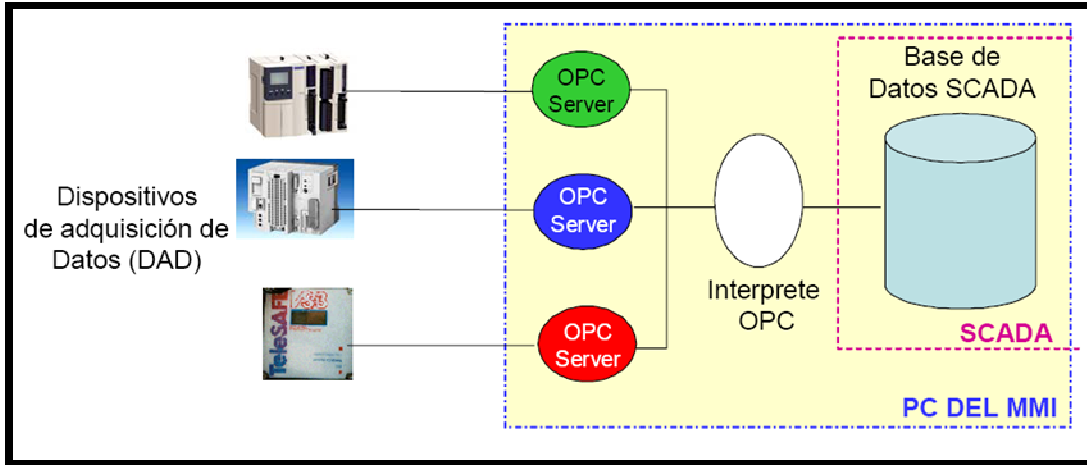


Figura 7. Comunicación con elementos de adquisición de datos (OPC Servers).

3.3. INTOUCH COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO DE SISTEMAS HMI.

El software InTouch es un componente de Wonderware Factory Suite para crear aplicaciones de visualización y control supervisorio (HMI) en sistemas operativos Microsoft Windows.

InTouch aprovecha al máximo las características de Microsoft Windows, incluso los controles ActiveX, OLE, gráficos, redes de computadoras y más. InTouch también puede extenderse agregando controles ActiveX personalizados, wizards, objetos genéricos y creando Extensiones de InTouchQuickScript.

InTouch se compone de tres programas, InTouch Application Manager, WindowMaker y WindowViewer.

- InTouch Application Manager es donde se organiza las aplicaciones que el usuario crea.
- WindowMaker es el ambiente de desarrollo donde se crean o diseñan las pantallas a visualizar animadas y sensibles al contacto, mediante objetos o gráficos propios o importados.
- WindowViewer es el ambiente de ejecución o módulo de visualización que se utiliza para mostrar las representaciones gráficas en pantallas o ventanas creadas en WindowMaker.

InTouch para adquirir los datos del puerto serial de la PC necesita de drivers llamados I/O Servers, que permiten realizar la adquisición de datos a través de PLCs, tarjetas de adquisición de datos, etc. Sin embargo, también permite la comunicación con otros sistemas mediante DDE y ActiveX.

3.4. USO DEL DDE EN INTOUCH.

InTouch utiliza DDE para comunicarse con otros programas o aplicaciones de Windows, con controladores de dispositivos de E/S y otros programas (servidores) de aplicación que también deben soportar el protocolo DDE.

El intercambio de datos se produce en tiempo real, con ambas aplicaciones ejecutándose simultáneamente. Los valores de los datos obtenidos de forma remota se actualizan automáticamente siempre que el valor del elemento cambie en la fuente.

Para obtener datos desde otra aplicación, el programa cliente abre un canal hacia la aplicación servidor especificando estos tres elementos: nombre de aplicación, nombre de tópico y nombre de elemento.

Para que InTouch obtenga un valor de datos de otra aplicación, debe conocer también el nombre de la aplicación que proporciona el valor de los datos, el nombre de tópico dentro de la aplicación que contiene el valor de los datos y el nombre del elemento específico dentro del tópico.

Cuando otra aplicación de Windows solicita un valor de datos a InTouch, también debe conocer los tres elementos de Dirección de DDE. Lo siguiente describe la Dirección de DDE para InTouch:

- Nombre de aplicación: VIEW se refiere al programa en ejecución de InTouch que contiene el elemento de datos.
- Nombre de tópico: TAGNAME es la palabra que se utiliza siempre al leer/escribir en una etiqueta en la base de datos de InTouch.
- Nombre de elemento: ActualTagnamees la etiqueta real definida para el elemento en el Diccionario de datos de etiquetas de InTouch.

InTouch se puede comunicar con varios servidores DDE, por ejemplo cuando se comunica con distintos PLCs o sistemas de campo, esto lo hace direccionando un servidor DDE a un puerto de comunicaciones y otro servidor a otro puerto.

3.5. INTOUCH ACCESS NAME

Se debe crear un Access Name para poder enlazar datos por DDE entre InTouchy cualquier aplicación.

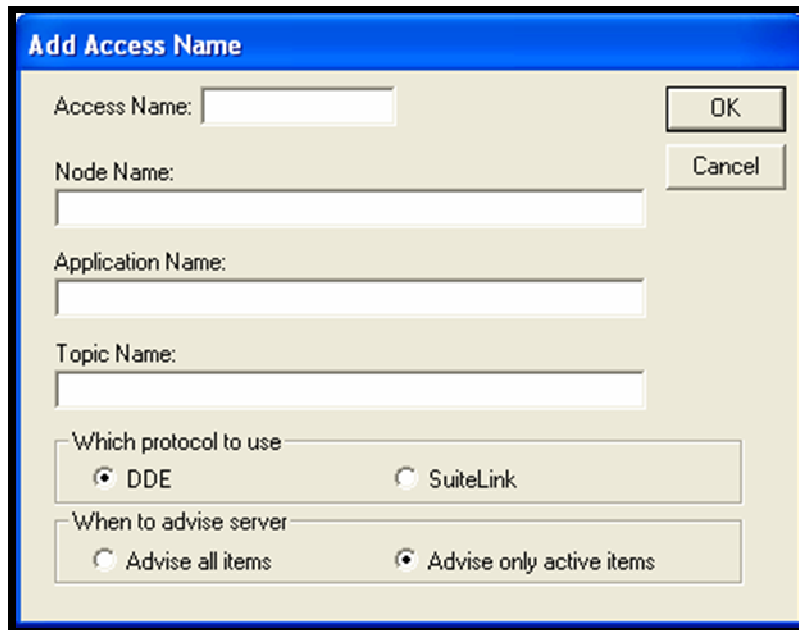


Figura 8. InTouch Access Name.

Access Name: va el Nombre de enlace que se le quiera dar.

nodeName:Nombre del Nodo. Sólo hay que rellenarlo si se va leer datos de otro PC. En caso que los datos sean del mismo PC, dejarlo en blanco.

ApplicationName:Nombre de la aplicación de la que queremos leer (pe Excel, Siemens, etc.)

TopicName:Nombre del tópico del que queremos leer (pe. Libro1.xls, PLC1, etc.)

WhichprotocolTo Use DDE: para enlace DDE

SuiteLink: para enlace SuiteLink (sólo entre aplicaciones FS2000)

WhentoAdvise Server:Normalmente dejar por defecto.

3.6. LABVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de National Instruments es un lenguaje de programación gráfica (lenguaje G); es decir, que usa íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones orientadas al control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. A los programas creados en LabVIEW se les guardarán en ficheros VI y se les denominan instrumentos virtuales (VIs).

Para entender mejor un instrumento virtual es un módulo de software que simula el panel frontal del instrumento común que adquiere datos a una PC para realizar medidas como si se tratase de un instrumento real.

LabVIEW permite una fácil integración con elementos de hardware accesibles por el PC como tarjetas de adquisición y procesamiento de datos, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB (Buses de Intercambio de Propósito General), RS-232, etc. Para lo cual cuenta con librerías que permiten manejar estos dispositivos. Además esta herramienta de programación permite comunicarse con otras aplicaciones con el manejo de controles ActiveX, librerías dinámicas, datsocket y protocolos de comunicación como DDE, TCP/IP, UDP, SMTP y Bluetooth.

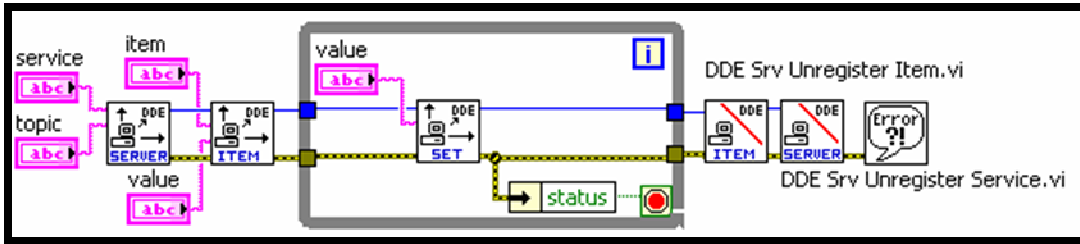
3.7. USO DEL DDE EN LABVIEW.

En LabVIEW se puede crear VIs que actúen como servidores de DDE. LabVIEW puede usar cualquier nombre de servicio y nombre de tópico.

Cuando el servidor VI cambia el valor del dato registrado para la comunicación de DDE, LabVIEW notifica a cualquier aplicación cliente que ha pedido notificación sobre ese dato. De la misma manera, si otra aplicación envía un mensaje de pedido (POKE) para cambiar el valor del dato, LabVIEW cambia este valor.

LabVIEW no es inherentemente un servidor de DDE que pueda enviar órdenes o pedir información del estado del dato. Sin embargo, se puede usar VIs para crear un servidor de DDE simple y

confiable. A continuación se muestra ejemplos deservidores DDE que proveen y chequean datos de otras aplicaciones DDE(clientes).



Figur

a 9. Servidor DDE que provee datos a otras aplicaciones DDE (clientes).

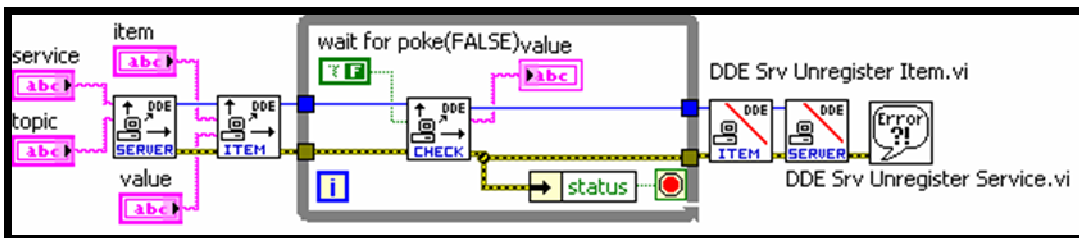


Figura 10. Servidor DDE que chequea datos de otras aplicaciones DDE (clientes).

Para establecer un enlace DDE entre aplicaciones en LabVIEW se consigue mediante un conjunto de bloques de función, los cuales se encuentran en la librería *dde.lib* como se muestra en la siguiente figura.

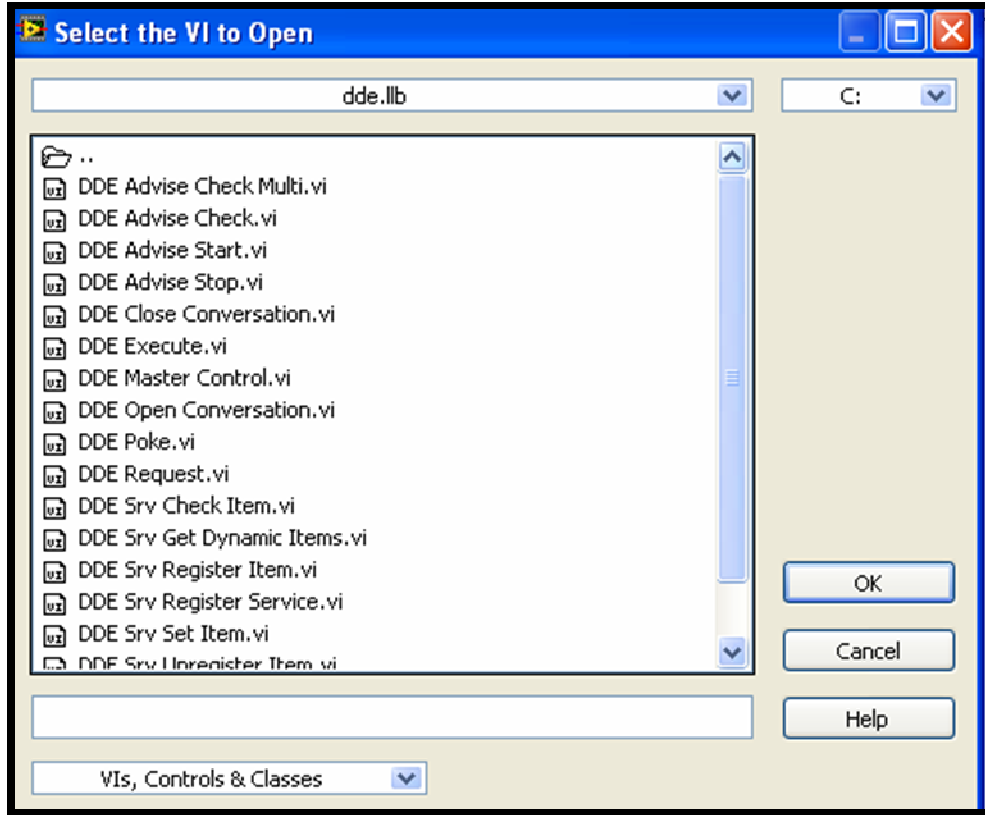


Figura 11. Librería *dde.lib*.

3.8. FUNCIONES DDE ESPECIALES PARA CREAR UN SERVIDOR DDE.

5.8.1. DDE Srv Register Service.

Establece un servicio de DDE para cualquier cliente que se conecte. Para lo cualen service se pone el nombre del servidor DDE y en tópic el nombre del tópicodel DDE. Al establecer la comunicación se genera un número denominado“servicerefnum” que es único para cada comunicación establecida.

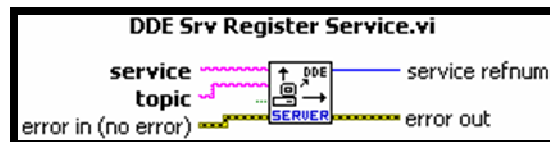


Figura 12. DDE Srv Register Service.

3.8.2. DDE Srv Register Item.vi

Esta función establece un Ítem para un servidor DDE, donde value es el valor inicial del Ítem.

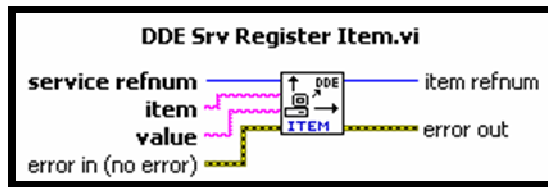


Figura13.DDE Srv Register Item.vi.

3.8.3. DDE Srv Set Item.vi

Configura el valor de un Item DDE previamente definido.

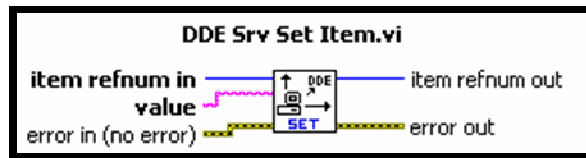


Figura14.DDE Srv Set Item.vi.

3.8.4. DDE SrvCheck Item.vi

Esta función se encarga de actualizar el valor de un Ítem DDE previamente definido.

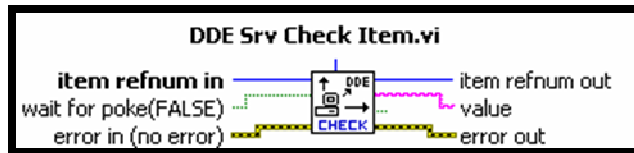


Figura15.DDE Srv Check Item.vi.

3.8.5. DDE SrvUnregister Item.vi

Remueve un Ítem de un servicio DDE, de modo que el cliente DDE no pueda acceder al Ítem.



Figura 16. DDE SrvUnregister Item.vi.

3.8.6. DDE SrvUnregister Service.vi

Remueve un servicio DDE, de modo que el cliente DDE no pueda conectarse conel servidor, y la comunicación termina.



Figura 17. DDE SrvUnregister Service.vi.

CAPÍTULO IV

ELECTROMIOGRAFÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

En el cuerpo humano se generan diferentes señales bioeléctricas debido al funcionamiento de órganos tales como el cerebro, el corazón, los ojos, los músculos.

Estas señales reciben nombres característicos dependiendo del órgano en el que se originan. Para los órganos mencionados, las señales reciben el nombre de electroencefalográficas, electrocardiográficas, electrooculográficas y electromiográficas, respectivamente. Las señales bioeléctricas son utilizadas principalmente en diagnóstico médico para detectar patologías en los órganos que las producen, pero también pueden ser utilizadas, particularmente aquellas que

son generadas de manera voluntaria, para controlar interfaces hombre – máquina. Las señales electromiográficas (EMG) o también conocidas como mioeléctricas son señales eléctricas que se producen en los músculos cuando estos se contraen o distensionan.

Estas señales, a pesar de presentar niveles de voltaje pequeños, pueden medirse con un equipo adecuado, y esta información ser empleada para diagnosticar patologías del sistema muscular. Otra aplicación que se le ha dado a estas señales está en el control de interfaces hombre – máquina, donde las señales EMG medidas en músculos activados voluntariamente por un usuario, se procesan y se utilizan como comandos para controlar dispositivos electromecánicos o interfaces de tipo software. Este campo en el que se conjugan la electrónica y la medicina tiene muchas áreas de aplicación en la industria, en la medicina, en el hogar, en el entretenimiento. El control de interfaces hombre – máquina tales como ratones y teclados mioeléctricos, de dispositivos como prótesis mioeléctricas, robots móviles, brazos robóticos o de brazos simulados mediante software, son algunas de las aplicaciones en las que tiene cabida el control utilizando señales mioeléctricas.

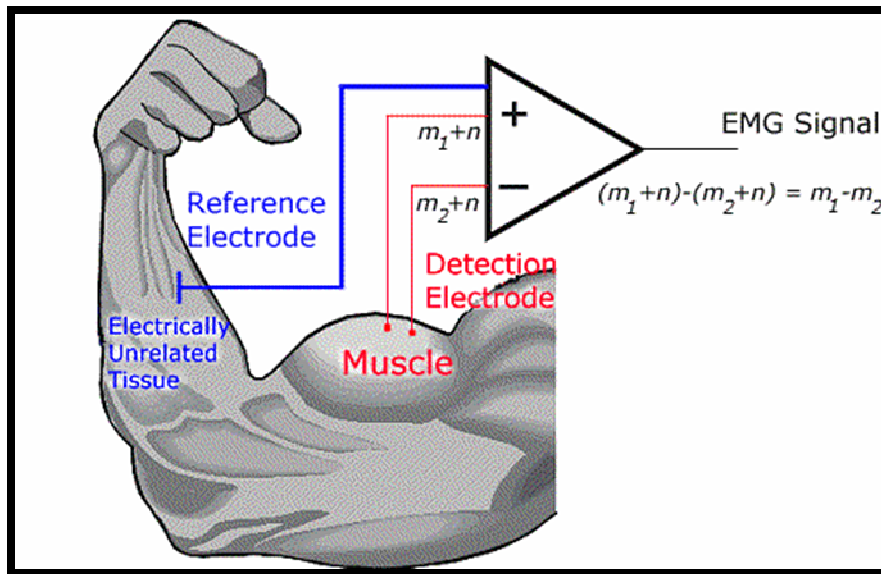


Figura 18. Señal EMG.[7]

4.2. SEÑAL EMG

La señal mioeléctrica es la señal que se produce en los músculos cuando éstos se contraen. Esta señal, si bien tenue, es susceptible de ser medida con un equipo adecuado. Uno de los usos que se han dado a esta señal de electro miografía ha sido en el campo de las prótesis mioeléctricas.

Un amputado de la extremidad superior, al nivel de codo, puede poseer los músculos del brazo intactos, si bien realizar función alguna.

La prótesis mioeléctrica recoge la señal EMG de estos músculos residuales, la procesan y la utilizan como señal de control para gobernar unos servomotores en la prótesis que puedan hacer las funciones del brazo original. Por tanto el amputado puede recuperar parte de las funcionalidades de su antiguo miembro mediante la contracción o reposo de unos músculos que en todo caso, habían de serle útiles Sin embargo no todos los amputados son capaces de gobernar una prótesis, bien porque la amputación haya sido realizado a una altura muy alta, o bien porque el enfermo carezca de habilidad suficiente en unos músculos que quizás hayan degenerado por su falta de uso. Dado que una prótesis mioeléctrica es cara, sería de manifiesta utilidad un sistema capaz de distinguir entre pacientes aptos para vestir estas costosas prótesis y no aptos, antes de que éstos la adquieran y la adaptación a su brazo.[8]

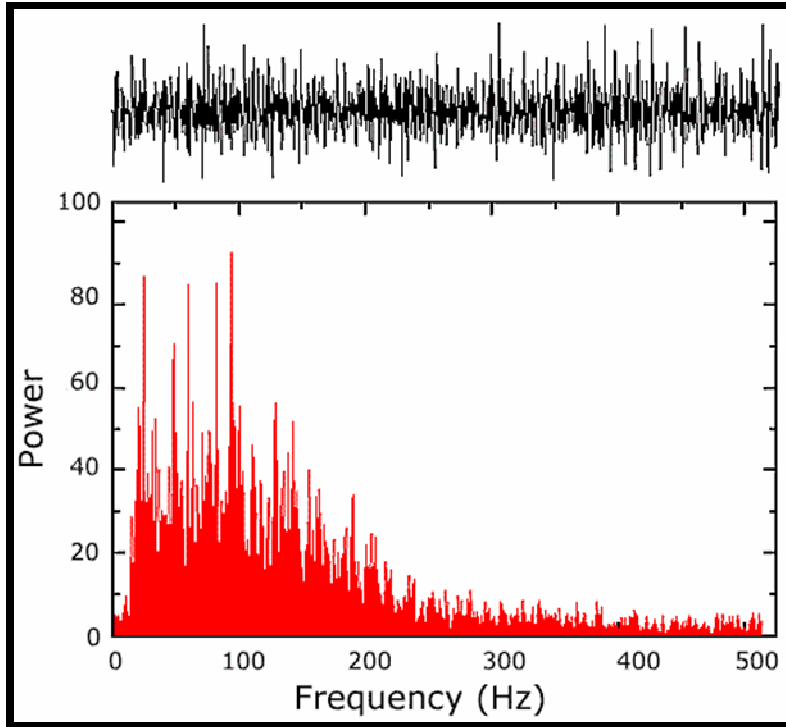


Figura 19. Características de la señal EMG (Teórica).

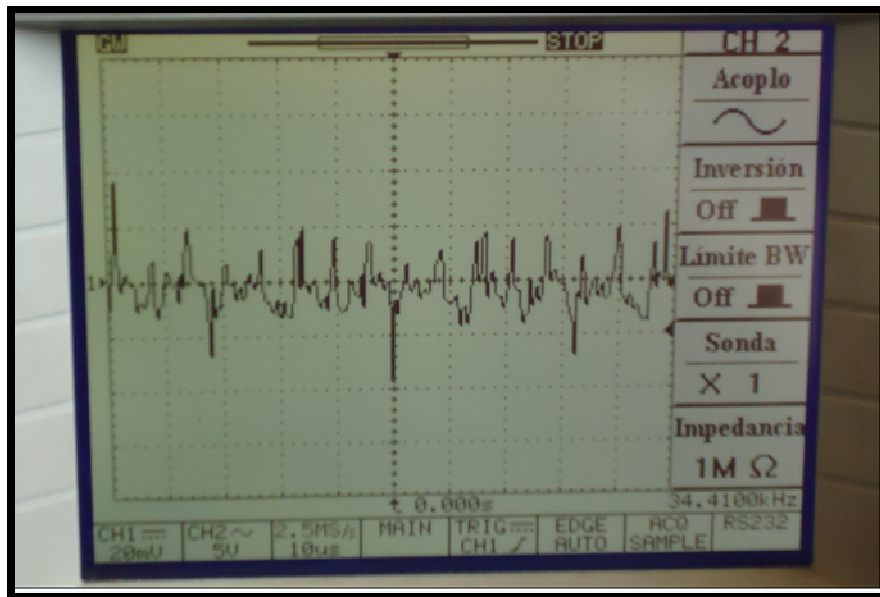


Figura 20. Características de la señal EMG (Practica).

4.3. APLICACIONES DE LA SEÑAL EMG.

Una de las aplicaciones que se puede llevar a cabo consiste en usar estas señales para que personas un con alto grado de discapacidad física puedan desplazarse en silla de ruedas

controlados por ellos mismos. Esto es posible siempre que el paciente disponga al menos de un músculo sano, que será utilizado para controlar la dirección de avance de la silla, así como la parada de ésta y la puesta en marcha. También es posible el manejo de sistemas software que reproduzcan palabras de un menú en la pantalla de un ordenador conectado a un sistema de adquisición de señales de este tipo. Para esto sólo hay que asociar determinadas señales EMG a los movimientos de un puntero en la pantalla del ordenador, mediante el que se escoge la palabra adecuada para ser reproducida. Otras aplicaciones son la determinación del tiempo de activación del músculo, la estimación de la fuerza producida por una contracción muscular y la obtención de un índice de la fatiga muscular. Estas últimas aplicaciones están muy indicadas en medicina deportiva. [9]

4.4.ELECTROMIOGRAFÍA CONVENCIONAL

La electromiografía es una prueba que mide la respuesta de los músculos a los estímulos nerviosos. El electrodo de aguja se inserta a través de la piel en el interior del músculo. Cada fibra muscular que se contrae produce un potencial de acción. La presencia, tamaño y forma de la onda del potencial de acción producido en el osciloscopio proporciona información acerca de la capacidad del músculo para responder a la estimulación nerviosa.

4.5. ELECTROMIOGRAFÍA DE AGUJA.

Salvo para el llamado "ruido de placa" y para la actividad de inserción de la aguja, no debe existir actividad eléctrica en el músculo relajado.

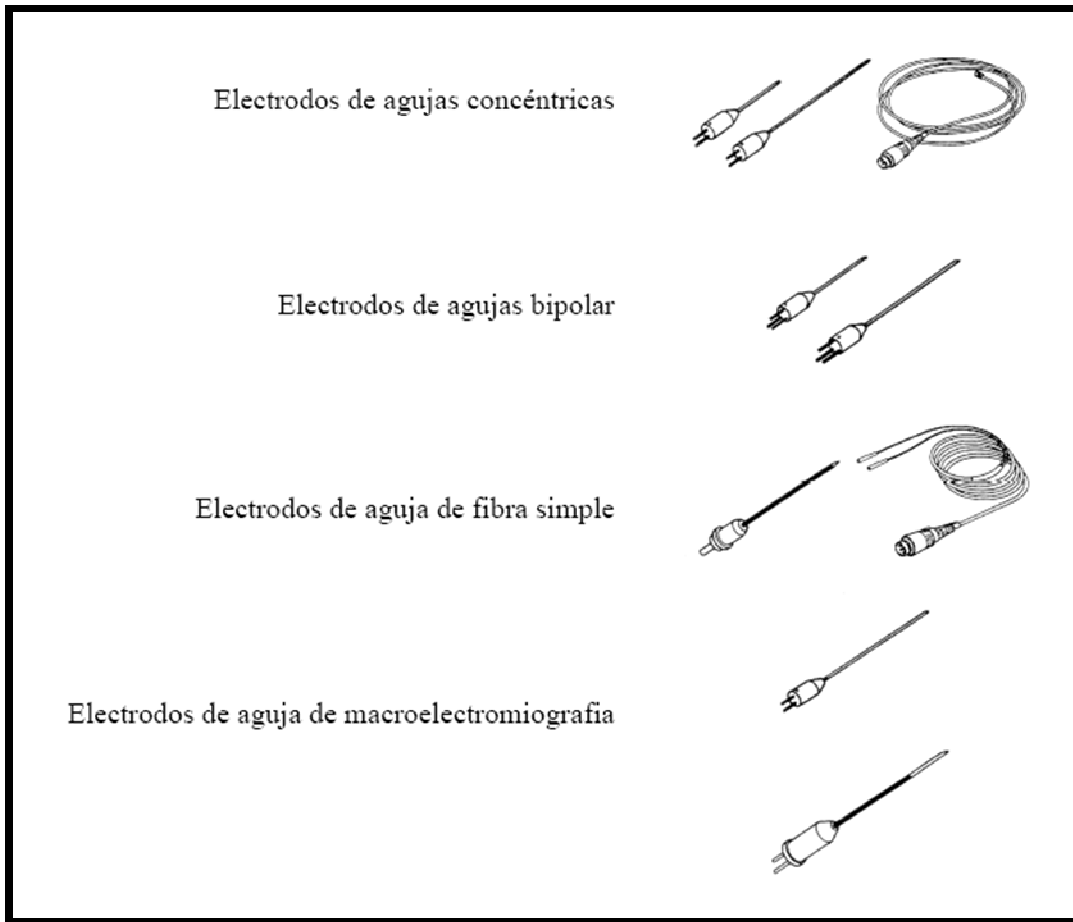


Figura 21. Tipos de electrodos de aguja para electromiografía

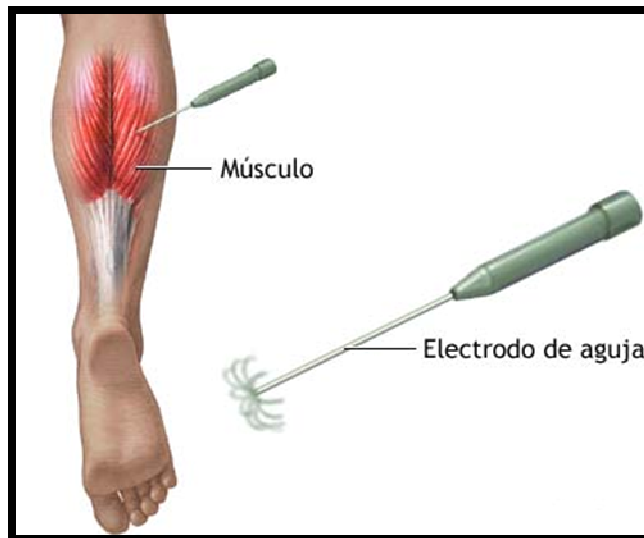


Figura 22. Electromiografía con electrodo de aguja.

La fibrilación y las ondas positivas son descargas espontaneas anormales que se producen en cualquier situación en la que una fibra muscular está denervada.

Aparecen habitualmente en los trastornos neurogénicos (enfermedades de neurona motora inferior, radiculopatías, plexopatías y neuropatías) y señalan la presencia de degeneración axonal. Pero también pueden verse en miopatías, especialmente en las inflamatorias y distróficas. Las fibrilaciones consisten en potenciales de una sola fibra muscular que bate de forma repetida a una frecuencia regular decreciente por lo que las características morfológicas y de su sonido en el instrumento de EMG permiten su reconocimiento indudable. Su duración, registrada con aguja coaxial, se halla entre 1 y 5 mseg. Su deflexión inicial es positiva.

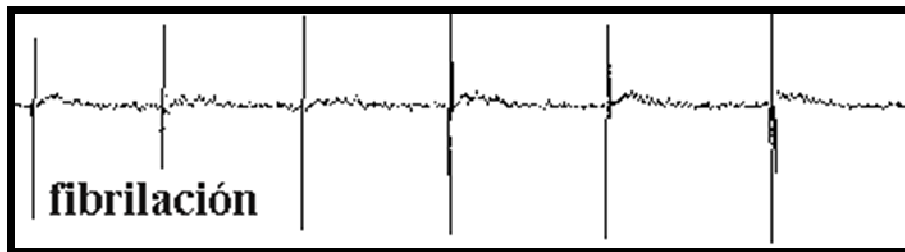


Figura 23. Fibrilaciones

Las ondas positivas, por su parte, tienen el mismo significado fisiopatológico, su ritmo es similar, el sonido característico y consisten en una deflexión positiva brusca con una muy lenta recuperación a la isoléctrica. Corresponden a la fibrilación de una fibra muscular degenerada en uno de sus extremos. La hiperexcitabilidad de la membrana sarcolémica que causa este tipo de actividad espontanea, puede ser también responsable de las *descargas de alta frecuencia* (descargas bizarras o pseudomiotónicas) debidas al cierre de circuitos de excitación efáptica entre fibras.

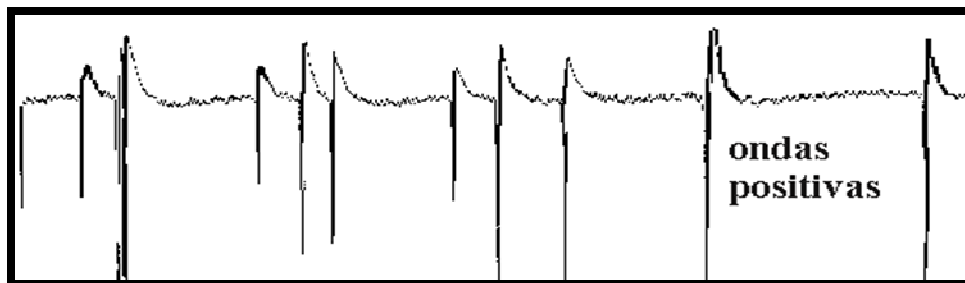


Figura 24. Ondas positivas

4.6. ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL.

Recojen la actividad eléctrica del nervio. Con estos electrodos se puede se puede obtener una idea de la electrogenesis global del musculo, peor no detectan potenciales de baja amplitud o de elevada frecuencia. Se utilizaron electrodos adhesivos para ECG, siendo estos los mas adecuados para realizar EMG superficial.

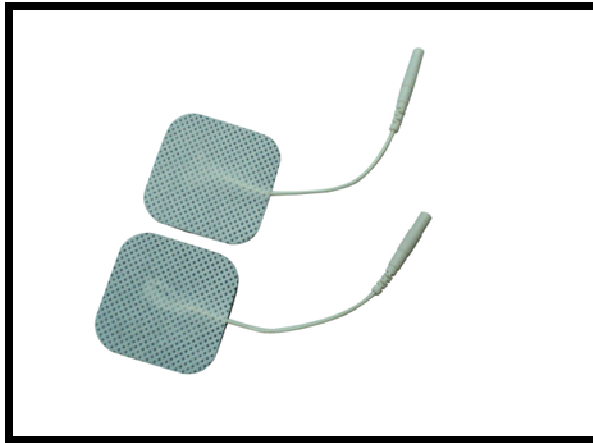


Figura 25. Electrodo para ECG (utilizados para EMG superficial).

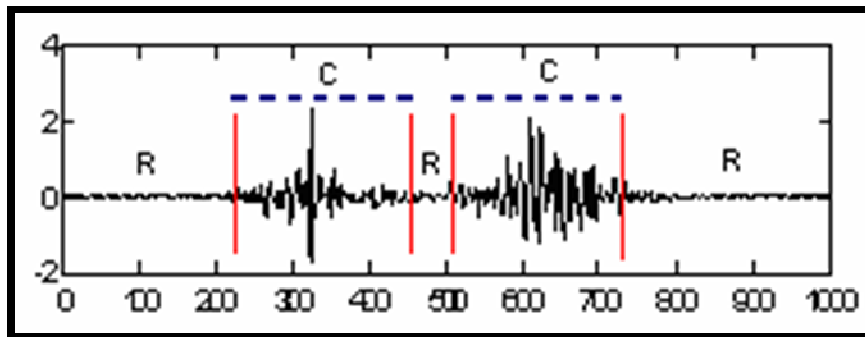


Figura 26. Señal EMG superficial.

4.7. ORIGEN Y ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG.

La señal mioeléctrica o de electromiografica es la señal eléctrica que se mide en la superficie del músculo cuando se contrae. En esta sección se describe la señal EMG, con especial énfasis en los aspectos que se puedan condicionar el desarrollo del sistema. La señal EMG es la base a partir de la cual se construye todo este trabajo, por tanto se desea caracterizarla desde un primer momento.

No es de interés tanto el origen y la fisiología de la señal como una descripción matemática precisa.

4.7.1. ORIGEN DE LA SEÑAL EMG.

Los músculos del cuerpo humano consisten en fibras musculares que son activas por las motoneuronas. Los impulsos que llegan desde la medula espinal a través de una motoneurona activan varias fibras musculares, en un número que crece proporcionalmente con el tamaño del músculo. Estas fibras forman un grupo llamado unidad motora (MU). Cada motoneurona activa por tanto un número variable de fibras, número que se va desde una decena hasta varias miles. Dicha cifra se llama tasa de innervación.

La respuesta eléctrica a la estimulación de una MU se llama potencial de acción de unidad motora (MUAP), y para mantener la contracción de un músculo han de descargarse periódicamente MUAPs, ponderados por la posición y tamaño de las fibras. Su amplitud cuando se mide con electrodos de superficie es a lo sumo de 10 mV, y es función de multitud de variables, como el grado de humedad, las capas de grasa entre el electrodo y el músculo o la temperatura ambiente (a más frío mayor amplitud de la señal).

Si se desea incrementar la fuerza de un músculo se reclutarán más motoneuronas, y si están ya todas en activo, se aumentará la frecuencia de refresco. Las MU de un músculo se reclutan en su totalidad cuando se ha realizado el 75% del máximo esfuerzo (MVC) aproximadamente. El umbral de activación de las motoneuronas que controlan pocas fibras parece ser que es más bajo que el resto, así que son las primeras en activarse. Esto tendrá alguna repercusión en el trabajo que aquí se presenta, como se verá adelante. Es posible al menos estimar cuántas motoneuronas han sido reclutadas en todo momento, mediante un simple recuento de MUAPs detectados por un electrodo intramuscular. Sin embargo, en nuestro contexto no tiene interés directo, dado que solo se va a obtener la señal a partir de electrodos de superficie, y esa información que podría ser útil no estará disponible. Basta saber que para los músculos que son de nuestro interés, bíceps y tríceps, el número de MU implicado puede ser de varios cientos. **[10]**

4.7.2. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG

La medición de la señal EMG se puede realizar con un electrodo de aguja, si es para fines médicos, o bien con un electrodo de superficie si no se admiten técnicas invasivas. Pero para nuestro trabajo de investigación nos centraremos en los electrodos de superficie pero para mayor información detallaremos todos los tipos de electrodos de medición y estimulación que se utilizan para el tratamiento de señales EMG.

4.7.2.1. Tipos de electrodos

- **Electrodo registro superficial EMG. Modelo: CM-1**

1. Electrodo bipolar para registro superficial

Consta de dos placas de plata clorurada con superficie de contacto dentada. Unida cada una a un cable de 8cm que se ensamblan a un cable bipolar, blindado de 1m.



Figura 27. Electrodo bipolar.

- **Electrodo estimulación digital. Modelo: CM-2**

1. Estimulador para dedos.

Anillo en espiral de acero inoxidable.

- Longitud de cable: 1m.
- Surtido de cables: 2 colores.
- Tipo de conexión: Se elabora con el conector que precise su equipo.



Figura 28. Estimulador para dedos

- **Electrodo de tierra, velcro. Modelo: CM-3-V**

1. **Electrodo de derivación a tierra.**

Fabricado con una malla metálica extra-flexible como alma conductora y reforzado en la unión al cable. Exterior recubierto de franela de algodón en la cara de contacto. Cierre con cinta de “velcro” por el exterior.

- Longitud de cable: 1,3m.
- Tipo de conexión: Se elabora con el conector que precise su equipo.

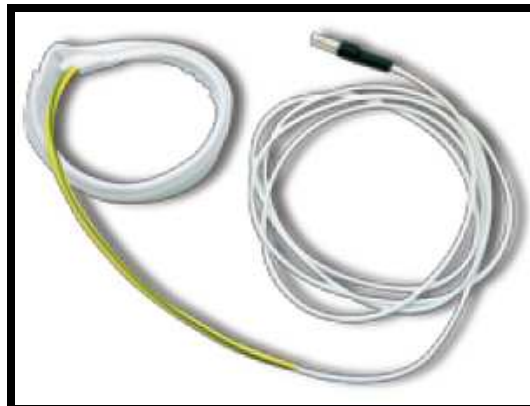


Figura 29. Electrodo de derivación a tierra

MODELO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)
CM-3-12	12	1,5
CM-3-20	20	2
CM-3-25	25	2
CM-3-30	30	2
CM-3-35	35	2
CM-3-40	40	2,5
CM-3-50	50	2,5
CM-3-70	70	2,5

Tabla1. Medida de cinta.

- **Electrodo de tierra, placa. Modelo: CM-3-P**

- 1. Electrodo para tierra con cable incorporado.**

- Placa de acero inoxidable.
- Indispensable utilizar gel conductor.
- Sujeción con banda o goma.



Figura30. Electrodo para tierras con cable.

- **Electrodo barra para registro y estimulación EMG**

- 1. MODELO: SP-30**

Electrodo de barra pequeño: 20mm

- Longitud del cable: 1,5 m.
- Conector: El que precise su equipo.
- 2 bandas de velcro de 40 y 100 cm.

2. MODELO: SP-40

Electrodo de barra grande: 40mm

- Longitud del cable: 1,5 m.
- Conector: El que precise su equipo.
- 2 bandas de velcro de 40 y 100 cm.



Figura 31. Electrodo para medición de estimulación.

- **Estimulador bipolar EMG**

Electrodo para estimulación y/o registró EMG con mango desmontable.

Dos tamaños adulto y niño.



Figura32. Electrodo de estimulación de mango desmontable.

MODELO	LONGITUD CABLE	DESCRIPCIÓN	CONECTOR
9013LO-A	2M	2 fieltros de 6mm. Separados 23mm.	DIN 5 vías
9013LO-N	2M	2 fieltros de 3mm. Separados 10mm.	DIN 5 vías

Tabla II. Tabla comparativa de los estimuladores.

- **Fijación para electrodo EMG:**

1. **Modelo 9013LO_F**

Cinta de velcro para fijación de electrodo E.M.G.

- Longitud cinta: 50 cm
- Anchura cinta: 2 cm.



Figura 33. Cinta de velcro para fijar electrodo.

- **Electrodo para registro y estimulación EMG. Modelo: ST-90**

1. **Modelo: ST-90**

- Mango desmontable.
- Cinta de velcro para fijación.
- Cable de 1,5m
- Conector: El que precise su equipo.



Figura 34. Electrodo de registro y estimulación.

- **Electrodo de estimulación pudendal.**

1. **Modelo: 9013L4401**

Adecuado para la evaluación de trastornos en la zona pélvica.

- Cajas de 20 unid.



Figura 35. Electrodo de estimulación pudendal.

- **Cable para electrodo de estimulación pudendal.**

1. **Modelo: 9013L0321**

Cable de conexión para electrodo de estimulación pudendal

- Cable: Longitud 2m.

- Conexión: DIN 5 vías



Figura 36. Cable para electrodo de estimulación pudendal.[11]

4.8. POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS

Para adquirir señales biomédicas se utiliza la amplificación diferencial, es decir, se recoge la diferencia de potencial entre dos puntos del cuerpo humano respecto a una referencia y se elimina la parte común de la señal. Para adquirir la señal de un músculo hacen falta por tanto tres electrodos, dos de ellos se aplican sobre el músculo, y el tercero sobre un tejido que no interviene. La normatividad define la distancia entre electrodos como “la distancia entre centros de las áreas de conductividad de los electrodos”. Con respecto a la distancia entre electrodos, la normatividad recomienda que:[12]

- Los electrodos bipolares EMG de superficie tengan una distancia entre electrodos de entre 20mm y 30mm.
- Cuando los electrodos bipolares están siendo aplicados sobre músculos relativamente pequeños, la distancia entre electrodos no debe superar 1/4 de la longitud de la fibra muscular. De esta forma se evitan los efectos debidos a tendones y terminaciones de las fibras musculares.

Posicionamiento de los electrodos La señales electromiográficas dan una muestra de la actividad eléctrica en los músculos durante una contracción. Sin embargo, estas señales están altamente relacionadas con la posición del electrodo sobre el músculo de interés. Debido a esto, es necesario que la ubicación de los electrodos sea consistente en sesiones consecutivas de estudio y sobre diferentes pacientes. Para determinar la ubicación de los electrodos es recomendado utilizar la normatividad correspondiente donde se encuentran sugerencias para la ubicación de los electrodos sobre 27 zonas musculares distintas. El objetivo al ubicar los electrodos es conseguir una ubicación estable donde se pueda obtener una buena señal electromiográfica. Los electrodos se pueden ubicar sobre la superficie de la piel de manera longitudinal, o transversal.

- **Longitudinal:** la recomendación es ubicar el electrodo bipolar en la zona media del músculo, esto es, entre la terminación de la neurona motora que envía el impulso eléctrico al músculo (aproximadamente línea media del músculo) y el tendón distal.
- **Transversal:** la recomendación es ubicar el electrodo bipolar sobre la zona media del músculo, de tal forma que la línea que une los electrodos, sea paralela con el eje longitudinal del músculo. [13]

CAPÍTULO V

DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA

5.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se detalla el desarrollo de la interfaz hombre - máquina (HMI) donde se visualizara la curva de comportamiento de la señal EMG.

Así como el diseño que se ha realizado para la implementación de hardware del sistema paso a paso donde se muestra claramente los pasos que se realizaron para llegar a un diseño funcional para el registro de señales musculares (electromiográficas).

Una vez que se fusionen tanto en hardware y el software se dispondrá en la Pc la visualización del comportamiento de la señal EMG.

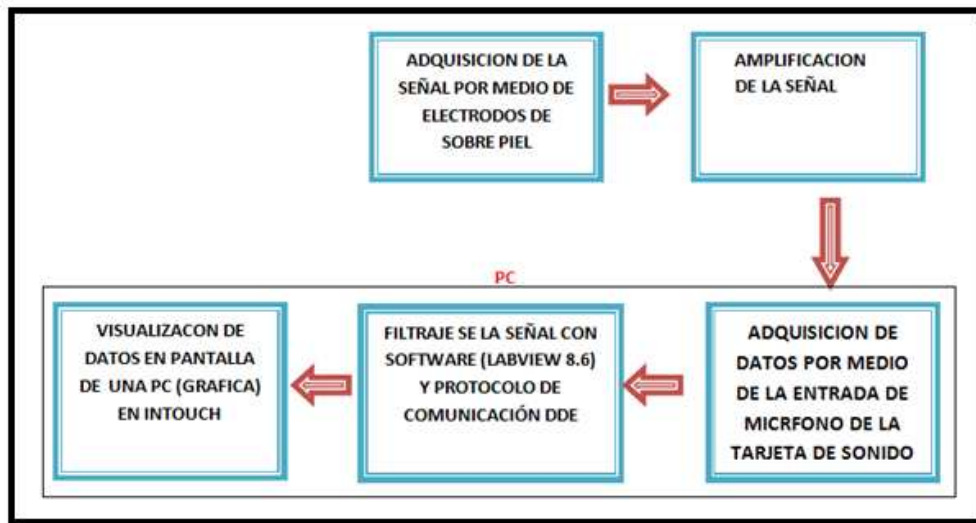


Figura 37. Diagrama a bloques de proyecto.

5.2.HARDWARE.

5.2.1. Adquisición de la señal.

Los electrodos nos entregan un voltaje referencial que viene dado en el rango de los milivoltios. El rango de voltaje que recibimos es muy bajo, es muy bajo relativamente hablando, siendo en el orden de los 100uv a 10mv por lo que nos hemos visto obligados a la utilización de amplificadores de instrumentación para que luego de este tratamiento poder tener una clara idea del nivel de

voltaje correspondiente al musculo donde se aplican los electrodos, para este tipo de procedimiento nos apoyamos en los siguientes dispositivos electrónicos que nos permiten realizar lo antes descrito para este tipo de tarea.

5.2.2. Amplificación de la señal.

Para llevar a cabo la amplificación se utilizo el amplificador de instrumentación AD620 de la empresa Perry ElectronicFirm, configurado como muestra la figura 38, por lo que se ha realizado algunas variaciones de este circuito que viene dado en la hoja de características y se ha reemplazado el **AD705J** por un amplificador de características similares como es el **OP07**.

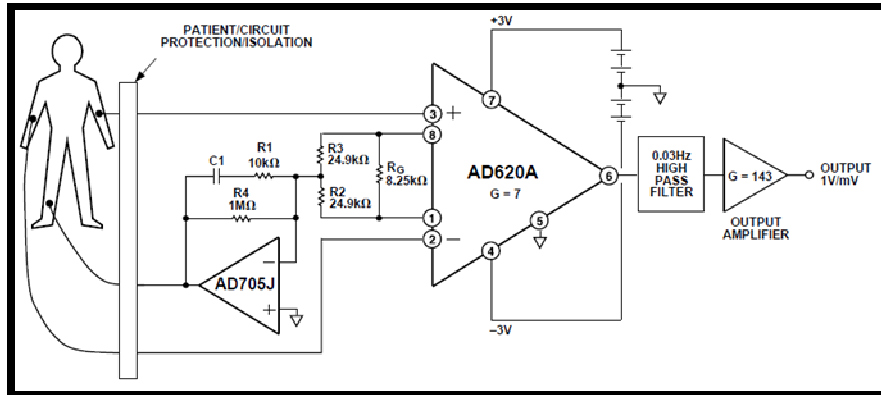


Figura 38. Configuración del AD620

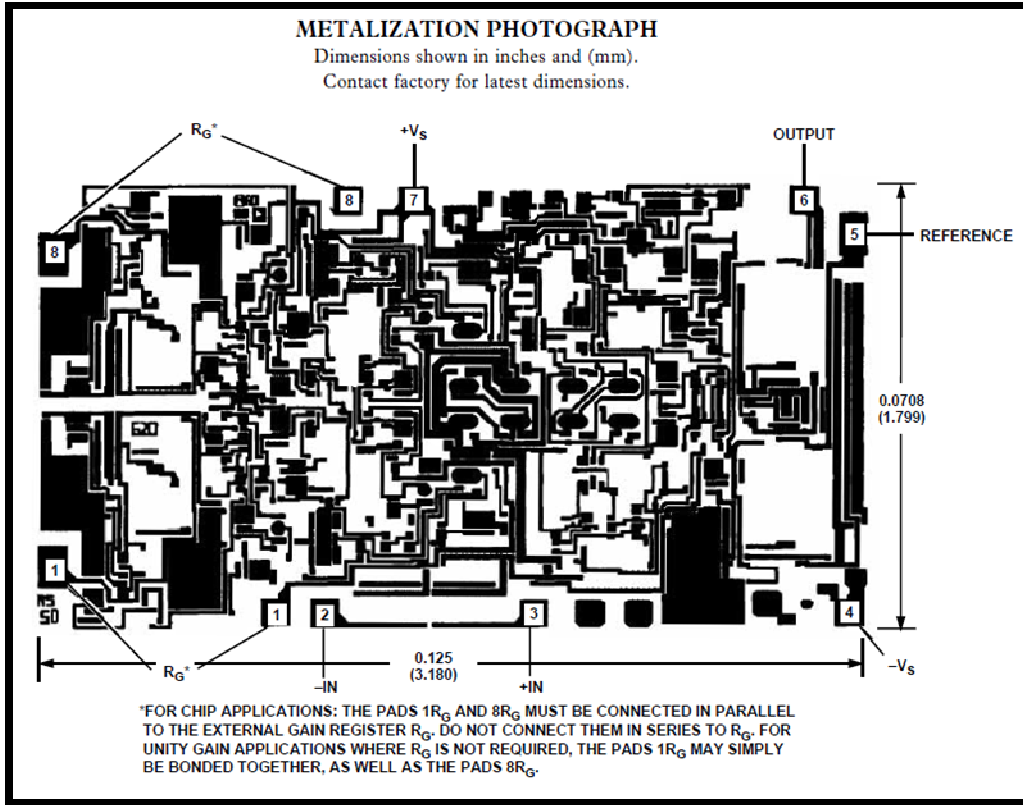


FIGURA 39: Constitución Interna del AD620

Ganancia del AD620 se establece mediante la conexión de una sola resistencia externa que es la resistencia, R_G :

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

El termino en la ecuación de 49.4k Ω , viene de la suma de las resistencias de realimentación interna, Se trata de la película de metal en el chip resistencias que están recortadas con láser de precisión los valores absolutos.

En un principio lo que se utilizo un amplificador de instrumentación, cuya finalidad es la de amplificar los leves potenciales recogidos en el musculo que están en un rango de los 90uV hasta los 100uV, para que de esta manera se puedan visualizar en un osciloscopio como en el PC ya que para estos casos se necesitan que los valores de voltaje se encuentren en el rango de los voltios.

La ganancia obtenida con este amplificador es de 400, para obtener el valor de la resistencia a utilizar se empleo la ecuación del amplificador AD620.

$$G = 1 + \frac{49.4K\Omega}{R_G}$$

Partiendo de esta ecuación procedemos a despejar R_G para poder llegar al valor de la resistencia que seamos para obtener el valor de ganancia que nos hemos planteado.

$$G - 1 = \frac{49.4K\Omega}{R_G}$$

$$R_G = \frac{49.4K\Omega}{(G - 1)}$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$R_G = \frac{49.4K\Omega}{(400 - 1)}$$

$$R_G = \frac{49400}{(400 - 1)}$$

$$R_G = 123.80$$

Pero este valor es muy aproximado por lo que recurrimos a dejar el valor de la resistencia R_G en un valor exacto de 50Ω con lo que el cálculo nos queda de la siguiente forma.

$$G = 1 + \frac{49400}{100}$$

G = 494

Al realizar este ajuste podemos ver que la ganancia que nos planteamos solo varía en una unidad por lo que escogemos este valor de resistencia para RG.

Pero la configuración ideal o de la hoja de características no es suficiente para llevarlo a la estabilidad perfecta por lo que se realizó un arreglo de resistencias para conseguir nuestro objetivo.

Con estas aclaraciones podemos pasar a la siguiente etapa de filtrado donde eliminaremos los valores de frecuencias de 60 y 120Hz.

Para conseguir este objetivo de eliminar las frecuencias y el ruido que ingresa, la señal obtenida la procesaremos dentro del PC.

5.2.4. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO.

El programa Proteus está conformado por dos aplicaciones llamadas Ares e Isis. Isis está diseñado para realizar esquemas de circuitos con casi todos los componentes electrónicos que se encuentran actualmente disponibles en el mercado de los circuitos integrados y los componentes pasivos y activos utilizados en las aplicaciones electrónicas, además posee una aplicación de simulación que permite comprobar la efectividad de un circuito determinado ante una alimentación de voltaje, este voltaje en la aplicación es virtual; también permite cargar a los microcontroladores presentes en sus librerías con los programas previamente desarrollados en los programas ensambladores y en los compiladores de Basic según sea el tipo de lenguaje elegido por el programador. Puede simularse desde el encendido de un led hasta una serie una gran board con un sin número integrados digitales o micros.

Ares es una aplicación que se usa para situar los componentes utilizados en el esquema realizado en Isis sobre una board virtual que luego puede ser impresa en una impresora laser sobre papel propalco teó papel de fax, estos últimos pueden luego ser impresos sobre la capa de cobre para luego obtener las pistas de conducción mediante una reacción que extrae el cobre sobrante de la

board debakelita. Los componentes pueden encontrarse en la librería de la aplicación con los nominales de la clase de encapsulado en el caso de los integrados y con respecto a la denominación técnica referente a la forma física de los componentes. Esta aplicación cuenta con una serie de procesos automatizados que generan acciones de auto ruteo y auto posicionamiento cuando el proyecto se carga desde sí, de lo contrario el posicionamiento y el ruteo debe hacerse manualmente.

PARA esta etapa se utilizará un software especializado para ese tipo de tareas como es el PROTEUS 7.6 PROFESIONAL en su versión más reciente.

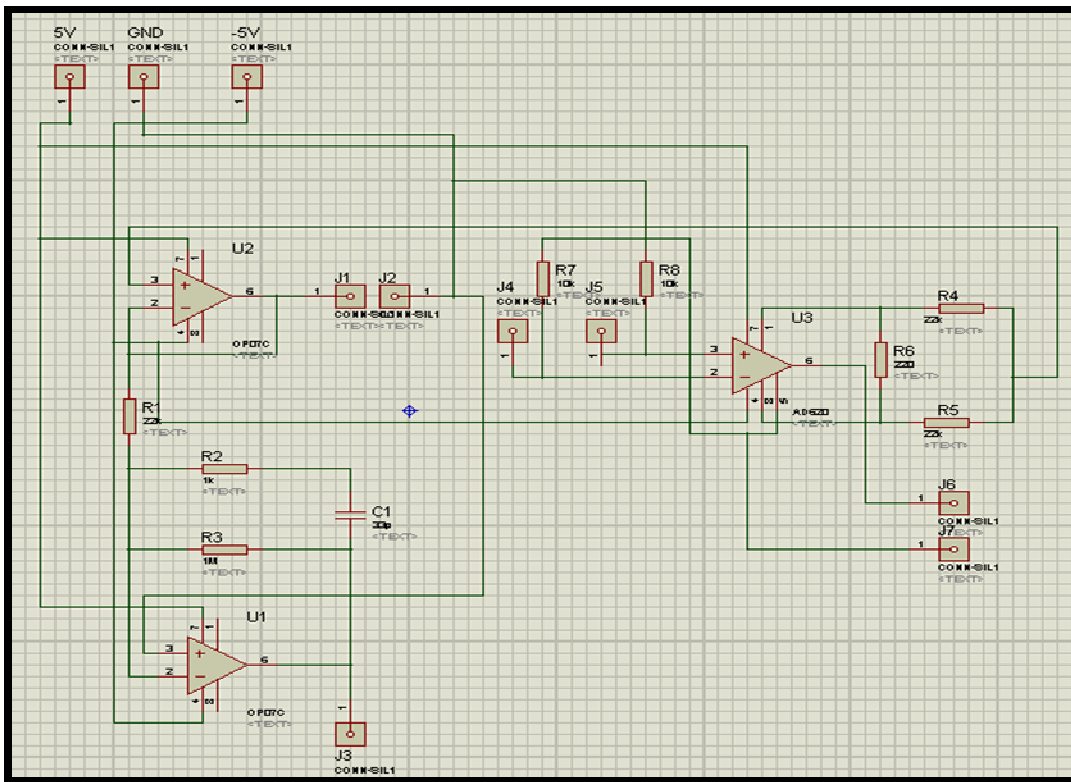


Figura 40. Circuito esquemático

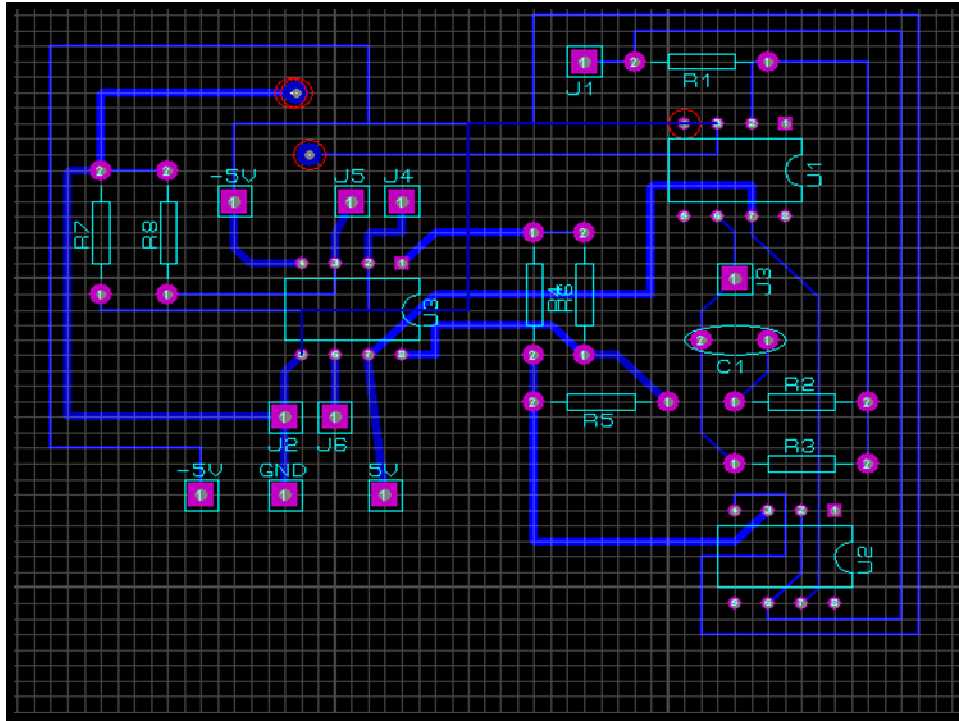


Figura 41. Circuito impreso completo.

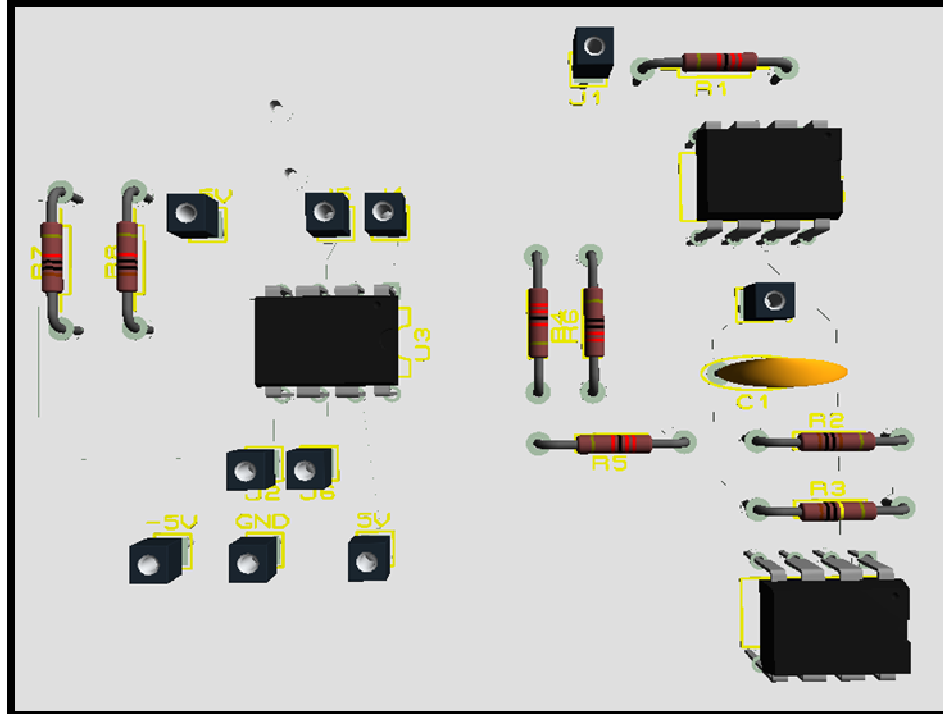


Figura 42. Circuito impreso completo visto en tres dimensiones.

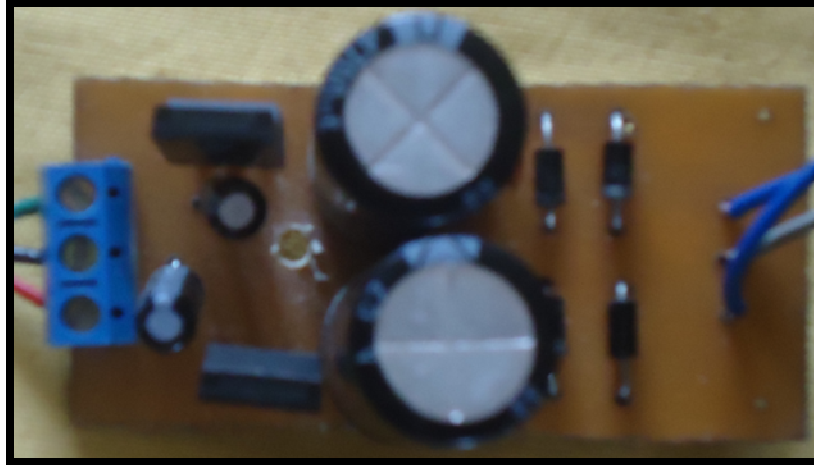


Figura 43. Circuito de la fuente de alimentación.

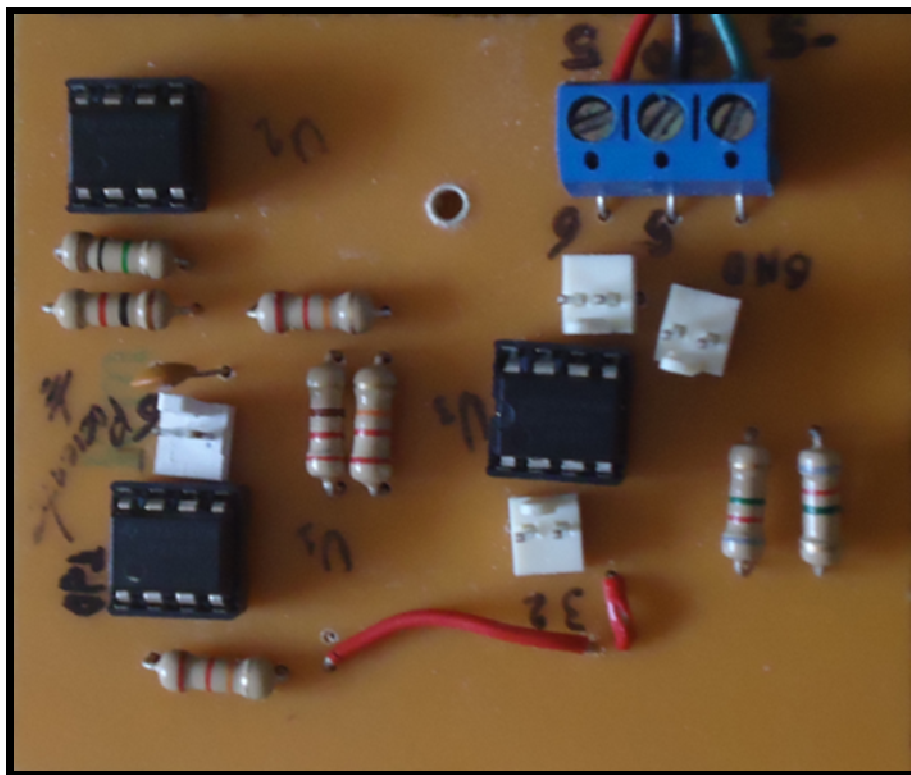


Figura 44. Circuito de recepción de señales EMG.

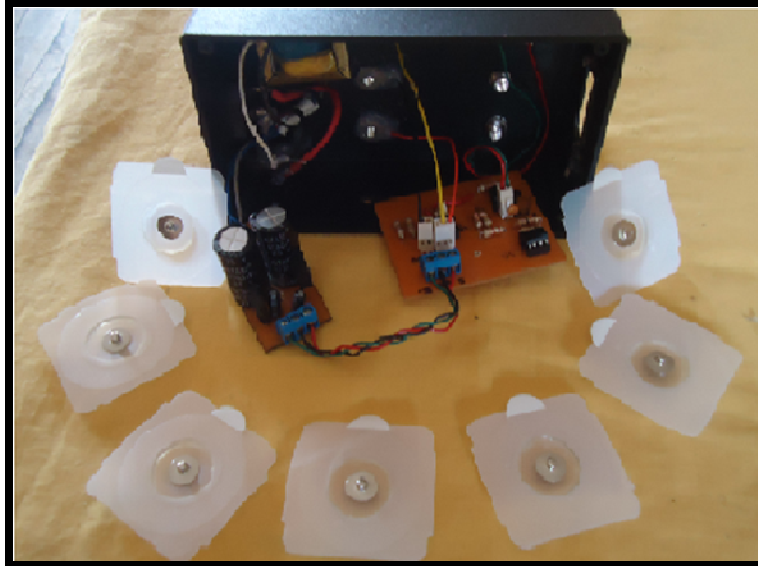


Figura 45. Acople de módulos.

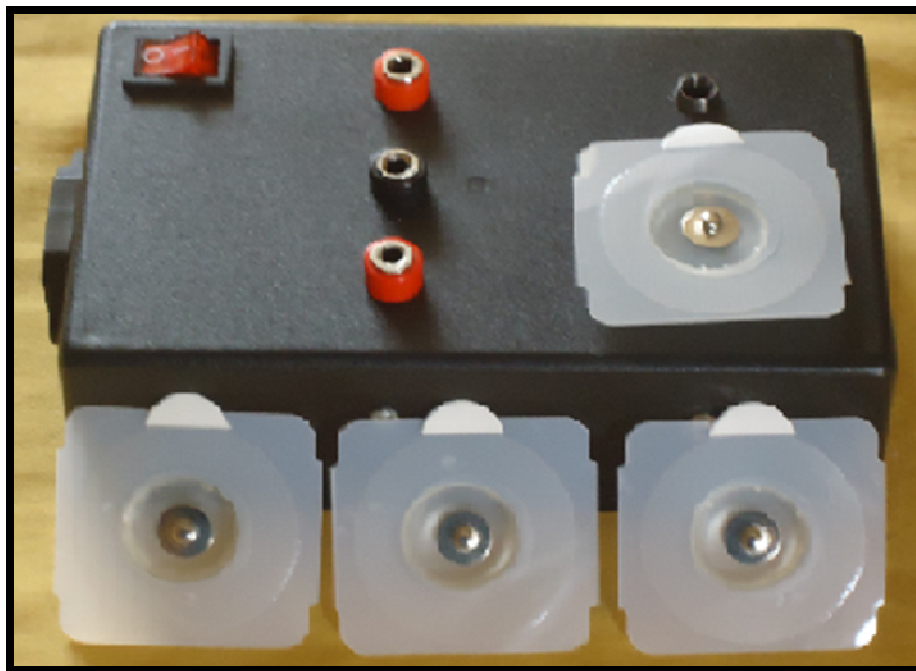


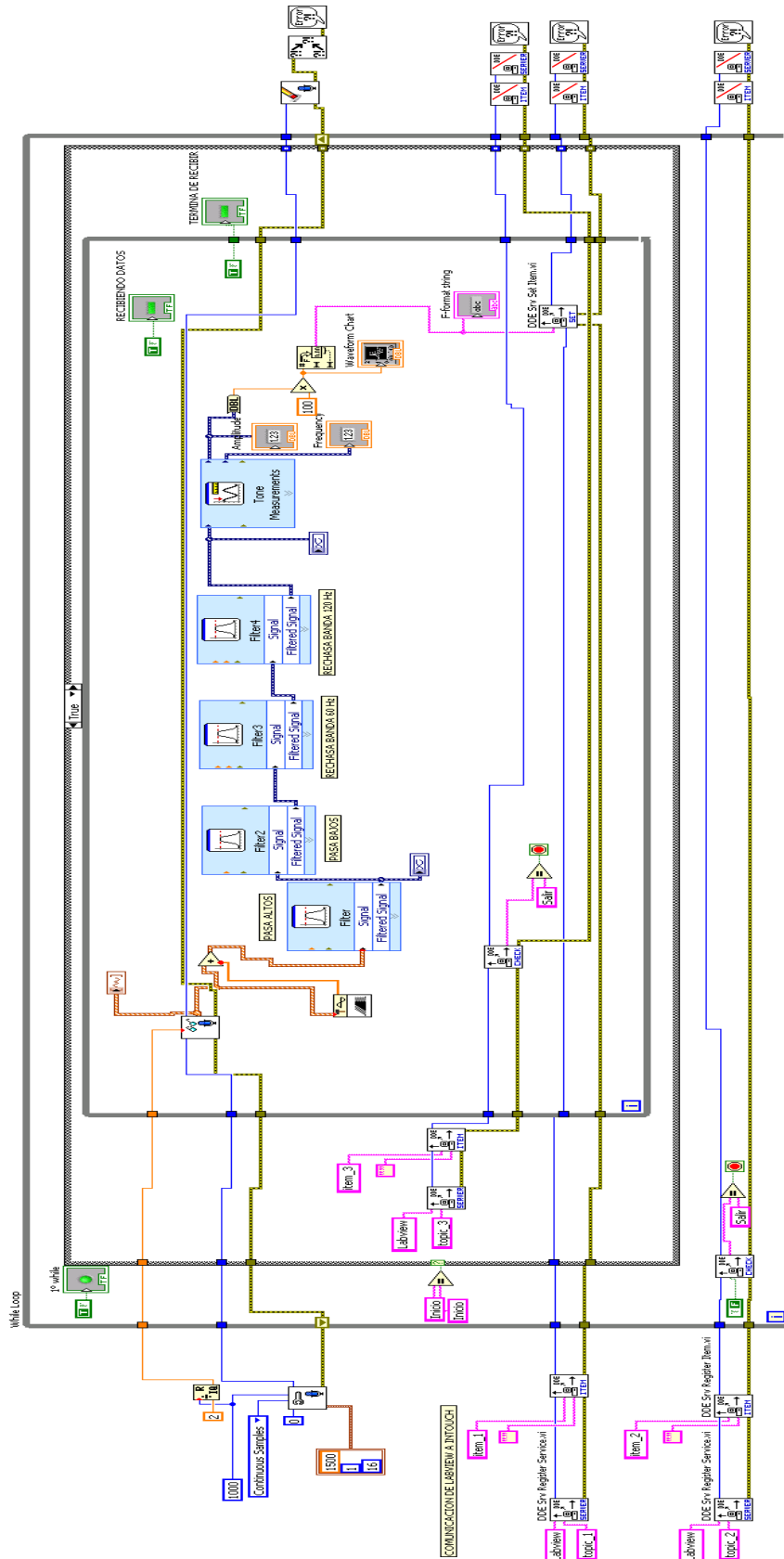
Figura 46. Etapa final de construcción de hardware.

5.3. SOFTWARE.

A continuación detalla el interfaz de comunicación por la tarjeta de audio así como el desarrollo de la interfaz hombre - máquina (HMI) donde se visualizará el sistema Electromiógrafo.

Figura
Etapa

47.



adquisición, tratamiento y comunicación DDE.

5.4. INTERFAZ DE COMUNICACIÓN DE HARDWARE Y PC POR MEDIO DE LA TARJETA DE AUDIO DEL COMPUTADOR.

Se refiere a la manera de cómo se realizó la adquisición de las señales en el computador por medio de la tarjeta de sonido para luego recibirlo por el driver de comunicación en **LABVIEW**, el cual permite manipular la tarjeta de sonido, con esta forma de transmisión de datos aseguramos la no pérdida de datos con lo que se llega a poder realizar un tratamiento adecuado de la señal obtenida por medio de hardware construido.

Las funciones de Labview8.0 que se utilizaron para lograr obtener las señales por la tarjeta de audio son las siguientes.

5.4.1 Configuración de sonido de entrada.

Configura el dispositivo de entrada de sonido, para adquirir o enviar.

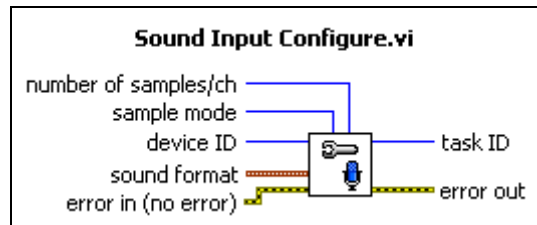


Figura 48. Configuración sonido de entrada.

5.4.2 Leer sonido de entrada

Lee datos a través del dispositivo de entrada de audio,

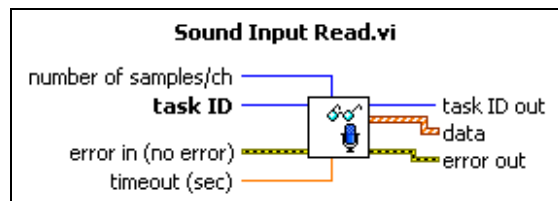


Figura 49. Lectura desde el micrófono.

5.4.3 Detener Adquisición

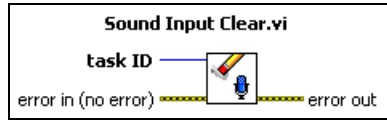


Figura 50. Culmina la adquisición.

Detiene la adquisición de datos, limpia el buffer de entrada y retorna a la configuración por defecto.

5.5. DESARROLLO DE LA HMI.

En este proyecto los requerimientos que se deben cumplir son:

- Mostrar de una manera visual el comportamiento del un musculo del cuerpo humano y sea de fácil reconocimiento los cambios de señal que se produzca en el musculo que se esté analizando en ese instante.
- La HMI se desarrollará en el Software InTouch.

Ya se indicó que InTouch no tiene la capacidad de manejar en forma directa lospuertos de comunicación, no puede adquirir los datos del puerto serial o puerto USB o de audio como en este caso. Para esto necesita de drivers llamados I/O Servers, que permitenrealizar la adquisición de datos a través de PLC's, tarjetas de adquisición dedatos, etc. Sin embargo, también permite la comunicación con otros sistemasmediante DDE y ActiveX.

A continuación se muestra un esquema de la comunicación que se maneja para desarrollar la HMI que está basado en InTouch.

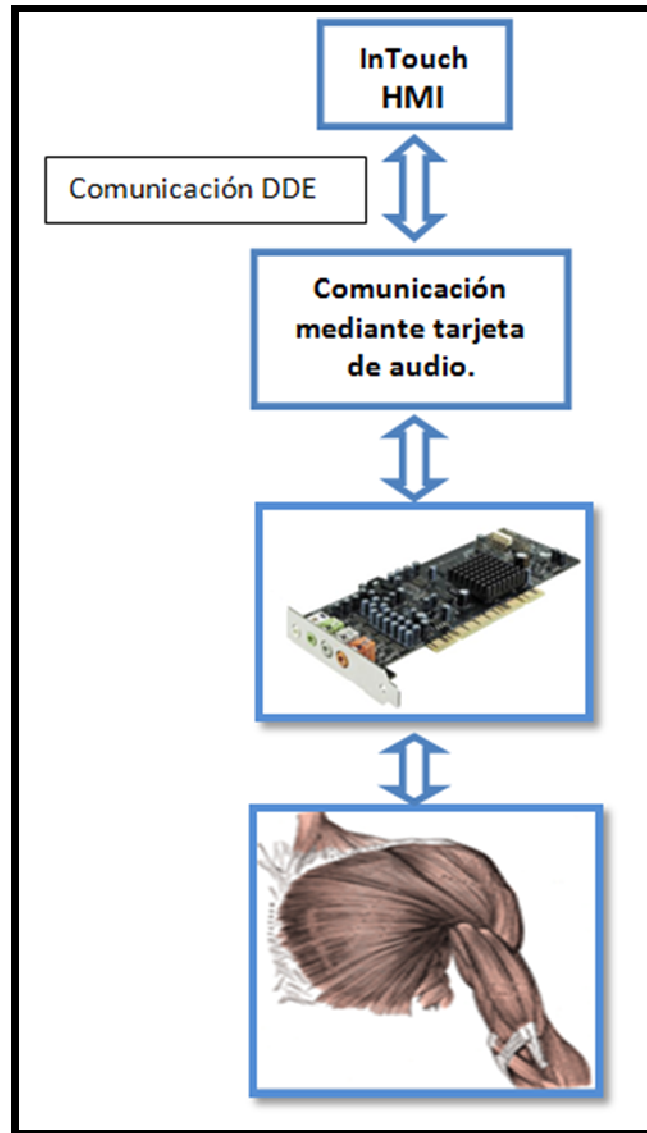


Figura 51. Configuración del sistema.

En la figura se puede observar la forma como trabaja el sistema de comunicación del sistema.

5.6. ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DE ELECTROMIÓGRAFO.

5.6.1. ELECTROMIÓGRAFO DE 2 CANALES

Marca: CADWELL.

Modelo: SIERRA II WEDGE.

Procedencia: USA.

CARACTERÍSTICASTÉCNICAS:

EMG Wedge Sierra II:

- Una central de energía portátil, conocido por la fiabilidad y portabilidad de sus instrumentos, Cadwell diseñó el Sierra II para ajustarlo al nuevo Standard.
- Posee un teclado familiar e intuitivo.
- Amplificador de 2 canales
- Sensibilidad: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 u V/div; 1, 2, 5, 10, 20 mV/div.
- Impedancia de entrada: > 1000 M Ω
- Salida de sensor de temperatura 21° a 44°C +/-0.5°C.
- Número Promedio por canal: 1 a 10,000.

DIMENSIONES DE LA UNIDAD BASE SIERRA II WEGDE:

- 1.8" Alto x 12" Ancho x 13" Prof.
- Peso: 6 lbs. (2.7 kg)
- Eléctrico: 100-240 Vac, 50-60 Hz, 2A Max.

ESTIMULADORES:

- Frecuencia de repetición: 0.01 a 90 pps dependiendo del tipo de estimulación.

ESTIMULADOR ELÉCTRICO:

- Duración del pulso: 50 a 1000 us extensión, ajustable en 50-us incrementos.
- Rango eléctrico: 0 a 100 mA, 380 V voltaje máximo.
- Resolución: 0.5 mA.

INTERFACE DE COMPUTADORA:

- Interfaces via 10BaseT conexión a una laptop o computadora de escritorio
- Con software Sierra II y Windows® 95/ 98, 2000, XP.

5.6.2. ELECTROMIÓGRAFO ESPOCH.

5.6.3. ELECTROMIÓGRAFO DE 2 CANALES

Marca: ESPOCH

Modelo: CHATSO

Procedencia: USA.

CARACTERÍSTICASTÉCNICAS:

EMG CHATSO ESPOCH 3.3:

- Una central de energía de alimentación incorporada, para una mejor portabilidad y disponer del equipo en cualquier parte donde se lo requiera.
- Posee un interface mediante tarjeta de audio que permite estar disponible en cualquier pc con solo conectarlo y copiar la aplicación en el PC donde se va utilizarlo.
- Está compuesto de un amplificador de instrumentación que lo hace muy sensible para una recepción adecuada.
- Sensibilidad: mostrados en los cálculos de ganancia en este capítulo.

Dimensiones de la Unidad EMG CHATSO ESPOCH 3.3:

- 5.5cm Alto x 10cm” Ancho x 16cm Prof.
- Peso: 1.5 lbs. (2.7 kg)
- Eléctrico: 120Vac, 50-60 Hz, 1A max.

Estimuladores:

- El equipo no cuenta con un modulo de estimulación.

Estimulador eléctrico:

- El equipo no cuenta con un modulo de estimulación eléctrico.

Interface de computadora:

- El interface viene dado por conexión mediante tarjeta de audio a una laptop o computadora de escritorio por facilidad de comunicación.

CARACTERÍSTICAS EXCLUSIVAS:

- El dispositivo cuenta con

GENERADOR DE INFORMES:

- El dispositivo no cuenta con generador de informes.
- Visualización de datos en tiempo real.

5.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Electromiógrafo comercial:

ESTATUS:	ABIERTO
Tipo de ítem:	Sistema completo
Categoría:	Neurología
Dispositivo:	Electromiógrafo Potenciales Evocados
Fabricante:	Nicolet
Modelo:	VikingQuest
Condición:	Restaurado - remplazo de piezas mayores
Ubicación:	Estados Unidos, California
Cantidad	1 disponible
Precio de unidad	7,107.00 USD

Tabla III. Precio de electromiógrafo comercial

Estatus:	Abierto
Tipo de ítem:	Sistema de visualización
Categoría:	Fisioterapia
Dispositivo:	Electromiógrafo superficial.
Fabricante:	ESPOCH

Modelo:	Chatso
Condición:	Restaurado - remplazo de piezas mayores
Ubicación:	Ecuador - Riobamba
Cantidad	1 disponible
Precio de unidad	800 USD

Tabla IV. Precio de electromiógrafo construido.

CONCLUSIONES:

- La herramienta de control y programación InTouch, tiene una interface sencilla que facilita su utilización.
- Se puede realizar un puente comunicación entre distintas aplicaciones, como entre Labview e InTouch a través del protocolo **DDE**.
- La tarjeta de audio integrada en cualquier computador, nos permite una mejor recepción de los datos en tiempo real.
- Es necesario un acople de tierras, entre paciente y circuito, ya que de esta manera se obtiene una mejor veracidad en los datos.
- El amplificador de instrumentación AD620, utilizado en el desarrollo de este trabajo tiene una muy buena estabilidad, y además que permite a las señales eléctricas musculares que están en rangos de los μV amplificarlas a unidades de Voltios.

La bio-electrónica es un área que permite medir señales bio-eléctricas, como este caso señales eléctricas musculares y desarrollar equipos de electrónica medica.

RECOMENDACIONES:

- La correcta colocación de los electrodos en los lugares donde se vaya a realizar el análisis muscular.
- Colocar los electrodos de tal forma que estén muy bien adheridos a la superficie del musculo para que no exista señales parasitas en la toma de las muestras.
- Conectar la tierra del paciente correctamente en un lugar del cuerpo del paciente donde no exista mucha masa muscular, así se logra un mejor funcionamiento del circuito y veracidad en los datos.
- Verificar que en el computador este debidamente configurado el micrófono externo, para que se pueda obtener los datos correctamente.
- Se recomienda limpiar completamente la superficie del musculo en el que se realizara las pruebas.
- Con este trabajo investigativo sobre la bio-electrónica podemos afirmar que el tratamiento de estas señales musculares nos permite no solamente ver el esfuerzo muscular que se realiza, sino además nos da la facilidad de ayudar al desarrollo de varios implementos que podrían ayudar a la comunidad para el desarrollo de prótesis para personas que han perdido extremidades.
- Tener en cuenta que los electrodos superficiales se los debe hacer uso un máximo de dos veces.
- Se recomienda investigar y desarrollar equipos bio-eléctricos para el desarrollo de prótesis inteligentes mediante el análisis de otras señales bio-eléctricas para ayudar a personas de capacidades especiales.
- Para proyectos futuros a fin al área, se podría añadir una monitorización via web o incluso una red celular.

RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema electrónico con interface a PC para monitorizar la actividad muscular, que podrá ser utilizado por profesionales especializados en esta rama y dar un diagnóstico de los resultados que se obtengan.

El sistema desarrollado en este trabajo permite la detección de la actividad muscular de un paciente. Las señales electromiográficas generadas por el músculo son detectadas mediante electrodos superficiales, que sirven de entrada al circuito. Tras una primera etapa de amplificación, mediante un amplificador de bio-instrumentación AD620, además se realiza un acople de tierras tanto de la tierra del paciente con la tierra del circuito, con el amplificador de precisión OP07, esta señal se la transmite por medio de entrada de micrófono de la tarjeta de sonido del PC. Finalmente, mediante un programa implementado en Labview 8.6 recibe las señales y a estas señales se le aplicó un filtro pasa banda de 20 Hz a 500 Hz y un rechaza banda de 60 Hz y además mediante protocolo de comunicación DDE son transmitidos a la aplicación final que se desarrollo en Intouch de Wonderware, siendo visualizadas las señales.

Con la implementación de este sistema se logró amplificar señales muy pequeñas ya que se obtuvo una ganancia de 400 en el amplificador de instrumentación, con los filtros se obtuvo un 85% de fidelidad logrando reducir la interferencia tanto de artefactos eléctricos y del ambiente.

El prototipo desarrollado cuenta con una interfaz sencilla para su utilización y de fácil interpretación de resultados.

Se recomienda la utilización de este sistema electrónico con interface a PC para monitorizar la actividad muscular, ya que facilitaría el dar un diagnóstico, ya que se logró obtener un 85% de fidelidad en los datos finales.

SUMMARY

Was designed and implemented an electronic system with interface to PC to monitor muscle activity, That could be used by professionals specialized in this branch and to give a diagnosis of the results that are obtained.

The system developed in this work allows the detection of the muscular activity of a patient. The electromyographic signals generated by the muscle are detected by means of superficial electrodes, that they serve as entrance to the circuit. After one first stage of amplification, by means of an amplifier of bioinstrumentation AD620, in also performed a coupling you as much ground of the patient with the ground of the circuit, with the amplifier of precision OP07, this signal transmits it by means of entrance of microphone of the card of sound of the PC. Finally, by means of a program implemented in Labview 8,6 it receives the signals and to these signals a band pass filter was applied to him of 20 Hertz to 500 Hertz and it rejects band of 60 Hertz and in addition by means of communication protocol DDE they are transmitted to the final application that development in Intouch de Wonderware, being visualized the signals.

With the implementation of this system it was managed to amplify very small signals since a gain of 400 in the instrumentation amplifier was obtained, with the filters a 85% of fidelity were obtained having obtained to as much reduce the interference of electrical devices and the atmosphere. The developed prototype account with a simple interface for its use and of easy interpretation of results.

The use of this electronic system with interface to PC is recommended to monitor the muscular activity, since a diagnosis would facilitate giving, since it was managed to obtain a 85% of fidelity in the final data.

ANEXOS

PRUEBAS Y RESULTADOS

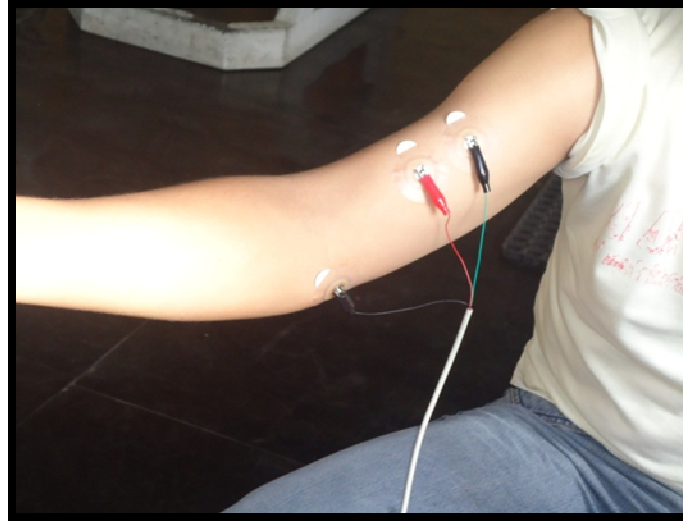


Fig 1. Pruebas extremidades superiores

	MANCUERNA 0,56 Kg	MANCUERNA 1,1 Kg	MANCUERNA 5 Kg
PRIMERA ITERACION	0.008976	0.005313	0.015046
	0.016924	0.015455	0.043411
	0.034811	0.070783	0.100129
	0.0628228	0.040823	0.018599
	0.009969	0.001435	0.054627
	0.025643	0.113445	0.195710
	0.011692	0.012328	0.065228
	0.048174	0.069673	0.016689
	0.011485	0.021473	0.066409
	0.025421	0.011485	0.244911
SEGUNDA ITERACION	0.028725	0.015024	0.015896
	0.020251	0.035846	0.173281
	0.003764	0.068923	0.059873
	0.048797	0.017982	0.027724
	0.017774	0.121122	0.202822
	0.008463	0.032083	0.054547
	0.054914	0.077690	0.213567
	0.011492	0.008671	0.001697
	0.035846	0.035462	0.286887
0.017982	0.011136	0.125468	
TERCERA ITERACION	0.007197	0.006766	0.045896
	0.057214	0.035462	0.013281
	0.019495	0.027732	0.159873
	0.055582	0.106424	0.015644
	0.017107	0.021676	0.192826
	0.060317	0.079834	0.046327
	0.002113	0.015131	0.211564
	0.001148	0.054129	0.001697
	0.035647	0.011492	0.258463
0.001435	0.035846	0.125468	

Tabla I. Datos obtenidos en las pruebas

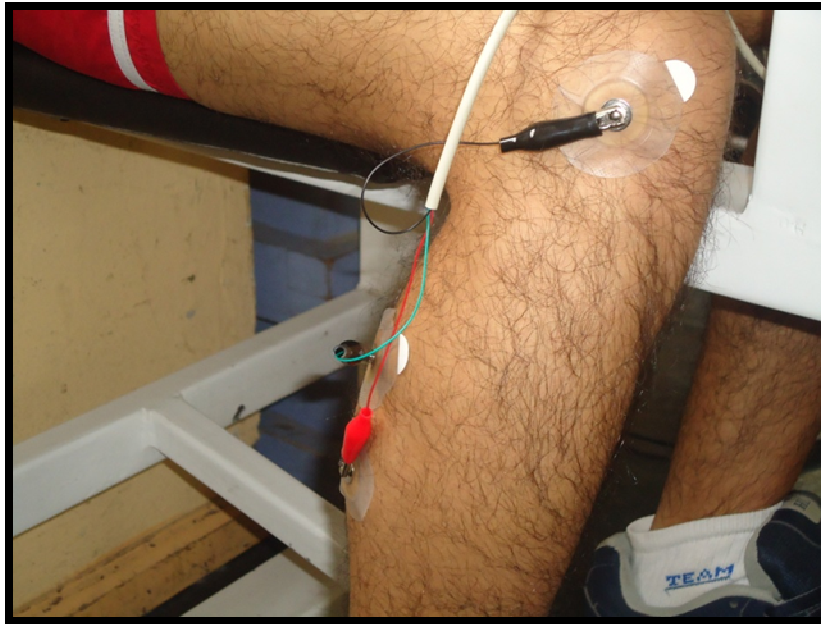


Fig 2. Pruebas extremidades inferiores.

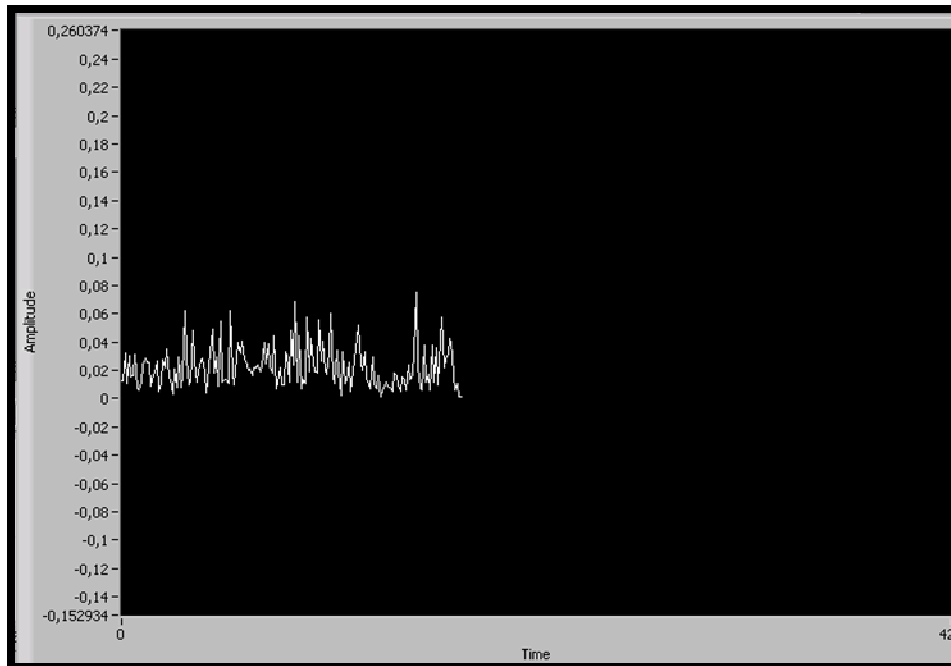


Fig 3. Pruebas extremidades inferiores con mancuerna de 0,56 kG.

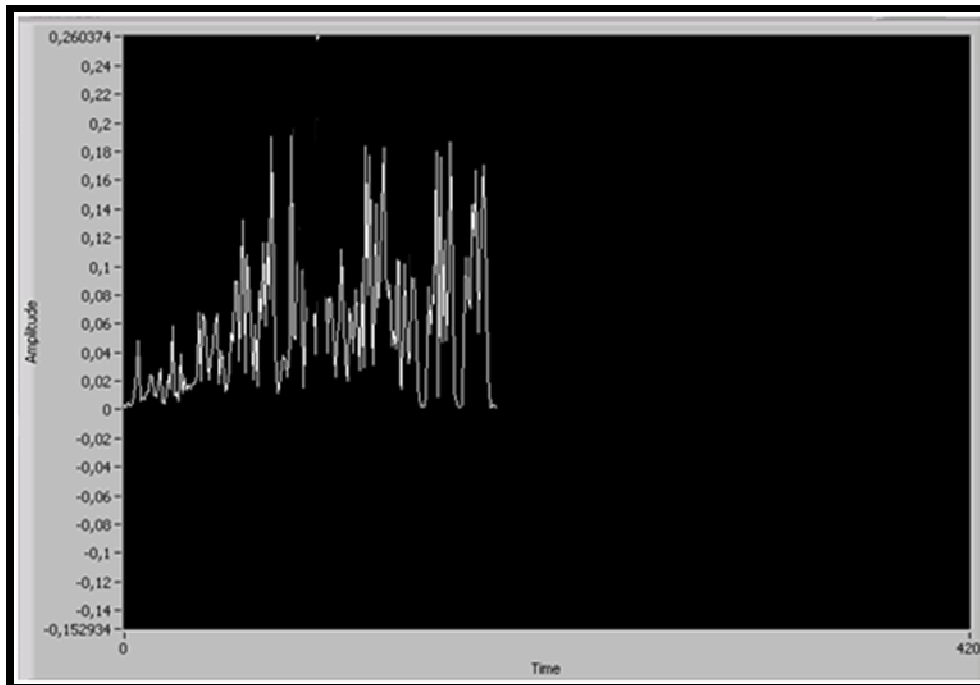


Fig 4. Pruebas extremidades inferiores con mancuerna de 2 kG.

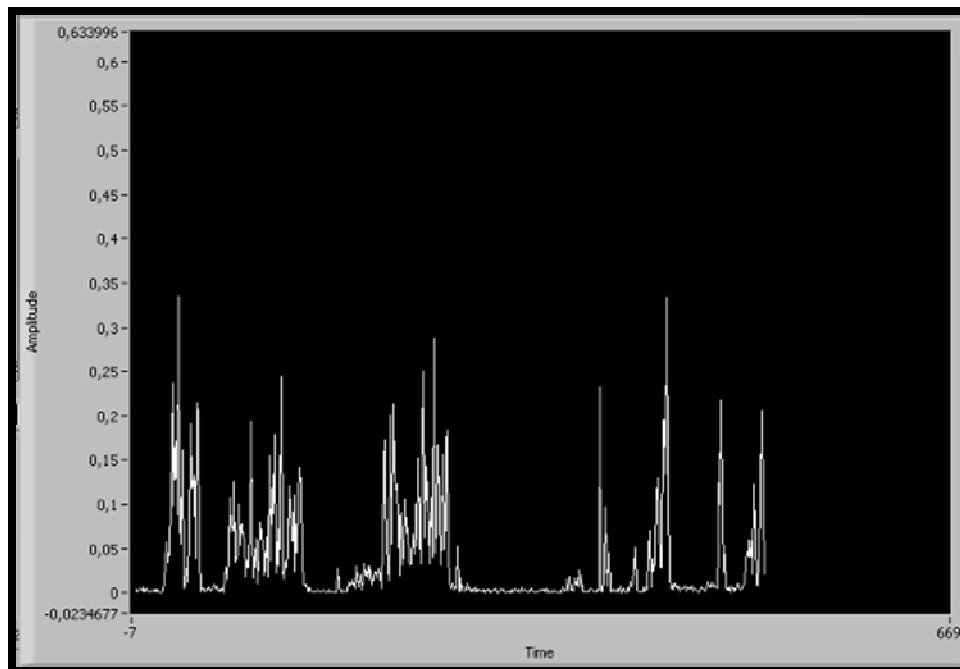


Fig 5. Pruebas extremidades inferiores con mancuerna de 5 kG.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACTINA Familia de proteínas globulares que forman los microfilamentos.

ADENOSIN Produce en el metabolismo de las grasas.

ADENOSINAN Nucleósido formado por la unión de la adenina y la ribosa.

CITOPLASMA Su función es albergar los orgánulos celulares y contribuir al movimiento de los mismos.

CITOPLASMÁTICA Su función es albergar los orgánulos celulares y contribuir al movimiento de los mismos.

F-ACTINA Es una hélice de monómeros de actina

FASCIO Se utilizaron colgajos fasciosubcutáneos laterales o mediales de pierna basados en las arterias.

FOSFAGENO El ácido láctico es un desecho metabólico que produce fatiga muscular.

HEMOGLOBINA Es una proteína en los glóbulos rojos que transporta oxígeno.

HIDROLIZAR Reacción química entre agua y otra sustancia.

HIPERLAXITUD Flexibilidad en las articulaciones, músculos, cartílagos y tendones de las personas.

G-ACTINA Se polimeriza en una forma fibrosa llamada actina-F

GLOBULINA Proteína vegetal y animal que se encuentra en el suero sanguíneo e interviene en la coagulación

LIPIDOS Moléculas orgánicas, la mayoría biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno.

MIOGLOBINA Pigmento proteínico respiratorio parecido a la hemoglobina que se encuentra en los músculos.

MIOSINA Proteína de estructura fibrosa que participa en la contracción muscular.

MONOMEROS Molécula simple que, mediante la unión con otras moléculas iguales, forma cadenas de varias o muchas unidades, llamadas polímeros.

MULTINUCLEADAS En el organismo humano celular multicelulares están presentes en el tejido muscular y tejido óseo.

NEUROTRANSMISOR sustancia química que transmite información de una neurona a otra atravesando el espacio que separa dos neuronas consecutivas.

NITROGENADOS Compuestos Celulares Que Contienen Nitrogeno

NUCLEÓSIDO Molécula monomérica orgánica que integra las macromoléculas de ácidos nucleicos que resultan de la unión.

PEPTIDO Moléculas formadas por la unión de varios aminoácidos mediante enlaces peptídicos

POLÍMEROS Son grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión de muchas pequeñas moléculas.

POLIPEPTIDO Es el nombre utilizado para designar un péptido de tamaño suficientemente grande.

SARCOLEMA Nombre que se le da a la membrana citoplasmática de las fibras (células) musculares.

SARCOPLASMA Nombre que se le da al citoplasma de las células musculares

SARCOPLASMÁTICO Desempeña un papel importante en el ciclo contracción-relajación muscular.

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACRÓNIMOS

NTIC Nuevas Tecnologías De Información Y Comunicación.

DD Dynamic Data Exchange (Intercambio dinámico de datos)

EMG Electromiografía

ABREVIATURAS

etc Etcétera

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS WEB GENERAL

1. APLICACIONES DE LAS SEÑALES ELECTROMIOGRAFICAS

<http://www.encuentros.uma.es/encuentros53/aplicaciones.html>

11-11-2010

2. CASTILLO, Gerardo, ZENTENO, Juan VARGAS Luis, PRÓTESIS DE MIEMBRO SUPERIOR MIOELÉCTRICA

http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4886/1/458_Protesis.pdf

09-11-2010

3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MÚSCULOS

<http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo>

06-11-210

4. DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS

<http://www.dalcame.com/emg.htm>

15-11-2010

5. GRAFICA DE LA SEÑAL ELECTROMIOGRAFICA

<http://usuarios.multimania.es/legajius1/Dir2/Fisiologia/Electromiografia%28ppt%29.pdf>

11-11-2010

6. MUSCULOS ESQUELÉTICOS

http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo_esquel%C3%A9tico

06-11-210

7. POTENCIAL DE ACCIÓN(capitulo 3)

<http://www.monografias.com/trabajos67/electronica-organica/electronica-organica2.shtml>

09-11-2010

8. POTENCIAL DE MEMBRANA EN REPOSO

http://es.wikipedia.org/wiki/Potencial_de_acci%C3%B3n

09-11-2010

9. POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS.

http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXVIII/documentos/1731-JA07_Ruiz.pdf

15-11-2010

10. SEÑALES EMG

http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4886/1/458_Protesis.pdf

11-11-2010

11. SISTEMA MUSCULAR

http://docencianacional.tripod.com/primeros_auxilios/anato3.htm

06-11-2010

12. TIPOS DE ELECTRODOS

<http://www.caesarelectrodos.com/catalogo-caesar-electrodos.pdf>

15-11-2010