

ESTUDIO Y DISEÑO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA PARA EL DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Marjorie Vanessa Arellano Cuji

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

Av. El Progreso S/N, Sangolquí, Ecuador

marjorie-987@hotmail.com

Resumen – En el presente proyecto se muestra el diseño en la parte mobiliaria, equipos informáticos y estructura tecnológica especializada para el desarrollo de las prácticas. Se indica las normas que se deben seguir para la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica en la Escuela Politécnica del Ejército, que permitan que el laboratorio se maneje de una manera segura, brindando a los estudiantes el mejor ambiente de trabajo, para que aprovechen al máximo y fortalezcan sus conocimientos teóricos mediante la realización de prácticas inicialmente con simulaciones y luego utilizando equipos especializados.



Fig. 1. Ubicación del laboratorio de Instrumentación Biomédica

I. INTRODUCCIÓN

La Biomédica es una disciplina que se basa en la aplicación de los avances de la ciencia, la tecnología, la biología, la medicina y la ingeniería; contribuyendo tanto al desarrollo científico, económico y social como al bienestar de las personas y la comunidad en general.

Ayuda a facilitar y mejorar la atención en la salud ya que aplica los principios y métodos de la ingeniería con el objetivo de atender importantes retos en el sector de la salud, en el cual aún subsisten grandes necesidades e insuficiencias tecnológicas que se deben resolver tanto en nuestro país como en el mundo.

Se encarga del desarrollo, implementación y gestión de los recursos médicos que apoyan a la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la población. Además, se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de productos y tecnologías sanitarias tales como: los equipos médicos, prótesis, dispositivos de diagnóstico, monitorización, electrocirugía, rehabilitación y de terapia. Así como de la administración de los recursos técnicos relacionados a los sistemas hospitalarios.

II. DISEÑO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACION BIOMEDICA

El laboratorio de Instrumentación Biomédica, se encuentra ubicado en los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica en la parte baja diagonal al laboratorio de Instrumentación y Sensores como se muestra en la figura 1.

A. Diseño de la parte mobiliaria

El espacio físico disponible es de 20m², se procede a realizar el diseño de la parte mobiliaria tomando en cuenta que lo que se requiere para el laboratorio es lo siguiente:

- Mesas de trabajos para los estudiantes
- Sillas
- Escritorio
- Sillón de oficina
- Armario
- Pizarra

Con respecto a las mesas de trabajo para los estudiantes, se realizó un diseño de acuerdo al espacio físico del laboratorio y a la funcionalidad; se colocó en la parte superior sobre la mesa una estantería con divisiones en donde se ubicarán los equipos (generador de señal, osciloscopio, fuente de alimentación), dejando la parte inferior libre para la realización de las prácticas, de esta manera se brinda a los estudiantes mayor espacio y comodidad al momento de efectuar la práctica. Se colocarán seis mesas de trabajo en el laboratorio.

Acorde a la mesa de trabajo, se eligió el modelo de las sillas, la cual permite comodidad a los estudiantes al momento de realizar las prácticas. Como en cada mesa de trabajo se ubicarán dos estudiantes se colocará dos sillas por mesa, por lo cual se necesita doce sillas.

El sillón del profesor elegido es neumático permitiendo adaptarse a la altura de la persona que use y dando comodidad.

El modelo de escritorio seleccionado, brinda comodidad al profesor durante las horas de clases y espacio para guardar sus pertenencias ya que dispone de tres cajones.

Es importante ubicar un armario en el laboratorio, ya que aquí se colocarán algunos equipos como tarjetas de adquisición, tarjetas DSPIC, multímetros, etc.

Es indispensable tener un pizarrón en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, el modelo que se determino es de tiza líquida y sirve para proyectar.

De esta forma se ha realizado el diseño de la parte mobiliaria de la manera más funcional posible en laboratorio, para que los estudiantes tengan toda la facilidad de realizar las prácticas sin ningún inconveniente como se indica en la figura 2.

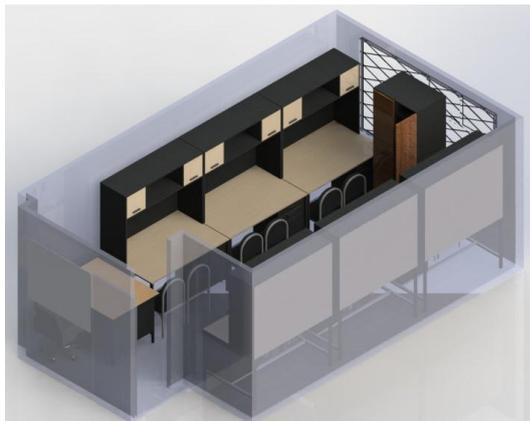


Fig. 2. Distribución de la parte mobiliaria

B. Iluminación

El nivel de iluminación del laboratorio debe adaptarse a las exigencias visuales de los trabajos que se realicen en él. Siempre que sea posible se recomienda disponer de iluminación natural complementada con iluminación artificial para garantizar las condiciones de visibilidad adecuadas durante la jornada laboral.

De acuerdo con el RD 486/1997 y normas UNE 72163:84y 72112:85, se considera que el nivel de iluminación general adecuado para el laboratorio es de 500 lux. Cuando los niveles de exigencia visual de la tarea sean muy altos el nivel de iluminación mínimo es de 1000 lux.

En el laboratorio se han colocado tres lámparas con dos tubos fluorescentes cada una como se visualiza en la figura 3. Por esta razón, se tiene un nivel de iluminación de 516 lux, ya que cada tubo fluorescente emite 86 lux. De esta forma se determina el nivel de iluminación está de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente.



Fig. 3. Iluminación

C. Cableado estructurado

Debido a que se necesita conectividad entre las computadoras que formaran parte del laboratorio de Instrumentación Biomédica, es necesario realizar el cableado estructurado. El cableado estructurado es físicamente una red de cable única y completa, está formada por un sistema colectivo de cables, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones en un edificio, oficina, hogar o campus.

El estándar utilizado para el cableado estructurado es TIA/EIA 568 y de acuerdo a los requerimientos de transmisión y desempeño del canal de comunicaciones establecidas es el estándar TIA/EIA 568 B.2 para categoría 5E.

El tipo de topología que se va a utilizar, será tipo estrella en donde las estaciones se conectaran directamente a un punto central, esta configuración permite una buena flexibilidad a la hora de aumentar estaciones; además, la caída de una estación no repercute en el comportamiento general de la red.

Como se dispone en el laboratorio de seis mesas de trabajo cada una con su correspondiente computadora, se ha visto conveniente ubicar en cada mesa un punto de red y adicional situar un punto de red en el escritorio del profesor. De esta manera se ubicará en el centro de cada mesa de trabajo y en el escritorio del profesor un punto de red como se indica en la figura 4.

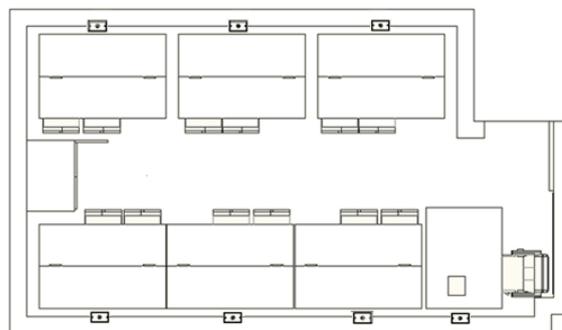


Fig. 4. Ubicación puntos de red

Una vez ubicado los puntos de red en el laboratorio, se debe colocar el rack en donde se pondrá el switch y el patch panel. La ubicación establecida para el mismo se muestra en la figura 5.



Fig. 5. Ubicación del rack, switch y patch panel

A continuación se debe establecer el trayecto de las canaletas desde el patch panel hacia cada punto de red, el cual se muestra desde la figura 6.



Fig. 6. Canaletas en el laboratorio

Cuando se ha terminado la instalación se comprueba cada una de las líneas con un equipo de certificación, y todos los puntos de red fueron certificados como se indica en la figura 7.

LINKWARE
CABLE TEST MANAGEMENT SOFTWARE

Cable ID	Summary	Test Limit	Length	Headroom	Date / Time:
8	PASS	TIA Cat 5e Channel	35 ft	5.6 dB (NEXT)	06/12/2012 02:59
7	PASS	TIA Cat 5e Channel	31 ft	5.6 dB (NEXT)	06/12/2012 03:01
6	PASS	TIA Cat 5e Channel	40 ft	7.3 dB (NEXT)	06/12/2012 03:03
5	PASS	TIA Cat 5e Channel	46 ft	8.0 dB (NEXT)	06/12/2012 03:05
3	PASS	TIA Cat 5e Channel	24 ft	5.9 dB (NEXT)	06/12/2012 03:11
2	PASS	TIA Cat 5e Channel	29 ft	6.4 dB (NEXT)	06/12/2012 03:14
4	PASS	TIA Cat 5e Channel	34 ft	6.5 dB (NEXT)	06/12/2012 03:15

Fig. 7. Certificación puntos de red en el laboratorio

D. Acometida eléctrica

Para realizar el análisis de la acometida eléctrica que se necesita para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, es necesario determinar el valor de voltaje y corriente que requieren los equipos para su correcto funcionamiento.

- Generador de señal 110 [VAC] 2.00[A]
- Osciloscopio digital 110 [VAC] 2.00[A]
- Fuente de alimentación 110 [VAC] 2.50[A]
- Ecógrafo 110 [VAC] 1.50[A]
- Computadora (CPU) 110 [VAC] 2.00[A]
- Computadora (Monitor) 110 [VAC] 2.00[A]
- Impresora multifunción 110 [VAC] 1.07[A]
- Switch 110 [VAC] 0.50[A]

Una vez determinado el voltaje y la corriente que se necesita para cada uno de los equipos que formarán parte del laboratorio de Instrumentación Biomédica, se determina que las líneas de suministro eléctrico hacia el laboratorio deben ser dimensionadas por encima de la corriente normal de consumo de los equipos.

Según la norma NTC 2050 señala que cada tomacorriente debe estar a una distancia de 1.80 metros. Tomando en cuenta esta norma y el tamaño del laboratorio, se colocó siete tomacorrientes en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, de tal manera se dispondrá de un tomacorriente por mesa y un tomacorriente para uso del profesor de la materia, como se ilustra en la figura 8.

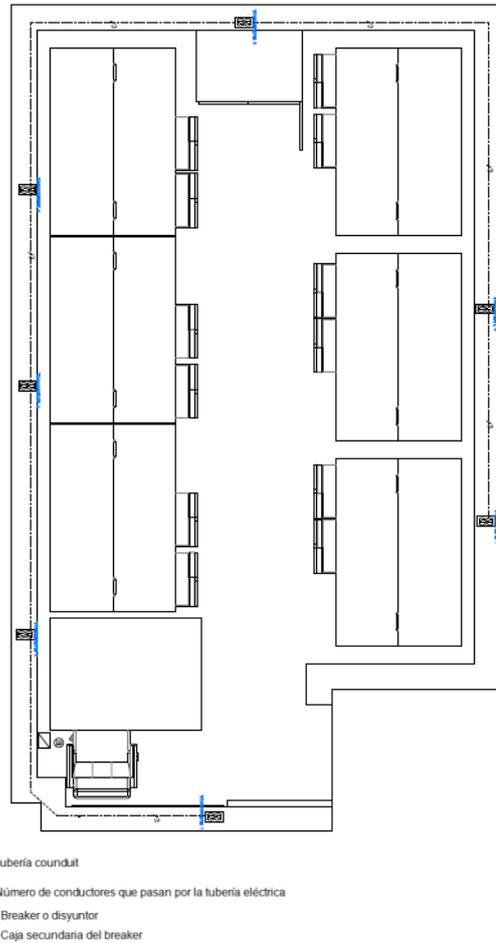


Fig. 8. Plano eléctrico

E. Diseño del equipamiento tecnológico – Requerimientos informáticos

En vista que en el laboratorio se van a realizar prácticas, es necesario disponer de computadoras de escritorio, una computadora portátil para el profesor de la materia e impresora multifunción.

Es muy importante tener computadoras de escritorio aptas para el laboratorio, ya que para las prácticas de la materia de Instrumentación Biomédica se va a utilizar un software llamado Fluid Sim el cual permitirá realizar simulaciones, una base de datos disponible en Physionet en donde se puede encontrar registros de exámenes tomados en pacientes sanos y con diversas patologías, registros con los cuales con la ayuda de Matlab se realizan diversos procesamientos básicos con las señales digitales.

Siendo el profesor quien va a dictar la materia de Instrumentación Biomédica y dirigir las prácticas en el laboratorio, es necesario que disponga de una computadora que le permita preparar sus clases en la oficina e impartir la materia en el aula y en el laboratorio.

Para la materia de Instrumentación Biomédica, se va a trabajar con varias imágenes del cuerpo humano por lo cual se necesita tener una buena resolución, por este motivo se requiere una impresora multifunciones.

III. VALIDACION DEL DISEÑO

F. Diseño del equipamiento tecnológico – Requerimientos técnicos

La parte técnica (electrónica y biomédica) es muy elemental en el laboratorio ya que permitirá analizar el comportamiento de los sistemas fisiológicos del cuerpo humano y medir los principales parámetros de cada uno de ellos.

De acuerdo con el contenido de la materia de Instrumentación Biomédica se van a realizar prácticas en donde es necesario disponer de amplificadores de instrumentación con los cuales en un protoboard se van a diseñar circuitos que necesitan alimentación por lo cual se requiere fuentes de alimentación, y al requerir conocer ciertos parámetros como voltaje, corriente es necesario tener un multímetro.

Posteriormente, se necesitará generar señales para ciertos circuitos, por lo cual se requiere tener un generador de señales que permita inyectar señales a determinadas frecuencias a los circuitos y mediante un osciloscopio se podrá observar la señal resultante.

Una vez realizada las practicas en el protoboard, se requiere una tarjeta DSPIC, que permita programar al estudiante algoritmos de procesamientos básicos de señales.

A continuación, utilizando las computadoras y las tarjetas de adquisición se podrá obtener señales bioeléctricas del cuerpo humano, y mediante programas especializados se podrán observar, registrar, almacenar y analizar dichas señales.

Para finalizar, es importante que los alumnos conozcan el funcionamiento de equipos médicos por lo cual se utilizara sensores de presión arterial y sensores de temperatura corporal y posteriormente se adquirirá un ecógrafo, permitiendo a los alumnos analizar los datos y señales que se obtienen de cada uno de ellos.

Mediante la utilización de estos equipos, permitirá a los estudiantes estar al tanto de los conocimientos fisiológicos básicos del ser humano, la forma de evaluar sus principales parámetros y tener una idea básica de los principios de funcionamiento de cada uno de los equipos.

Se determino los equipos que se requieren para el laboratorio son los siguientes:

- 6 osciloscopios
- 6 generadores de señales
- 6 fuentes de alimentación
- 6 multímetros
- 6 sensores de presión arterial
- 6 sensores de temperatura corporal
- 6 tarjetas de desarrollo DSPIC
- 6 tarjetas de adquisición de datos

A. Funcional

El laboratorio es importante para el mejor aprendizaje, ya que permitirá a los estudiantes resolver problemas médicos utilizando la ingeniería electrónica. Es por este motivo que para realizar el diseño, se tomaron en cuenta todos los detalles para que sea lo más funcional posible, de acuerdo con las necesidades del mismo, predominando la seguridad, la funcionalidad y la eficacia.

Luego de realizar algunos diseños, se eligió el más funcional, de acuerdo al diseño que se eligió se logro colocar seis mesas de trabajo. En cada mesa de trabajo, trabajaran dos personas, permitiendo que el aprendizaje sea eficiente, por este motivo se colocaran dos sillas por cada mesa de trabajo, las cuales proporcionan un equilibrio y confort al estudiante.

De acuerdo al diseño de la mesa de trabajo, cada uno de los estudiantes tendrá un espacio libre para trabajar de 1m^2 (área 1), considerando que la computadora también está a disposición del grupo la misma ocupa un área de 50cm^2 (área 2). Por lo que incluyendo el espacio que ocupa la computadora y el espacio libre de la mesa se puede decir que el área total para el grupo es de 1.50m^2 , permitiendo colocar herramientas como protoboard, cables, multímetros como se mira en la figura 9.

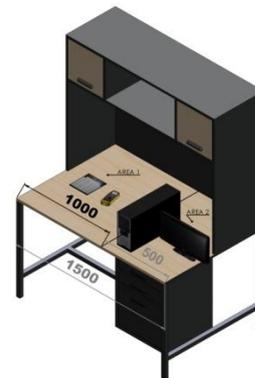


Fig. 9. Área de trabajo

Durante la realización de las prácticas cada grupo dispone de un área de trabajo para movilizarse sentado de 1.25m^2 como se muestra en la figura 10.



Figura. 10. Área de trabajo cuando se encuentra sentado

Se analiza el área que dispone cada grupo para movilizarse alrededor de la mesa de trabajo, la cual es de 1.13m^2 como se indica en la figura 11.



Figura. 11. Área para movilizarse alrededor de la mesa

De acuerdo al diseño se ha optado por colocar tan solo un armario para todo el laboratorio, pues cada puesto de trabajo dispone de tres cajones por lo cual los dispositivos o puntas de prueba se pueden colocar ya sea en el armario o en los cajones de cada uno de los puestos de trabajo, suficiente espacio para dar seguridad a los equipos.

La ubicación del pizarrón en la parte posterior del laboratorio, permite que desde cualquier puesto de trabajo se pueda observar correctamente las anotaciones realizadas en el pizarrón por el profesor como se visualiza en la figura 12.

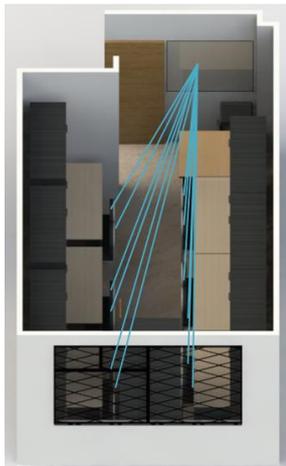


Figura. 12. Área de visualización

El área que dispone el profesor es de 92cm^2 permitiendo movilidad al momento de utilizar la pizarra, como se observa en la figura 13.

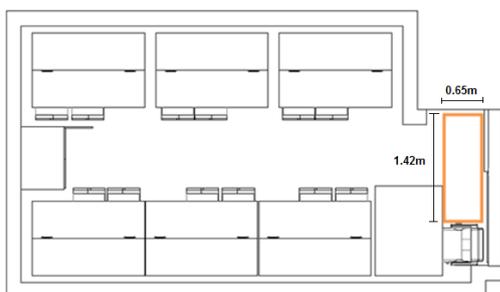


Figura. 13. Área de movilización del profesor

El objetivo principal de la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica, es permitir a los futuros profesionales tener un conocimiento más amplio de los sistemas fisiológicos básicos del ser humano, evaluar los principales parámetros, conocer los criterios necesarios para diseñar e implementar equipos de instrumentación biomédica y aprender el funcionamiento de los equipos de instrumentación biomédica disponibles en el mercado y las normas de operación en los hospitales.

B. Operativo

Es importante el trabajo en el laboratorio ya que es un componente fundamental de la enseñanza/aprendizaje, es por esto que es imprescindible poseer equipos especializados para la materia de Instrumentación Biomédica.

En cada mesa de trabajo se colocará una computadora, necesaria para las prácticas de laboratorio, las cuales son tan solo para uso educativo más no recreativo. Estas se utilizarán para la adquisición de datos de los amplificadores de instrumentación desarrollados por los estudiantes y para realizar simulaciones.

El osciloscopio seleccionado de acuerdo al estudio realizado tiene cuatro entradas por lo cual permite realizar hasta cuatro mediciones simultáneamente esto es importante ya que cuando se desarrolla hardware para instrumentación biomédica es necesario ver el comportamiento de la señal en diferentes partes del circuito implementado como se muestra en la figura 14.



Figura. 14. Osciloscopio

La fuente de alimentación elegida tiene una salida máxima de 60V , que se considera apropiada para la implementación de circuitos ya que se puede energizar circuitos TTL de 5V u otros con voltaje máximo de 60V y con una corriente máxima de 3.3A que es adecuada para el laboratorio ya que generalmente estos circuitos trabajan con corrientes en el orden de varios miliamperios.

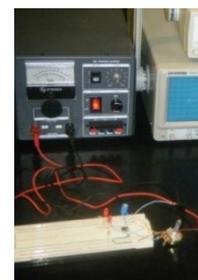


Figura. 15. Fuente de alimentación

El generador de señales seleccionado permitirá generar señales de varias formas de onda a frecuencias de 1uHz a 20Mhz con una resolución de 1uHz, cuyo rango es adecuado para las aplicaciones de ECG, EEG y de ultrasonido que van desde 10mHz a 10MHz ya que el generador permitir inyectar señales con diferentes tipos de onda a los circuitos desarrollados por los estudiantes y observar el comportamiento en el osciloscopio como se indica en la figura 16.



Figura. 16. Generador de señal

El multímetro seleccionado permitirá realizar medidas eléctricas activas como corrientes alternas y continuas con un rango máximo de 10A y tensiones continuas y alternas con un rango máximo de 600V o pasivas como resistencias, capacidades. Además, la resolución del multímetro con respecto a la tensión CA y CC es de 1mV; con relación a la corriente CA es de 0,01A y corriente CC de 1A de esta manera garantiza una medición exacta de los parámetros biomédicas que están en el orden de los uV y uA.



Figura. 17. Multímetro

El sensor de temperatura seleccionado tiene un rango de medición de 32.0°C a 42.5°C por lo que facilitara a los estudiantes las mediciones de la temperatura, dispone de un sensor infrarrojo por lo cual no existe contacto con el cuerpo al realizar las tomas y la temperatura se mostrara en una pantalla ya sea en C o F como se señala en la figura 18.



Figura. 18. Sensor de temperatura

Con respecto al sensor de presión arterial, se eligió uno de muñeca que permita medir presión y pulso, con inflado y desinflado automático ya que proporcionara comodidad y seguridad a los estudiantes al realizar las prácticas debido a su fácil funcionamiento como se visualiza en la figura 19.

El rango de presión que dispone es de 0 a 299 mmHg y de pulso de 40 – 180 latidos/min por lo que cumple el rango de presión y pulso de un paciente sano y enfermo.



Figura. 19. Sensor de presión arterial

La tarjeta DSPIC ayudara a los estudiantes a programar procesamientos básicos de las señales y visualizarlos sobre dispositivos gráficos que vienen incorporados para luego ser analizados, evitando el uso de protoboard para el diseño de los circuitos.



Figura. 20. Tarjeta DSPIC

La tarjeta de adquisición que se selecciono tiene una conexión mediante USB para poder utilizar en distintas computadoras permitiendo obtener las señales tanto análogas como digitales y así analizarlas en la computadora con programas especializados como Matlab, como se indica en la figura 21.



Figura. 21. Tarjeta de adquisición

C. Logística

Al referirnos a la logística en el laboratorio, se hablara sobre el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización del mismo.

En este proyecto se ha detallado las normas que se deben seguir para la implementación del laboratorio, el cual permitirá que los estudiantes y profesores dispongan de un laboratorio totalmente nuevo, con tecnología de punta. Si se siguen las normas indicadas para la implementación, no existirán problemas a futuro.

IV. CONCLUSIONES

- Para el diseño de la plataforma tecnología básica que debe disponer el laboratorio, se ha considerado las practicas a desarrollarse dentro de la materia de Instrumentación Biomédica y los equipos de medidas que se requieren para las mismas. Por lo que se ha considerado equipos que dispongan de parámetros técnicos acorde a la señales a trabajar para no sobredimensionar el equipamiento básico del laboratorio.
- En la materia de Instrumentación Biomédica se requiere simular sistemas fisiológicos del cuerpo humano y procesar señales bioeléctricas considerando esto, se coloco en cada mesa de trabajo una computadora con un procesador Core i5 de 2.4Ghz, memoria RAM de 4GB y disco duro de 500GB.
- En las prácticas de la materia de Instrumentación Biomédica, los estudiantes desarrollaran sus propios circuitos de instrumentación, por lo cual se ha considerado adecuado dotarle al laboratorio de tarjetas de adquisición que permitan evaluar el desempeño de los circuitos implementados. Las cuales deben tener E/S análogas y digitales con un rango de $\pm 10V$, que garanticen una adquisición adecuada de las señales generadas en el circuito.
- Es importante que los estudiantes tengan un conocimiento más profundo de los equipos médicos que se utilizan en la medición de los parámetros fisiológicos del cuerpo humano, por esta razón que el laboratorio contara con sensores de presión arterial, sensores de temperatura corporal y em el futuro un ecógrafo. De esta manera, los estudiantes conocerán el funcionamiento de los mismos y podrán analizar los datos o señales que se adquieren.
- Tomando en cuenta que se trabajara con registros de la base de datos de Physionet que se encuentran disponibles en la página web, se ha considerado adecuado dotar de internet a cada mesa de trabajo, por lo que se instalo el cableado estructurado de acuerdo a la norma TIA/EIA 568B y utilizando el equipo que se dispone en el departamento de Eléctrica y Electrónica se certifico los puntos para garantizar un optimo desempeño de la red.
- Se realizo la evaluación del diseño físico y tecnológico de acuerdo a la normas que se indican en el presente proyecto, verificando que el diseño es propicio para la realización de las practicas de la materia de Instrumentación Biomédica y proyectos de investigación relacionados con el área de la biomédica y el procesamiento digital de señales, garantizando un laboratorio seguro, manejado por el personal idóneo y con equipos de muy buena tecnología.
- En el presente proyecto se ha implementado en la parte mobiliaria, en la adquisición de equipos informáticos y en el tendido del cableado estructurado verificándose que el diseño realizado es optimo ya que las pruebas realizadas de conectividad a la red, operatividad de las mesas de trabajo y desempeño de las computadoras, garantizan que los estudiantes puedan realizar las practicas de la mejor manera.
- Una vez terminado el proyecto se concluye que el diseño del laboratorio realizado es el más conveniente ya que se adapta al espacio físico establecido para el

mismo y a la norma ISO/IEC 17025 que garantiza un ambiente adecuado y un equipamiento optimo para el mejor aprendizaje de los estudiantes.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ingeniería Biomédica, <http://www.ecci.edu.co/>, 15 diciembre 2011
- [2] Biomédica, <http://www.slideshare.net/zulith93/biomedica-3115735>, 12 de enero 2012
- [3] Biomédica, <http://www.slideshare.net/zulith93/biomedica-3115735>, 12 de enero 2012
- [4] Cableado estructurado, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10009/1/>, 2 de mayo 2012
- [5] Cableado Categoría 5, <http://alumnos.elo.utfsm.cl/~jespoz/cat5man.pdf>, 23 de mayo 2012

VI. SOBRE EL AUTOR



en Telecomunicaciones.

Marjorie Vanessa Arellano Cuji, nace en la ciudad de Quito en el año de 1987, obtiene el título de Bachiller Bilingüe en Ciencias en el colegio Cardinal Spellman Girls' School de la ciudad de Quito. Egresada de la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2011 de Ingeniería Electrónica especialidad