# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

# ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

#### PROYECTO INTEGRADOR

CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL ESFOT-EPN.

# PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECÁNICA

#### MICHAEL EMILIO TRONCOZO GAIBOR

michael.troncozo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRES PROAÑO CHAMORRO pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, enero 2019

## **DECLARACIÓN**

Yo, Michael Emilio Troncozo Gaibor, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Firma:	
Michael Emilio Troncozo Gaibor	

# **CERTIFICACIÓN**

Firma:	Firma:	
Ing. Pablo Proaño Chamorro Director del Proyecto	Ing. Carlos Romo Herrera Codirector del Proyecto	

#### **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por el apoyo y esfuerzo que me dan constantemente en mi formación académica y personal, por todos los consejos y enseñanzas que ayudaron a formar mi vida personal.

A todos los ingenieros y profesores que fueron parte fundamental de mi formación académica y tuvieron la paciencia y voluntad de transmitir todos sus conocimientos, virtudes y experiencias; especialmente a aquellos que tomaron parte de sus horas de clase para dar una reflexión o consejo en tiempos difíciles.

A todos mis amigos y compañeros con los cuales compartí felicidades y tristezas a lo largo de mi vida universitaria en la ESFOT.

Finalmente quiero agradecer al Ingeniero Pablo Proaño por todas sus enseñanzas que aprendí a lo largo del desarrollo e implementación del proyecto.

#### **DEDICATORIA**

El presente trabajo realizado con mucho esfuerzo dedico a mis padres; que son las personas que siempre me apoyan, a todos los ingenieros que fueron parte de mi formación académica y supieron transmitir su conocimiento de la mejor manera, a mis amigos y compañeros de carrera, y a todos los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos que se esfuerzan por aprender experimentalmente con el apoyo del presente trabajo.

# **ÍNDICE DE CONTENIDO**

1.	INT	RODUCCIÓN	1
1	.1	Planteamiento del problema	1
1	.2	Justificación	2
1	.3	Objetivos	3
1	.4	Conceptos generales	3
2.	ME	TODOLOGÍA	8
2	2.1	Descripción de la metodología usada	8
3.	RES	SULTADOS Y DISCUSIONES	10
3	3.1	Requerimientos necesarios para la construcción de las mesas	11
3	3.2	Estructura de las mesas de trabajo	12
3	3.3	Parte electrónica	13
3	3.4	Parte eléctrica	18
3	3.5	Pruebas de funcionamiento.	20
4.	COI	NCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
BIE	BLIOG	GRAFÍA2	29
AN	EXOS	5	30

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 - Código de colores de una fuente de poder Estándar	4
Figura 1.2 - Aspecto físico del integrado LM317T con su identificación de pines	4
Figura 1.3 - Descripción de pines del integrado LM741	5
Figura 1.4 - Estructura física y descripción de pines del regulador MC7905	7
Figura 3.1 - Ejemplo de la mesa construida	10
Figura 3.2 - Plano de la perspectiva del futuro laboratorio de Análisis Instrumental	11
Figura 3.3 - Plantilla de la mesa	12
Figura 3.4 - Estructura física de la mesa	13
Figura 3.5 - Conceptualización del circuito en ARES	14
Figura 3.6 - Placa de la mesa	15
Figura 3.7 - Placa electrónica.	15
Figura 3.8 - Vista superior de los elementos de la placa	16
Figura 3.9 - Cable UTP desde la placa hacia la mesa	16
Figura 3.10 - Conexiones eléctricas de la mesa	19
Figura 3.11 - Resultados en prueba de continuidad	20

# **ÍNDICE DE TABLAS**

abla 1.1 - Circuitos básicos con Amplificadores Operacionales	6
abla 3.1 - Corrientes de fusibles dimensionadas para fuentes DC	.17
abla 3.2 - Tabla de estudio de cargas	.18
abla 3.3 - Resultados de prueba de funcionamiento de voltajes y corrientes de salida	.21
abla 3.4 - Resultados de error en fuentes de voltaje	.21
abla 3.5 - Verificación del correcto funcionamiento de los breakers	.23
abla 3.6 - Comprobación de breakers en cortocircuitos y sobrecorrientes	.23
abla 3.7 - Verificación del correcto funcionamiento de los botones de paro	.24
abla 3.8 - Resultados de mediciones en comparación con multímetros	.25
abla 3.9 - Tabla necesaria para practica de transmisores especiales	43
abla 3.10 - Tabla necesaria para practica de transmisores de presión	.44

# **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo A - Certificado de funcionamiento del proyecto	31
Anexo B - Guía de funcionamiento y mantenimiento de las mesas	32
Anexo C - Estructura de la mesa de instrumentación	37
Anexo D - Diseño de la portada de la mesa	38
Anexo E - Circuitos del diseño de la placa electrónica parte 1	39
Anexo F - Circuitos del diseño de la placa electrónica parte 2	40
Anexo G - Circuitos del diseño de la placa electrónica parte 3	41
Anexo H - Hojas guias	41

RESUMEN

El presente trabajo de titulación: "CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL ESFOT-EPN", contiene en su primer

apartado una introducción general de las características y bases del proyecto, en el cual

se puede encontrar los siguientes subíndices: el planteamiento del problema; dado a partir

de la necesidad de un laboratorio para la materia de Instrumentación en la ESFOT (

Escuela de Formación de Tecnólogos), la justificación práctica; la cual explica por qué y

para qué se realizó el proyecto, el objetivo general, los objetivos específicos; los cuales

ayudan a la realización y planeación de actividades a realizarse y en la parte final de la

introducción; los conceptos generales los cuales tratan acerca de los diferentes circuitos

integrados utilizados en la realización del proyecto.

En el segundo apartado, se habla acerca de la metodología usada para el desarrollo del

proyecto, en la cual se explica de manera resumida las actividades necesarias para el

cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos con sus respectivas técnicas e

instrumentos utilizados.

En el tercer capítulo se presentan los resultados y discusiones en los cuales se encuentra

el planteamiento y explicación de las actividades desarrolladas de manera más detallada;

mediante gráficas ilustrativas y tablas para cumplir con los objetivos y expectativas del

proyecto.

En la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y bibliografía como

resultados obtenidos en experimentación e investigación de los datos expuestos por el

titular desarrollador del proyecto y finalmente se tiene los anexos generales del documento.

PALABRAS CLAVES: INSTRUMENTACIÓN, MESAS DE TRABAJO, ESFOT, ANÁLISIS

INSTRUMENTAL

iv

#### **ABSTRACT**

The present titration work: "CONSTRUCTION OF 4 WORK TABLES FOR THE ESFOT-EPN INSTRUMENTAL ANALYSIS LABORATORY", contains in its first section a general introduction of the characteristics and bases of the project, in which the following subscripts can be found: the approach of the problem; given the need for a laboratory for the subject of Instrumentation in the ESFOT (Technological Training School), the practical justification; which explains why and for what the project was carried out, the general objective, the specific objectives; which help the realization and planning of activities to be carried out and in the final part of the introduction; the general concepts which deal with the different integrated circuits used in the realization of the project.

In the second section, it talks about the methodology used for the development of the project, which explains in a summarized way the necessary activities for the fulfillment of each of the specific objectives with their respective techniques and instruments used.

In the third chapter the results and discussions are presented in which the approach and explanation of the activities developed in a more detailed way are presented; through illustrative graphs and tables to meet the objectives and expectations of the project.

In the final part, the conclusions, recommendations and bibliography are presented as results obtained in experimentation and investigation of the data exposed by the project's developer, and finally, the general annexes of the document are included.

**KEYWORDS**:INSTRUMENTATION, WORK TABLES, ESFOT, INSTRUMENTAL ANALYSIS

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es parte de un conjunto de proyectos realizados a partir de la necesidad de un laboratorio de Análisis Instrumental, el cual tiene como principales colaboradores a Andrés Arregui e Israel Bastidas; como autores del tablero de control para las mesas, y Lenin Maila como autor de otras 4 mesas de instrumentación para el laboratorio.

El proyecto trata sobre la construcción de 4 mesas de trabajo dirigido para estudiantes de la ESFOT que tengan la necesidad de armar y experimentar con circuitos eléctricos-electrónicos; las mesas cuentan con las siguientes características: fuentes de voltaje DC de ±12 (VDC), ±5 (VDC), 3.3 (VDC), dos fuentes regulables de 1.2 a 10.3 (VDC) y de 0 a 20 (mA), un voltímetro con rango de medición de 0 a 120 (VDC), puertos USB de 5 (VDC), puertos de conexión ethernet y un toma corriente de 120 (VAC).

La mesas se encuentran ubicadas en la parte derecha del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT con una extensión de 8.9 (m), se tiene previsto que el espacio destinado para cada mesa abarque a un número de 3 estudiantes en una longitud de 1.5 (m) con comodidad, el presente proyecto se inició en Julio del 2017, teniendo como fecha de finalización el mes de Septiembre del mismo año, el voltaje disponible que se tiene es de 120 (VAC); desde un tablero de distribución para la energización.

## 1.1 Planteamiento del problema

La instrumentación es importante, ya que hoy en día los procesos industriales dependen de la medición y control de magnitudes físicas, los cuales son fundamentales para generar los mejores resultados posibles enfocados en la utilización de recursos, máquinas, rentabilidad, protección medioambiental y seguridad, entre otros, en una unidad productiva. [15]

Esta actividad de transformación de magnitudes físicas en unidades de medida está a cargo del personal técnico, el cual debe asegurar parámetros estándares en lo que se refiere a rango, exactitud, precisión, alcance, entre otras. [11]

La instrumentación es una rama de las ciencias de medición y control, fundamental para el desarrollo de ingenieros y técnicos ya que les permite medir, convertir y registrar variables de un proceso (o "cuerpo industrial"), y luego trasmitirlas, evaluarlas y controlarlas con tales fines, dentro de la medición se encuentra la transformación de la variable física de interés en una forma apropiada para registrarla, visualizarla o detectarla, a esto se le llama medición. [2]

Es por esta razón que es muy importante en la instrumentación; la calidad de los dispositivos para realizar las mediciones y sus pruebas periódicas de exactitud y calibración en un proceso industrial a cargo del técnico.

La Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) con un registro 659 estudiantes en las carreras de Electromecánica (EM), Electrónica y Telecomunicaciones (ET) y Agua y Saneamiento Ambiental (ASA) de acuerdo al Sistema de Administración e Información Estudiantil (SAEW) en el semestre 2017B [10], carece de laboratorios y equipos de experimentación instrumental con los cuales los estudiantes puedan realizar la construcción, calibración, medición e implementación de dispositivos electrónicos; los cuales son parte fundamental en el desarrollo de un profesional Técnico que tiene como principal aplicación el campo de la industria, basándose en sólidas bases técnicas de campo y experimentación.[6] [9]

El proyecto plantea la "Construcción de 4 mesas de trabajo para el Laboratorio de Análisis Instrumental ESFOT-EPN" espera brindar las herramientas eléctricas y electrónicas mediante una mesa de uso múltiple en la cual pueden hacer uso de fuentes de voltaje y corriente tanto fijas como variables, tomas de voltaje, tomas de voltaje mediante USB y un voltímetro por cada mesa, para que los estudiantes de las carreras de Tecnología en EM, ET y ASA, puedan realizar prácticas de implementación, medición, calibración y experimentación de dispositivos electrónicos. Prácticas que permitirán desarrollar sus conocimientos prácticos y consolidar sus conocimientos teóricos. [12] [5]

#### 1.2 Justificación

El presente proyecto "Construcción de 4 mesas de trabajo para el Laboratorio de Análisis Instrumental ESFOT - EPN" es un aporte que beneficia a los estudiantes de las carreras de ET, EM y ASA; permitiéndoles realizar con facilidad la implementación de circuitos eléctricos y/o electrónicos, ganando tiempo y dinero sin tener que preocuparse por la falta de instrumentos técnicos; ya que no tendrán que implementar o comprar materiales extra para las prácticas de laboratorio. A su vez se complementará la implementación con su respectiva comprobación, calibración, y medición de las diferentes magnitudes eléctricas. [8] [3]

Los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional particularmente los estudiantes de la ESFOT; que cuentan principalmente con una sólida formación técnica podrán fortalecer sus conocimientos netamente técnicos y consolidar conocimientos teóricos mediante el continuo repaso e implementación de circuitos; al hacer uso de las mesas

del laboratorio de instrumentación ESFOT-EPN. Por otro lado, a futuro la mayoría de las generaciones venideras se instruirán de manera técnico-práctica consolidando mejor los conocimientos fundamentales para la formación de un tecnólogo politécnico. [8]

#### 1.3 Objetivos

#### a) Objetivos General

Construir 4 mesas de trabajo para el laboratorio de análisis instrumental ESFOT-EPN.

#### b) Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos necesarios para la construcción de las mesas para el laboratorio de análisis instrumental.
- Construir la estructura de las 4 mesas de trabajo para el laboratorio de análisis instrumental.
- Construir la parte electrónica para el funcionamiento de las 4 mesas de trabajo para el laboratorio de análisis instrumental.
- Construir la parte eléctrica para el funcionamiento de las 4 mesas de trabajo para el laboratorio de análisis instrumental.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las 4 mesas de análisis instrumental.

### 1.4 Conceptos generales

#### a) Códigos de colores de una fuente de poder

Toda fuente de poder cuenta con un conjunto de cables que salen de una placa electrónica, de los cuales se derivan los voltajes DC de salida. Los colores pueden variar de acuerdo con la marca y modelo de la fuente de poder.

Para la activación de cualquier voltaje primero se debe encender la fuente puenteando el cable de color verde (Power - Encendido) con cualquier cable de color negro (Ground – Tierra), considerando que hay varios cables de color negro, posteriormente si se desea activar cualquier voltaje se debe hacer uso del color que se desee; con un cable de color negro. [7]

A continuación, en la figura 1.1 se observa los colores que se pueden obtener de acuerdo con su voltaje. [7]

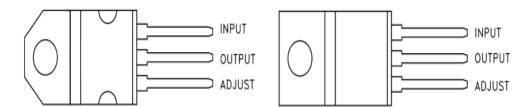


Figura 1.1 - Código de colores de una fuente de poder Estándar [7]

En la fuente de marca ALTEX, adquirida para la elaboración de las mesas de instrumentación se pudo obtener cables de colores amarillo (12 (V)), azul (-12 (V)), rojo (+5 (V)) naranja (+3.3 (V)). [7]

### b) Circuito integrado LM317T

El circuito integrado LM317T, es un regulador de voltaje DC variable que de acuerdo con sus especificaciones puede regular desde 1.2 (V) hasta 37 (V) con una corriente máxima de salida de 2.5 (A); de acuerdo con la configuración del circuito. A continuación, en la figura 1.2 se muestra la vista física y descripción del integrado. [13]



**Figura 1.2** - Aspecto físico del integrado LM317T con su identificación de pines. [13] El circuito integrado que se muestra en la figura 1.2 cuenta con los siguientes pines:

- INPUT que significa entrada, es considerado como el pin por donde se empieza la conexión e ingresa el voltaje a regular.
- OUTPUT que sería el pin de salida donde termina el circuito y se tiene una salida de voltaje.
- ADJUST que sería el pin de ajuste de voltaje de acuerdo con la configuración del circuito. [13]

#### c) Amplificador operacional LM741

Es un circuito integrado en forma de cápsula o pastilla con retroalimentación que tiene un sin número de aplicaciones en todos los tipos de instrumentación como: nuclear, médica, de equipos de audio y telecomunicaciones, etc. [1]

El amplificador operacional LM741, por lo general dispone de un voltaje de alimentación de +12 (V) y -12 (V) de acuerdo a la aplicación que se desee, ya que se puede alimentar desde ±3 (V) hasta ±22 (V). A continuación, en la figura 1.3 se puede observar la descripción de los pines del amplificador. [1]

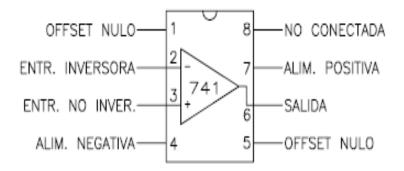


Figura 1.3 - Descripción de pines del integrado LM741 [1]

Como se puede observar el circuito integrado de la figura 1.3 cuenta con los siguientes pines:

- ENTRADA INVERSORA, el pin por el cual se invierte el signo del voltaje de salida.
- ENTRADA NO INVERSORA, el pin que no cambiará el signo del voltaje de salida.
- ALIMENTACIÓN NEGATIVA Y POSITIVA; los pines por los cuales se debe alimentar al circuito integrado en el rango de voltaje mencionado anteriormente, de acuerdo con la aplicación y amplificación que se desee realizar.
- SALIDA, el pin donde se obtendrá la operación resultante o voltaje de salida. [1]

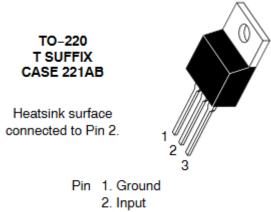
A continuación, en la tabla 1.1 se puede observar las principales configuraciones que se usaron en la construcción de la parte electrónica para las mesas.

Tabla 1.1 - Circuitos básicos con Amplificadores Operacionales. [1]

Circuito	Función de transferencia	Configuración
Inversor	$Av = -\frac{R1}{R2}$	Ve $\circ$ R <sub>3</sub> $\circ$ R <sub>2</sub> $\circ$ $\circ$ $\circ$ $\circ$ $\circ$ $\circ$ $\circ$ $\circ$
Seguidor de tensión.	$Av = 1 + \frac{R2}{R1}$	Ve o 3 + 741
Convertidor de tensión a corriente.	$I = \frac{V1}{R}$	$V_1$ $R$ $Z_L$ $Z_L$

## d) Circuito integrado MC7905

El circuito integrado 7905 se trata de un regulador de voltaje DC de -5 (V) con una corriente de 1 (A) de salida, al ingresar un voltaje de negativo en un rango de -5 a -18 (V), este se encarga de regularlo a un valor de entre -4.8 (V) como mínimo y -5.2 (V) como máximo. A continuación, en la figura 1.4 se muestra la respectiva configuración de pines del regulador 7905. [14]



3. Output

Figura 1.4 - Estructura física y descripción de pines del regulador MC7905. [14]

De acuerdo con la descripción de pines en la figura 1.4 se tiene:

- GROUND, el cual es la tierra del dispositivo.
- INPUT, es la entrada de voltaje del cual se va a regular.
- OUTPUT, que es la salida del voltaje. [14]

#### e) Factor de simultaneidad

El factor de simultaneidad toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia en el caso de que todos los usuarios estén consumiendo la máxima potencia al mismo tiempo. Por definición general se entiende como el cociente entre la demanda máxima instalada y las demandas máximas individuales en Watts (W). [4]

A continuación, se presenta la fórmula para el cálculo en la Ecuación 1:

$$FS = \frac{Demanda maxima (W)}{Carga Instalada (W)}$$

Ec.1 [4]

## 2. METODOLOGÍA

## 2.1 Descripción de la metodología usada

La fase inicial del proyecto consistió en determinar los requerimientos necesarios para la construcción de las mesas, para lo cual primero se enlistó cuáles son los recursos que se necesita para cumplir con las necesidades de los estudiantes de acuerdo al planteamiento del problema; con la ayuda de información orientada por parte de los estudiantes y profesores encargados de la materia, después se dimensionó el espacio destinado para el laboratorio con ayuda de un flexómetro; dividiendo en espacios con las medidas de las bancas que van a ir en los puestos para cada estudiante, de acuerdo a las mesas que puedan alcanzar estimando la comodidad del estudiante, a su vez se visualizó por donde debe ir el cableado para cada mesa de trabajo; tomando en cuenta las tomas de voltaje, finalmente se dimensionó las medidas para el diseño de la mesa tomando en cuenta el dimensionamiento del espacio y los elementos que se prevé tenga la mesa; los cuales fueron obtenidos previamente.

Para la segunda fase se planteó construir la estructura de las 4 mesas de trabajo, en la cual se comenzó realizando el plano esquemático en el software de dibujo AutoCAD para el diseño de la portada, realizando varias simulaciones, posteriormente se tomó las medidas de los elementos destinados a poner en la mesa con la ayuda de un Calibrador de Vernier y se los transcribió a CAD en 2D realizando el diseño y rotulación de los mismos, una vez que se tiene el diseño de la portada; se empezó a realizar el boceto en 2D de la carcasa (parte exterior de la mesa o cuerpo) de igual manera en el Software de dibujo AutoCAD; de acuerdo a las medidas de la portada y las medidas tomadas en los requerimientos del laboratorio, finalmente se plasmó a medidas reales en madera para ser pintadas y ensambladas.

En la tercera fase que corresponde a la construcción de la parte electrónica, inicialmente se construyó una placa en PCB con la ayuda del Software Proteus; la cual abarque todos los elementos electrónicos para el funcionamiento de la mesa, luego se realizó los principales cálculos para dimensionar las protecciones en los circuitos electrónicos aplicando conocimientos de electrónica general, después se conectó y soldó todos los elementos electrónicos (Fusileras, switches, leds y potenciómetros) desde los cables que salen de la placa hacia los elementos empotrados en la mesa utilizando materiales de soldadura (cautín, estaño, pomada y cable UTP solido), y

finalmente se alimentó la placa con las salidas de voltaje DC de la fuente de poder ALTEK ordenando y señalizando todo el cableado de la placa.

Para la cuarta fase, que consiste en la construcción de la parte eléctrica, se realizó cálculos para proteger la parte eléctrica utilizando breakers en la cual se aplica conocimientos de instalaciones y protecciones eléctricas, después se realizó las derivaciones desde el tablero general hasta la mesas utilizando borneras de empalmes, luego se realizó todas las conexiones del cableado desde las borneras de empalmes hasta las mesas de trabajo; señalizando todo el cableado y finalmente se hizo las conexiones del circuito de potencia con el botón de paro de emergencia y las luces piloto de las mesas.

Para la última fase se realizaron las pruebas de funcionamiento en las mesas, revisando la parte eléctrica si los voltajes de salida tanto en DC como en AC son los que se espera en las tomas de voltaje, el funcionamiento de las luces piloto y el correcto funcionamiento del botón de control de paro de la mesa, después se revisó y comprobó el correcto soldado de los elementos desde la placa electrónica hasta la mesa; si los switches se encienden, si tienen continuidad y funcionan los leds, finalmente se revisó que todos los voltajes de salida en DC no tengan interferencias entre las tierras ya que son comunes.

#### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El proyecto final terminado se muestra en la figura 3.1, el cual cuenta con las siguientes funciones:

- 1. Toma de voltaje de 120 (VAC).
- 2. Toma de voltaje USB de 5 (VDC).
- 3. Toma de Puertos Ethernet.
- 4. Fuentes de voltaje de 3.3 (VDC), 5 (VDC), -5 (VDC), +12 (VDC) y -12 (VDC).
- 5. Fuente regulable de Corriente de 0 a 20 (mA).
- 6. Fuente de Voltaje regulable de 1.2 a 10.8 (VDC).
- 7. Voltímetro en un rango de 0 a 200 (VDC).
- 8. Breaker de 6 (A).
- 9. Luces piloto.
- 10. Botón de paro.

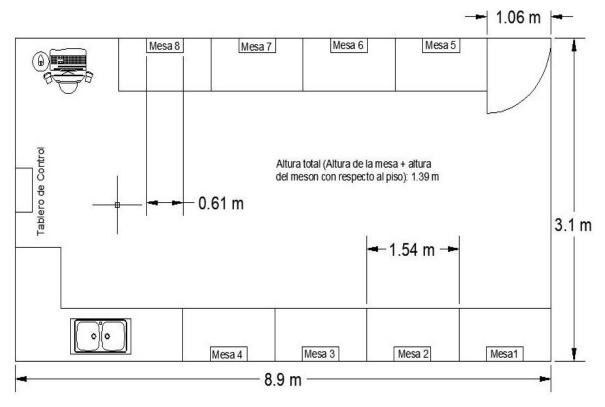


Figura 3.1 - Ejemplo de la mesa construida. (Fuente Propia)

# 3.1 Requerimientos necesarios para la construcción de las mesas.

Inicialmente se midió el espacio físico que se encuentra en la parte derecha del Laboratorio de Tecnología Industrial, donde se determinó que tiene 8.9 (m) de largo y 3.11 (m) de ancho, tomando en cuenta que 2 a 3 estudiantes deben estar cómodos en una mesa de trabajo; se establece la medida 1.54 (m) de espacio por puesto de trabajo. A su vez se considera que el alto de la mesa debe ser considerado para llegar a donde se encuentra la alimentación y se pueda pasar el cable a través de las canaletas. Una vez que se tiene las medidas y una perspectiva del espacio a utilizar se procede a elaborar un plano del laboratorio completo con las medidas y elementos que van a ocupar el espacio físico.

A continuación, en la figura 3.2 se puede observar el laboratorio con las medidas y elementos principales que se dispondrán para la conformación de este, con 1.54 (m) de espacio disponible por puesto de trabajo, se procedió a centrar la mesa y establecer plantillas para la misma.



**Figura 3.2** - Plano de la perspectiva del futuro laboratorio de Análisis Instrumental (Fuente Propia)

Posteriormente se analizó todos los elementos que van a ir en la mesa como fuentes DC, dispositivo de medición (voltímetro), a su vez se determinó que ciertos dispositivos electrónicos requieren de conexión USB de 5 (VDC) como módulos Arduino, Rasberry o protoboard, y una toma de 120 (VAC) para uso general de cualquier carga eléctrica.

A continuación, se puede observar en la figura 3.3 la plantilla compuesta por todos los elementos y estandarizada de acuerdo con el espacio de 1.54 (m).



Figura 3.3 - Plantilla de la mesa (Fuente Propia)

De acuerdo con la plantilla de la figura 3.3 se tiene el boceto del diseño con todos los elementos, con las medidas de 0.61 (m) de ancho, 0.51 (m) de alto y 0.20 (m) de profundidad.

# 3.2 Estructura de las mesas de trabajo.

Una vez obtenidas las plantillas se procedió a realizar el plano esquemático en AutoCAD, el cual se puede observar en el Anexo C, en el que se puede observar la vista isométrica lateral de la estructura de la mesa sin tomar en cuenta los agujeros para los elementos empotrados, ya que estos se encuentran en la portada.

En el anexo D, se muestra la plantilla de la portada diseñada en AutoCAD, de acuerdo con las medidas de todos los elementos mencionados en los requerimientos con la ayuda de un calibrador de Vernier.

Una vez que se obtuvo la portada de la mesa, se procedió a plasmar el diseño de la estructura en madera de acuerdo con las medidas y el diseño virtual realizado en AutoCAD.

Para la construcción de la mesa se escogió madera de tipo MDF de 0.9 (cm) de grosor, la cual formará parte de todo el cuadrado de la mesa, mientras que para las cubiertas laterales se utilizó madera MDF de 0.4 (cm) de grosor.

A continuación, en la figura 3.4, se muestra la estructura ensamblada en madera con pintura gris y con los agujeros para empotrar los elementos y herramientas respectivas.



Figura 3.4 - Estructura física de la mesa (Fuente Propia)

Finalmente se procede a colocar la portada mostrada en al Anexo D realizada en vinil, en cada una de las mesas.

#### 3.3 Parte electrónica.

Se empieza con la ayuda del simulador de circuitos eléctricos-electrónicos Proteus 8.1, donde se procedió a implementar y simular en la plataforma ISIS todos los circuitos, que están destinados a implementarse en la mesa en una sola placa electrónica.

Una vez realizadas las simulaciones de los circuitos se procedió a realizar modificaciones de los elementos para poder estimar el espacio y área de cada uno al realizar la placa, en las modificaciones se trata de cambiar ciertos elementos como borneras de entrada y salida de voltajes, alimentaciones y ciertos integrados que no

tienen plantilla en PCB; para poder instalarlos en una placa, la modificación de los circuitos se puede observar en los anexos E, F y G.

En el anexo E, se encuentra las borneras de salida para el funcionamiento de los USB, la alimentación general que serán borneras en donde se conectarán las fuentes de alimentación y finalmente el circuito de la fuente regulable de corriente.

En el anexo F, se encuentran los circuitos de manera individual de todas las fuentes con su respectiva protección de fusibles, su led de identificación y bornera de salida.

En el anexo G, se encuentran la fuente regulable de voltaje con sus respectivos elementos de protección, entrada y salida, y también la fuente de – 5 (VDC) realizada ya que la fuente de poder no poseía la misma.

Una vez que se tiene los circuitos listos en la plataforma ISIS, se procedió a realizar el diseño en la plataforma ARES del mismo software Proteus, visualizando que todos elementos queden ordenados y en un espacio holgado, obteniendo medidas de la placa y los elementos que se van a instalar físicamente.

El circuito en ARES se puede visualizar en la figura 3.5 con todos los elementos que se visualizaron en los anexos E, F y G.

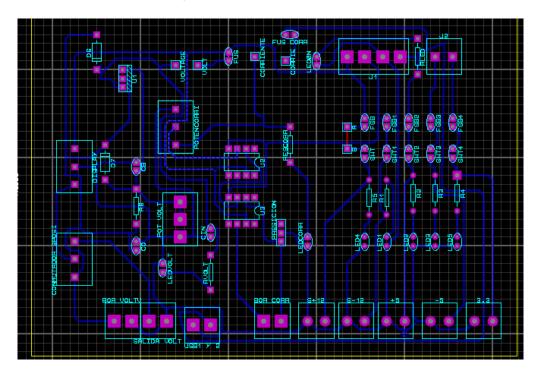


Figura 3.5 - Conceptualización del circuito en ARES (Fuente Propia)

Una vez implementado el circuito se procedió a hacer revisiones en las pistas, ya que no deben estar demasiado delgadas por que se pueden despegar al momento de la fabricación del PCB y a su vez no deben estar tan juntas para evitar que se topen al momento de soldar. Una vez que se terminó el circuito en ARES, se procedió a elaborar la placa en PCB de acuerdo con las dimensiones establecidas en la simulación. A continuación, en la figura 3.6, se puede visualizar el diseño final de la placa con todas las pistas.

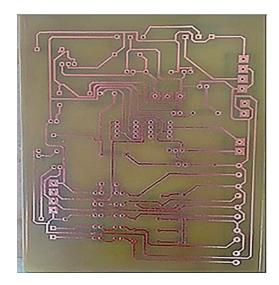


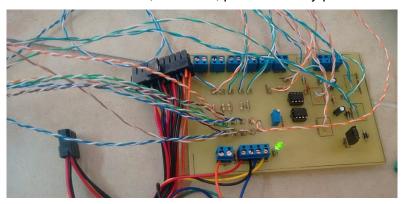
Figura 3.6 - Placa de la mesa (Fuente Propia)

Una vez realizada la placa, se procedió a soldar todos los elementos, como borneras, leds de identificación, resistencias y circuitos integrados, en la figura 3.7 se pueden visualizar las pistas del circuito, mientras que en la figura 3.8 se pueden visualizar todos los elementos desde la parte superior de la placa.



Figura 3.7 -Placa electrónica. (Fuente Propia)

En la figura 3.8 se puede visualizar que se encuentra soldado cable UTP sólido desde algunos puntos de la placa, ya que se debe redirigir hacia los elementos que van empotrados en las mesas como: leds, borneras, portafusibles y potenciómetros.



**Figura 3.8** - Vista superior de los elementos de la placa (Fuente Propia)

A su vez en la figura 3.8 se puede observar que las borneras que se encuentran junto al led son las que se conectarán a las fuentes de voltaje DC mientras que las otras borneras sobrantes corresponden a las salidas de los voltajes.

Una vez terminada la placa, se soldó todos los cables hacia los elementos empotrados en las mesas de trabajo separándolos y ordenándolos, y a su vez considerando polaridades de los elementos de activación. A continuación, en la figura 3.9 se observa los cables direccionados y soldados hacia cada elemento empotrado en la madera de la mesa.

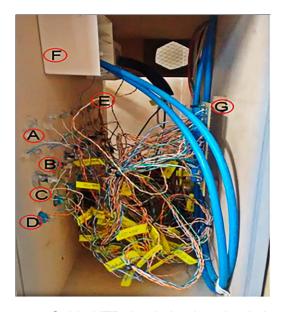


Figura 3.9 - Cable UTP desde la placa hacia la mesa. (Fuente Propia)

En la figura 3.9, se puede destacar los siguientes elementos: (A) salidas de voltajes DC, (B) portafusiles, (C) leds de identificación, (D) switch ON/OFF, (E) voltímetro, (F) cajetín de puertos ethernet y (G) placa empotrada. A su vez se puede observar las etiquetas de color amarillo, las cuales representan e identifican a cada uno de los elementos que se dirigen desde la placa hacia la cara de la mesa, la identificación tiene como objetivo ser una ayuda en caso de mantenimiento.

Para la instalación de las fuentes de voltaje de las mesas se dimensionó los fusibles que permiten proteger a las fuentes DC de los cortocircuitos, ya que van a ser usadas para las prácticas de los estudiantes.

A continuación, en la tabla 3.1, se aprecia las corrientes de las fuentes de voltaje y el porcentaje de corriente a utilizar.

Tabla 3.1 - Corrientes de fusibles dimensionadas para fuentes DC

Fuente	Corriente	% de corriente	Corriente de
	nominal (A)	a utilizar.	Fusible (A)
.40 (\( \( \( \D \O \) \)	0.5	40	0
+12 (VDC)	35	10	3
- 12 (VDC)	0.5	95	0.50
+5 (VDC)	30	12	3
-5 (VDC)	1	50	0.50
+3.3 (VDC)	27	12	3
Variable 1.2 a	2.5	90	2
10.8 (VDC)			
Variable de	0.2	90	0.5
corriente 0 a 20			
(mA)			

Para la selección de la corriente de los fusibles, se toma un porcentaje de la corriente nominal el cual se muestra en la tabla 3.1, ya que los módulos van a ser constantemente expuestos a cortocircuitos al realizar las prácticas de laboratorio, y a su vez también se considera los valores comerciales que se pueden encontrar para fusibles de protección en DC.

#### 3.4 Parte eléctrica.

Inicialmente para proteger la parte eléctrica de la mesa se calculó la corriente para dimensionar el breaker, para ello se estiman todas las posibles cargas que se podrían conectar, las cuales se pueden observar en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 - Tabla de Estudio de cargas

Estudio de cargas para protección de la mesa					
Carga	Corriente nominal (A)				
Laptop 60 (W)	0.5				
Fuente de Voltaje DC 500 (W)	4.2				
Cautín 60 (W)	0.50				
Pistola de silicón 60 (W)	0.50				
Cafetera estándar 360 (W)	3				
Luces piloto 60 (W)	0.5				
Placas programables (Arduino,	0.5				
Rasberry) 30 (W)					
Corriente Total	8.7				

De acuerdo con la tabla 3.2 se tiene que la corriente total máxima de consumo es de 8.7 (A):

En primer lugar, se procede a calcular el factor de simultaneidad con la ayuda de la ecuación 1, para remplazarlo en la fórmula de la corriente del breaker que se muestra a continuación:

Amperaje del breaker = 
$$1.15 \cdot FS \cdot \sum$$
 Corriente de carga Ec.2

Para la demanda máxima se considera que se tiene dos tomas de corriente, dos luces piloto y la fuente de poder, por lo cual se tiene:

$$FS = \frac{(60 \cdot 2) + 500 + (360 \cdot 2) \text{ (W)}}{3150 \text{ (W)}}$$
 Operando Ec.1 
$$FS = 0.57$$
 Resultado de operando Ec.1

Una vez que se calculó el factor de simultaneidad se reemplaza el valor en la ecuación 2 a continuación:

Amperaje del breaker =  $1.15 \times 0.57 \times 8.7$ 

Operando Ec.2

Amperaje del breaker = 5.70 A

Resultado Ec.2

Se estima el valor de 5.70 (A) como valor para selección de la corriente del breaker, por lo que se procedió a seleccionar de acuerdo con los valores disponibles en el mercado, escogiendo el valor más cercano de 6 (A).

Una vez que se ha dimensionado la protección se realizó las conexiones del toma corriente, circuito de potencia hacia el botón de paro y las conexiones hacia las luces piloto, en la figura 3.10 se puede observar las conexiones hechas inicialmente hacia una bornera de empalmes y de ahí hacia la circuitería de la mesa; pasando por el breaker dimensionado.

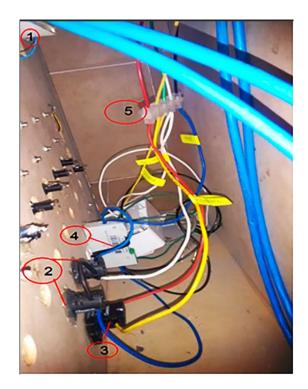


Figura 3.10 - Conexiones eléctricas de la mesa. (Fuente Propia)

En la figura 3.10, se puede apreciar las siguientes conexiones internas: (1) cajetín de toma de voltaje, (2) luces piloto, (3) botón de paro, (4) breaker y (5) borneras de toma de voltajes. A su vez la mayoría del cableado se encuentra señalizado con pestañas amarillas.

#### 3.5 Pruebas de funcionamiento.

#### a) Prueba de continuidad en pistas, elementos y cables de la placa soldados

Esta prueba consiste en revisar continuidad en los elementos soldados de la placa, con la ayuda de un multímetro se selecciona en el modo de continuidad, posteriormente se coloca las puntas entre la ubicación que se desea comprobar y si al momento de hacerlo suena la bocina del multímetro; quiere decir que si hay continuidad entre los elementos que se está comprobando.

La prueba se la realiza porque se desea comprobar el correcto flujo de corriente por los elementos y por las pistas soldadas en la placa sin que se pierda o se interrumpa, ya que al momento de soldar se pudieron generar cortes en el alambre soldado.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 3.11 a continuación:

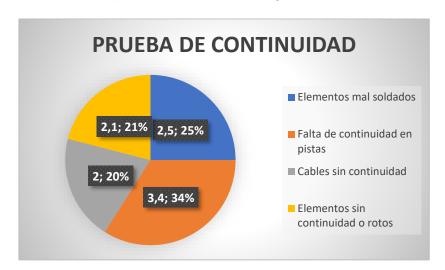


Figura 3.11 - Resultados en Prueba de Continuidad (Fuente Propia)

En el diagrama se puede apreciar como el índice más alto es la falta de continuidad en pistas, esto debido a que el momento de soldar los elementos, se produjeron distintos cortes entre pistas los cuales se solucionaron con cautín.

Para el caso de los elementos y cables sin continuidad se los debe reemplazar ya que puede haber algún tipo de interferencia en el cable. Finalmente, en el caso de los elementos mal soldados, se procede a calentar la suelda mal hecha, sacar y volver a soldar.

#### b) Prueba de Voltajes y corrientes de salida en DC y AC

Esta prueba consiste en medir voltajes y corrientes en los diferentes circuitos abiertos de la mesa con ayuda de un multímetro seleccionando en el modo de voltaje o corriente correspondientemente de lo que se desea comprobar.

Esta prueba se la realiza con el fin de comprobar los voltajes y corrientes de salida de la mesa, las cuales deben estar dentro de un rango aproximado de voltaje o corriente de acuerdo con la medida patrón de cada salida.

Los resultados se los muestra en la tabla 3.3 a continuación:

**Tabla 3.3** - Resultados de prueba de funcionamiento de voltajes y corrientes de salida.

#	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
Mesa	Regulable	Regulable	de 12	de	de 5	de	de 3.3	USB 5	de 120
	Voltaje	Corriente	(VDC)	-12	(VDC)	-5	(VDC)	(VDC)	(VAC)
	(VDC)	(mA)		(VDC)		(VDC)			
1	1.37 - 10.7	0 – 20.03	12	-11.16	5.17	-4.87	3.25	5.17	125.8
2	1.25 - 10.6	0 – 20.06	11.76	-11.11	5.13	-4.87	3.15	5.13	126
3	1.25 - 10.6	0 – 20.09	12.06	-11.32	5.04	-4.92	3.27	5.04	126.4
4	1.28 - 10.7	0 – 20.03	11.74	-11.87	5.01	-4.84	3.32	5.01	124.2

De acuerdo con los resultados obtenidos de las fuentes regulables y fijas se procede a calcular el error con la ecuación 3 a continuación:

$$Formula para el error = \frac{Resultado medido - Resultado esperado}{Resultado esperado} \times 100\%$$
 Ec.3

A continuación, se presenta la tabla 3.4 en la cual se puede observar el porcentaje de error obtenido mediante la fórmula para cada fuente, comparando las medidas ideales y prácticas.

Tabla 3.4 - Resultados de error en fuentes de voltaje

#	% de	% de	% de	% de	% de	% de	% de	% de
Mesa	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error
	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
	Regulable	Regulable	de	de	de	de	de	USB
	Voltaje	Corriente	12VDC	-12VDC	5VDC	-5VDC	3.3VDC	5VDC
	DC	DC						
1	3.15	1.5	0	7	3.4	2.6	1.51	3.4
2	2.84	3	2	7.41	2.6	2.6	4.54	2.6
3	2.84	4.5	0.5	5.66	0.8	1.6	0.90	0.8
4	1.38	1.5	2.16	1.08	0.2	3.2	0.60	0.2

Para las fuentes de voltaje fijas de los USB se considera los mismos resultados obtenidos en las fuentes de voltaje de 5 (VDC), ya que se encuentran conectados en paralelo. Mientras que para la fuente de 120 (VAC) no se estima cálculos, solo se toma los mismos voltajes de la red.

En el campo de la electrónica se estima una tolerancia para el diseño de elementos y aparatos electrónicos, los cuales permiten garantizar la fiabilidad, variando en la mayoría de los casos desde un 0.1% hasta un 20% de tolerancia. En este caso se tomará en cuenta tolerancias de 0 a 2% como muy buenas, mayor a 2 hasta un 5% como buenas y mayor a 5 hasta un 10% como aceptables, ya que en la calibración e implantación de los circuitos electrónicos en la instrumentación; debe ser lo más exacto posible a los puntos de referencia para mejorar la calidad del proceso.

De acuerdo con resultados obtenidos al operar la ecuación 3 y resumidos en la tabla 3.4, en la mayoría de los valores de cada voltaje en las mesas se obtuvo como porcentaje más alto de error en la fuente de voltaje de -12 (VDC) de la mesa 2, el cual se considera como aceptable ya que no supera el valor del 8%, mientras que el mejor resultado y más bajo es el de la fuente de 12 (VDC) con 0% en la mesa 1.

De acuerdo con los porcentajes medidos para la mesa 1, se tiene un promedio de error de 2.82% considerado como bueno ya que no supero el 5%, siendo más crítico el de la fuente de -12 (VDC).

De acuerdo con los porcentajes medidos para la mesa 2, se tiene un promedio de error de 3.44% considerado como bueno ya que no supera el 5%, siendo el valor más crítico el de la fuente de -12 (VDC).

De acuerdo con los porcentajes medidos para la mesa 3, se tiene un promedio de error de 2.2% considerado como bueno ya que no supera el 5%, siendo el valor más crítico el de la fuente de -12 (VDC).

De acuerdo con los porcentajes medidos para la mesa 4, se tiene un promedio de error de 1.29% considerado como muy bueno ya que no supera el 2%, siendo el valor más crítico el de la fuente de -5 (VDC).

#### c) Prueba en breakers.

Esta prueba consiste en revisar el correcto flujo de la corriente por medio del breaker, y la correcta apertura del mismo, en caso de sobrecorrientes o cortocircuitos, la misma consiste en revisar continuidad por medio del breaker con la ayuda de un multímetro, al

momento de dar apertura y cierre al dispositivo, por otro lado para revisar la correcta apertura del breaker en cortocircuitos o subidas de corriente se procede a someter al mismo a subidas de corriente y cortocircuitos y observar su comportamiento.

A continuación, se en la tabla 3.5 se presenta los resultados obtenidos de las pruebas de flujo de corriente:

Tabla 3.5 - Verificación del correcto funcionamiento de los breakers

Número de	Correcto	Correcto
mesa	funcionamiento	funcionamiento
	en apertura.	en cierre.
1	<b>√</b>	<b>√</b>
2	<b>√</b>	<b>√</b>
3	<b>√</b>	<b>√</b>
4	<b>√</b>	<b>√</b>

Como se observa en tabla 3.5 en los breakers del 1 al 4 funcionan de forma correcta al momento de ponerlos en cierre y apertura, permitiendo y cortando el paso de corriente correspondientemente.

Para la comprobación en el caso de cortocircuito en la mayoría de los casos los breakers se abrieron en rangos próximos a 6 (A), a continuación, se muestra en la tabla 3.6 el resultado de la prueba.

Tabla 3.6 - Comprobación de breakers en cortocircuitos y sobrecorrientes

Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
apertura del				
breaker en la				
mesa 1	mesa 2	mesa 3	mesa 4	mesa 5
<b>√</b>	<b>√</b>	<b>√</b>	<b>√</b>	<b>√</b>

De acuerdo con la tabla 3.6, los breakers presentan un correcto funcionamiento al momento de abrir el circuito al ser expuestos a cortocircuitos y sobrecorrientes.

#### d) Prueba en botones de paro.

Esta prueba consiste en verificar la correcta apertura del circuito de la mesa en caso de emergencia, por medio de los botones de paro, la misma consiste en enclavar y desenclavar el pulsador varias veces para comprobar que el pulsador abra al contactor

y al girar el botón conseguir que vuelva a su posición normal sin ningún tipo de inconveniente.

Esta prueba se realiza con el objetivo de comprobar el correcto funcionamiento de los botones de paro, ante un paro de emergencia realizado desde la mesa.

A continuación, en la tabla 3.7 se muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 3.7** – Verificación del correcto funcionamiento de los botones de paro.

Número de mesa	Correcto funcionamiento en enclave.	Correcto funcionamiento en desenclave.
1	<b>√</b>	<b>√</b>
2	<b>√</b>	<b>√</b>
3	<b>√</b>	<b>√</b>
4	<b>√</b>	<b>√</b>

De acuerdo con los resultados de la tabla 3.7, los botones de paro presentan un correcto desempeño al momento de la apertura, con una velocidad de repuesta de 1.5 segundos en abrir el circuito.

#### e) Pruebas en multímetros.

Esta prueba consiste en hacer una comparación de los voltímetros instalados en las mesas para saber qué tan exactos y verificar que tan precisos son sus medidas comparadas con un multímetro de laboratorio, en la prueba se realiza 5 mediciones aleatorias con ambos voltímetros y se observa su comportamiento.

Esta prueba se realiza con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del voltímetro, y que tan fiable es al momento de realizar varias mediciones.

A continuación, se presenta la tabla 3.8 en la cual se comparan los 2 voltímetros en un rango determinado de mediciones:

Tabla 3.8 - Resultados de las mediciones en comparación con multímetros

Valor en multímetro de mesa (VDC)	Valor en multímetro Fluke de laboratorio. (VDC)	% de diferencia
3.2	3.27	7
9.8	9.88	8
24.2	25	8
32.1	32.9	8
40.5	41.2	7

De acuerdo con los resultados de comparación se puede concluir que los multímetros de las mesas presentan una diferencia de medición de 7.5% promedio, ya que la escala de medición solo nos permite visualizar hasta la cifra decimal.

Las mesas de instrumentación se diseñaron con el fin de ser el principal instrumento para prácticas, por lo que a continuación, se presentan 2 hojas guía de las prácticas que se pueden desarrollar en las mesas, las mismas están presentes en los anexos H e I y fueron tomadas de las prácticas correspondientes a la materia de Instrumentación Industrial para tecnología en electromecánica.

El anexo H, trata acerca de dos hojas guías las cuales permiten realizar una práctica con amplificadores especiales, como: el amplificador de transconductancia (conversor de voltaje a corriente) y amplificador de instrumentación, y otra práctica con transmisores de presión, en el la cual la principal magnitud a medir es la corriente.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **Conclusiones**

- Las 4 mesas de instrumentación construidas en un lapso de 2 meses cumplen el objetivo de ser los principales instrumentos para realizar prácticas de instrumentación en las carreras de ET, EM y ASA, las mismas que prestan funcionalidades eléctricas, electrónicas y de medida a través de un módulo permitiendo la implementación y calibración de circuitos de instrumentación.
- En la construcción de las mesas se delimitó el área en la cual se va a implementar y de acuerdo con ello se estableció las dimensiones del módulo para la mesa, tomando en cuenta los elementos y herramientas que se van a instalar y empotrar en el módulo.
- Uno de los factores principales que se tomó en cuenta son las dimensiones milimétricas de todos los elementos que van a ser empotrados en la mesa como: luces piloto, breakers, borneras, leds, switches, etc. Ya que van a ser transcritos de manera virtual mediante simulación 2D y plasmados en la portada de la mesa.
- En la construcción de la parte electrónica se optó por diseñar una única placa; la cual contenga y derive a todos los elementos electrónicos que van a dar las funcionalidades a la mesa, lo cual es muy útil en caso de mantenimiento.
- De acuerdo con los errores calculados en los voltajes de salida de las mesas, se obtuvo que la mayoría se encuentran en un rango menor al 5% en su promedio general por mesa, lo cual está dentro de los rangos de tolerancia, siendo el valor 7.41% como más crítico, considerado en el rango aceptable; el cual se presenta en la fuente de -12 (VDC) de la mesa 2.
- De la prueba de continuidad realizada en la mesa se pudo obtener 2 elementos mal soldados en 3 placas, 4 pistas discontinuas, 6 alambres UTP con interferencia y 4 resistencias cortocircuitadas; con los cuales se pudo corregir los desperfectos en todas las mesas.
- De la prueba realizada a los botones de paro se pudo obtener que operan de manera correcta en caso de emergencia, ya que abren el circuito de manera inmediata al pulsarlos en un tiempo de 1.5 (s) y no tienen problemas al momento de desenclavarlos.

- De acuerdo con la prueba empleada en los voltímetros se pudo obtener que los mismos son bastante precisos en comparación con uno de gama alta, y tienen un desfase en la medida en un rango de 0.7 a 0.8 (VDC) para medidas en voltaje directo.
- De las pruebas realizadas a los breakers de las 4 mesas se pudo obtener que se encuentran operando de manera adecuada y segura en apertura y cierra, mientras que su actuación en caso de cortocircuitos y sobrecorrientes lo realizan con un valor de corriente cercano a los 6 (A).
- A lo largo del tiempo de uso que llevan las mesas de instrumentación se puede concluir que presentan un desgaste considerable en los voltajes de salida especialmente en las fuentes negativas, en comparación a cuando se las instaló, esto debido a que los estudiantes no colocan los fusibles especificados en cada una de las fuentes de las mesas.

#### Recomendaciones

- Verificar el estado de todas las mesas después de realizar las prácticas para las materias asignadas.
- Tomar en cuenta que el sistema al estar alimentado con una fuente DC de computador, tiene una única tierra la cual es común para la salida de todos los voltajes en DC.
- No abrir las cubiertas laterales de la mesa, si la mesa presenta algún tipo de imperfección o daño sin la supervisión de un ayudante de laboratorio o persona autorizada a cargo del proyecto.
- Se debe considerar que el voltímetro es solo para medición en DC y en el rango de 0 hasta 120 (VDC), ya que el enfoque de la instrumentación se basa principalmente en el acondicionamiento de circuitos en DC, para posteriormente enviar la señal al PLC.
- Tomar en cuenta la posición y comodidad al momento de soldar dentro de la mesa de trabajo.
- Tomar en cuenta la corriente que maneja cada fuente de voltaje y corriente, la cual se encuentra en la parte superior de la misma, ya que de acuerdo con esta se

encuentra dimensionado el fusible, para las fuentes de voltaje positivas serán 3 y 2 (A), para las fuentes negativas y la fuente de corriente es de 0.5 (A).

- Se debe realizar mensualmente el manteamiento preventivo de todos los elementos como switches, breakers, botones de paro y leds.
- Se debe revisar la señalización de la mesa en caso de tener fallas graves; como perdidas de voltaje o corriente en las salidas, ya que servirá de guía y ayudará a identificar cada uno de los componentes.
- Se debe revisar los diagramas de los circuitos simulados ubicados en los anexos, en caso de no solucionar la falla de manera inmediata mediante la señalización, en los mismos se puede evidenciar a detalle cada uno de los componentes y su funcionamiento.
- Se debe cambiar el led en caso de que no se prenda y tener una salida de voltaje baja en comparación con la referencia, o revisar el estado del mismo ya que puede estar cruzado los pines (ánodo y cátodo).
- Se debe reajustar las borneas de salida de voltaje o corriente en caso de que tengan un juego exceso al momento de manipular con la conexión de cables.

# **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] M. Bernia, Electrónica Analogica, Mexico, 2008.
- [2] A. Creus, Instrumentos Insdustriales, Mexico: marcombo, 2011.
- [3] A.Creus, Instrumentación Industrial, Mexico: S.A. Marcombo, 2010.
- [4] M. Ing. Henry Orozco Torres, «Apuntes de Protecciones Electricas,» Quito , 2006, p. 100.
- [5] J. L. y. D. Navarrete, «Diseño de modulo orientado al desarrollo de practicas deinstrumentacion Industrial». Guayaquil Ecuador Patente Tesis de grado, 2007.
- [6] L. B. y. I. F. Ludeña, «La Instrumentación y operación de procesos industriales en la Industria Ecuatoriana». Ecuador Patente Paper-Epn http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9508, 05 08 1987.
- [7] E. Samaniego, «Blog Electrónica Digital,» 11 10 2018. [En línea]. Available: http://archimon-tx8.blogspot.com/2015/03/fuente-atx-modificada-para-laboratio-de.html.
- [8] Esfot, «Portal Esfot,» [En línea]. Available: https://esfot.epn.edu.ec/index.php/oferta-académica. [Último acceso: 05 02 2018].
- [9] R. Garcia, «Portal Siemens,» [En línea]. Available: www.simens.com/spain/intrumentación. [Último acceso: 15 02 2018].
- [10] Epn, «Saew (Sistema de Administración Estudiantil),» [En línea]. Available: https://saew.epn.edu.ec/Presentacion.aspx. [Último acceso: 13 11 2017].
- [11] R. Zuñiga, «Slideshare PDF,» [En línea]. Available: www.slideshare.net/tema2-de-instrumentación-importancia. [Último acceso: 20 02 2018].
- [12] O. Company, «Omega,» [En línea]. Available: www.mx.omega.com/prodingfo/intrumentación. [Último acceso: 15 02 2018].
- [13] «Alldatasheet.com,» 10 11 2018. [En línea]. Available: http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Lm317&gclid=Cj0KCQjw6fvd BRCbARIsABGZ-vTjNjG7tnpwUawPsdgAiQ4xjs-13MWZ0ci7iDk0F89i32JAfo2th0UaAhALEALw\_wcB.
- [14] «Alldatasheet.com,» 11 10 2018. [En línea]. Available: http://www.electrónicoscaldas.com/datasheet/MC7900-Series\_ON.pdf.
- [15] «Construcción Industrial Francor,» [En línea]. Available: www.francor.com.mx/intrumentación-industrial/.. [Último acceso: 05 02 2018].

# **ANEXOS**

#### **ANEXO A**

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO

Certificado de funcionamiento de las 4 mesas del Laboratorio de Tecnología Industrial, área de análisis Instrumental.

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de las 4 mesas construidas para el área de análisis instrumental, las cuales cumplen con los requerimientos y normas de seguridad necesarias para que los estudiantes de la carrera de electromecánica y telecomunicaciones desarrollen sus prácticas de laboratorio con normalidad.

Firma:

Ing. Pablo Proaño C.

Encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial

#### **ANEXO B**

## **GUÍA DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

#### <u>Introducción</u>

La presente guía permite al estudiante reconocer los principales elementos que cuenta la mesa de instrumentación y como operarlos en caso de requerirlo.

#### Componentes:

#### a) Parte Superior inicial



**Anexo B.1** – Parte superior inicial de la portada de la mesa de instrumentación.

El anexo B.1 cuenta desde el lado izquierdo con: (1) dos tomas de voltaje en AC, seguido de (2) dos USB's con salida de 5V; con sus respectivos portafusiles de protección y finalmente cuenta con (3) dos puertos Ethernet.

#### b) Parte baja después (hacia abajo) de la parte superior inicial



Anexo B.2 – Parte baja después de la superior inicial de la porta de la mesa.

En el anexo B.2 se observa las borneras de salida para los voltajes correspondientes, siendo el pin rojo positivo y el pin negro negativo.

#### c) Parte media baja.



Anexo B.3 – Parte media baja de la mesa.

En el anexo B.3 se puede observar los (4) portafusibles, (5) leds y (6) switches, para cada fuente de voltaje correspondientemente; por medio de estos se puede tener protección, comunicación y manipulación de salida de voltaje correspondientemente.

#### d) Parte Lateral Izquierda



Anexo B.4 – Parte lateral izquierda de la mesa de instrumentación.

El anexo B.4 cuenta inicialmente desde arriba con un (7) display en donde se pude visualizar la medición del voltímetro y de la fuente variable, seguido de este y hacia abajo se encuentra la (8) perilla de regulación de voltaje, más abajo (9) la perilla de

regulación de corriente, más abajo (10) el portafusibles que protege el voltímetro, seguido se tiene el (11) conmutador de 3 posiciones, que de acuerdo a la opción en la que se ponga, se podrá usar el voltímetro o la fuente y si no se la quiere usar, se la debe dejar en Offset. Finalmente se entran (12) las borneras de medición de Voltaje que si se lo selecciona con el selector de 3 posiciones se podrá realizar la medición en DC.

#### f) Parte baja final.



**Anexo B.5** – Parte baja final de la mesa de instrumentación.

En el anexo B.5 se tiene el (13) breaker que permite energizar la mesa, las (14 y 15) luces piloto de advertencia de la mesa, el (16) botón de control de paro y (17) la señalización y numeración de la respectiva mesa.

#### Funcionamiento

Para el funcionamiento inicialmente se debe dirigirse al tablero de control ubicado en la parte derecha del laboratorio de análisis instrumental y observar si se encuentra encendido, caso contrario encenderlo, una vez que se revisó el estado del tablero, en la numeración correspondiente a cada mesa, se presiona el botón verde asociado al número de mesa que se desea activar (botón verde para el encendido y rojo para el apagado), una vez hecho esto, se observara que el botón rojo de la mesa escogida se enciende, por lo que la mesa estará energizada, posteriormente se debe encender el breaker ubicado en la parte baja de la mesa y se observara que se enciende el botón verde de la mesa, lo que indica que estará activada. Una vez que la mesa está activada, por medio de los switches se puede encender o apagar las fuentes, para el caso de la fuente de corriente, se debe energizar por medio del switch y regular la corriente por medio de la perilla roja, en el caso de la fuente de voltaje se debe energizar por medio del switch, y después dirigirse a la parte lateral izquierda de la mesa y mover el switch de 3 posiciones hacia donde dice fuente, en ese momento al mover la perilla azul del regulador de voltaje se podrá visualizar en el display la regulación del voltaje dentro del

rango establecido, por otro lado en el switch de 3 posiciones se puede observar el modo voltímetro, para esta función se selecciona el modo y se puede medir voltaje DC positivo desde 0 a 200V.

Para el caso de los USB de la parte superior inicial, siempre que la mesa se encuentre activada se encontraran encendidos, de igual forma sucederá con el tomacorriente de 120V.

#### <u>Mantenimiento</u>

#### Preventivo

1. Sopletear por la parte interna de la mesa trimestralmente.

Se debe desarmar la mesa quitando las tapas laterales, con la ayuda de un soplete o compresor; sopletear a presión media quitando obstrucciones en cables y polvo.

2. Revisar el estado de los fusibles cada vez que se termine la práctica.

Se debe desatornillar los portafusiles y extraer los fusibles de la mesa, con la ayuda de un multímetro en modo de continuidad, revisar el estado de los fusibles

3. Revisar la salida de voltaje de todas las fuentes semanalmente.

Se debe revisar en las borneras de salida los voltajes especificados, con ayuda de un multímetro en modo de voltaje o corriente.

4. Revisar el estado de los switches semestralmente.

Se debe revisar el correcto cambio de estado de ON a OFF en el switch, en caso de requerirlo se debe cambiar el dispositivo, para ello se debe revisar en los pines posteriores del switch el correcto flujo de corriente con la ayuda de multímetro en modo de continuidad.

5. Revisar el estado del breaker semestralmente.

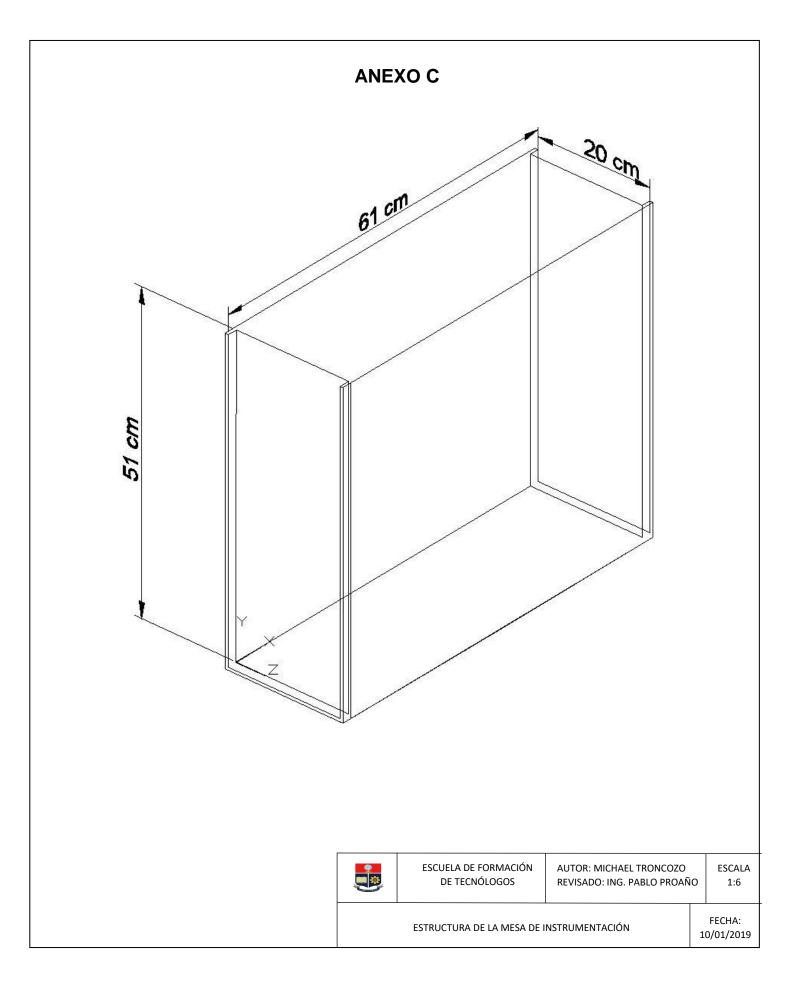
Se debe revisar el estado del breaker con la ayuda de un voltímetro en modo de continuidad y a su vez si abre el circuito en caso de cortocircuitos o subidas de corriente.

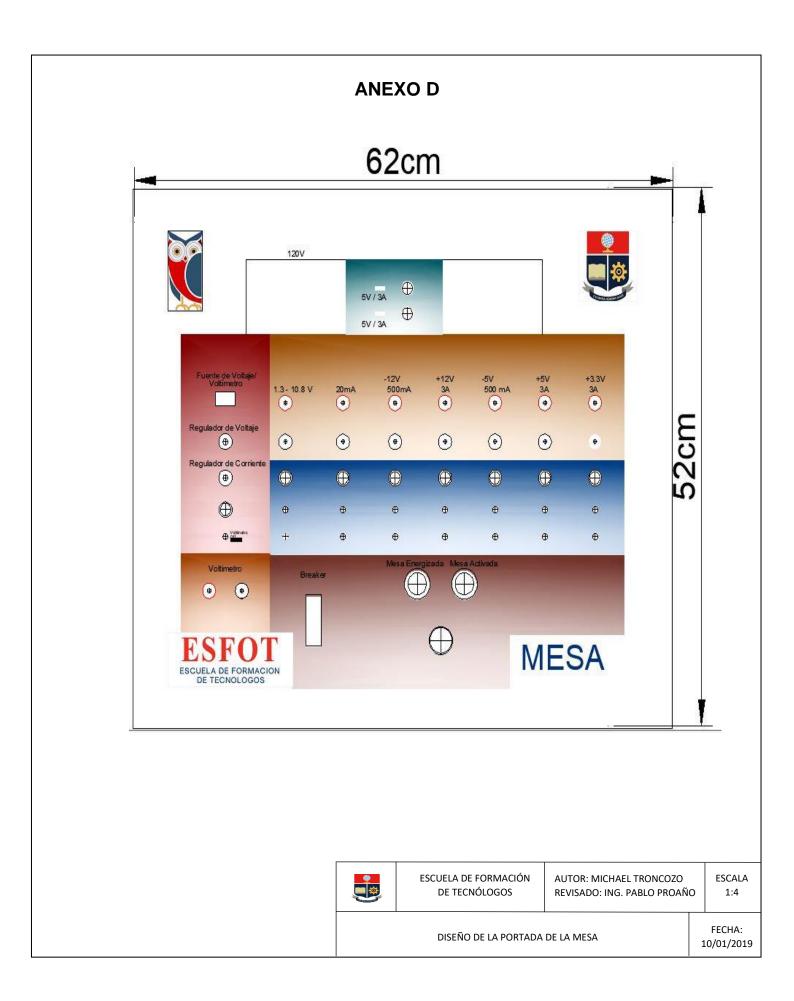
6. Revisar el estado del display-voltímetro semanalmente.

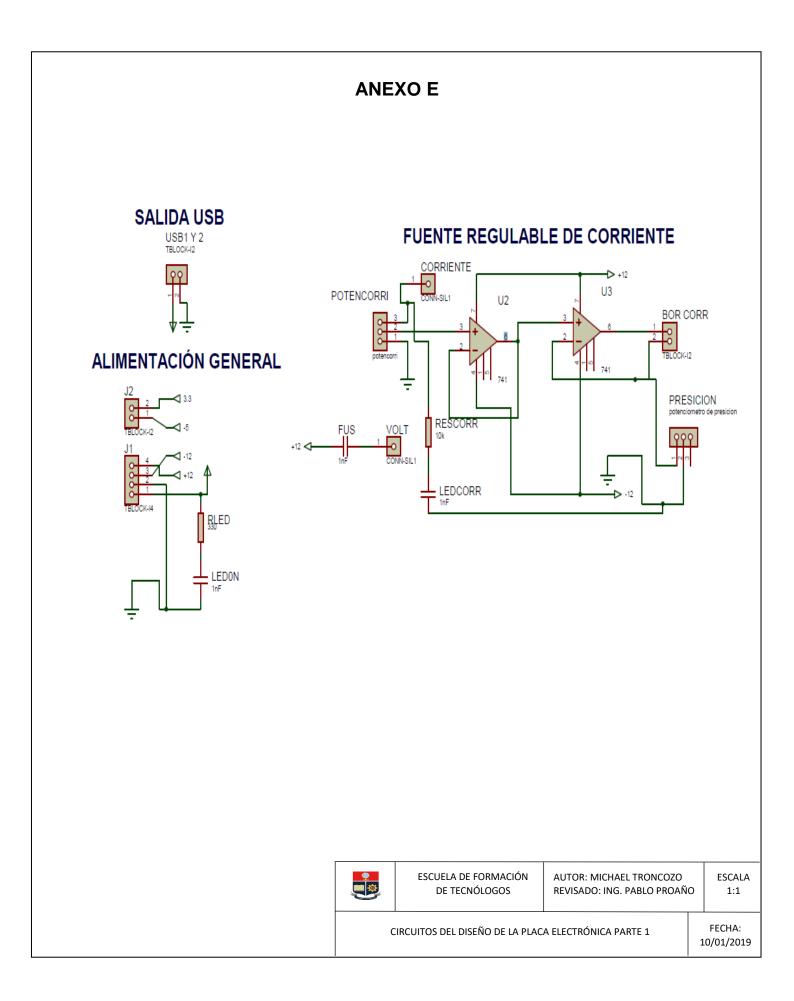
Se debe revisar visualmente si el display enciende y apaga para las diferentes funciones establecidas.

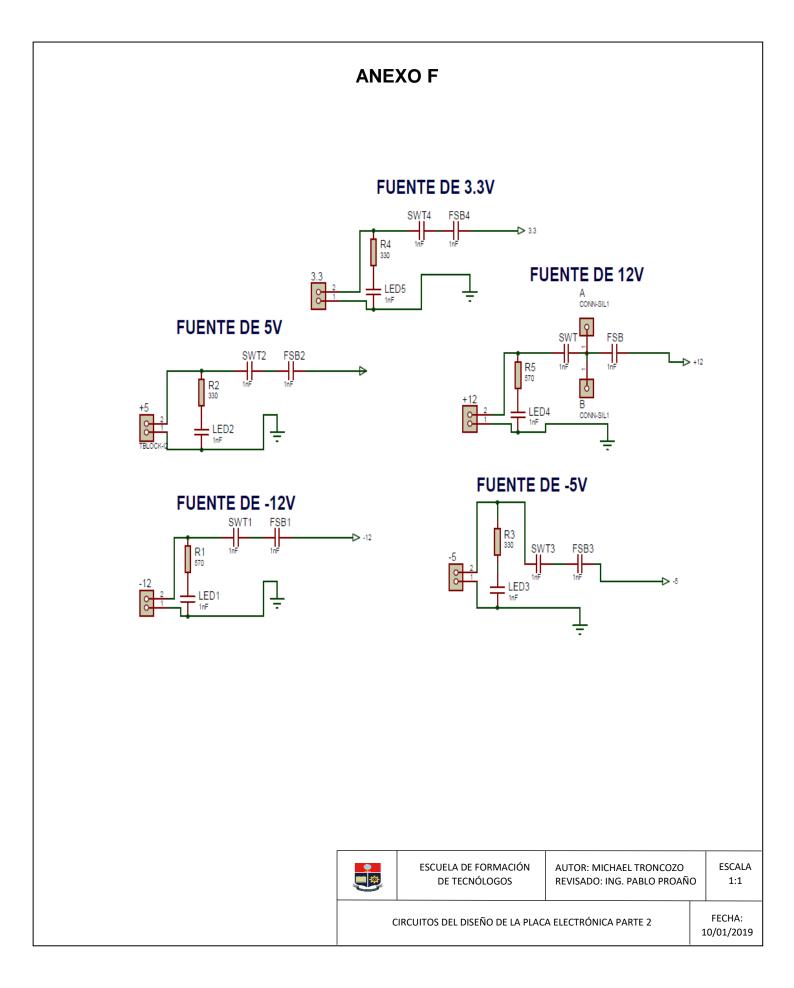
#### Correctivo

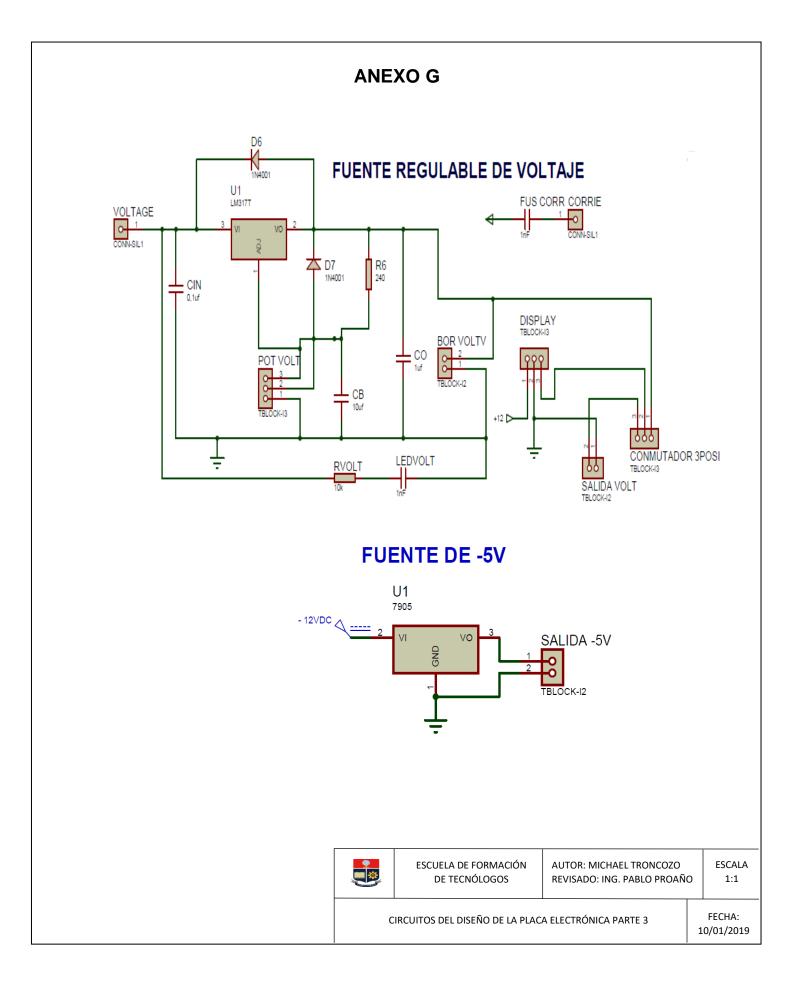
Para los mantenimientos nombrados anteriormente se los recomienda realizar de preferencia semanalmente o en su defecto en el tiempo mencionado, ya que las mesas se encuentran en manipulación constante al momento de realizar la practicas, en caso de que las fallas continúen, desmontar las tapas laterales de la mesa y revisar las conexiones que se encuentran señalizadas, y comprobar el correcto funcionamiento desde la placa hacia la mesa. En caso de llegar a casos extremos se puede ayudar con los Anexos E, F y G adjuntados en el documento, en los cuales se puede evidenciar más acerca del funcionamiento de cada parte de la placa.











# ANEXO H HOJAS GUÍAS

#### Hoja Guía 1

- Tema: Acondicionamiento mediante amplificadores especiales
- Objetivos
  - Diseñar un amplificador de transconductancia
  - Diseñar un amplificador de instrumentación

#### Trabajo preparatorio

Los siguientes temas deben consultarse para poder realizar la práctica:

- 1. Amplificadores especiales para el acondicionamiento de sensores
- 2. Caída de tensión en cables conductores
- 3. Transmisión de información utilizando lazo de corriente

#### - Diseño

- 1. Diseñar un amplificador de transconductancia que permita convertir de 1 a 5 (V) en 4 a 20 (mA).
- 2. Diseñar un aplicador de instrumentación que disponga de una ganancia de 2.5.

Nota: Cada grupo debe disponer una resistencia a partir de  $10\Omega$  y 5(m) de cable UTP.

#### Procedimiento Práctico

1. Implementar los circuitos requeridos en la sección de diseño.

En la implementación del circuito se prevé que el estudiante utilice los voltajes de +12 y -12 de la mesa, para alimentar los amplificadores operacionales, por otro lado, se utilizará una fuente de voltaje variable para la segunda etapa de acondicionamiento. Por otro lado, necesitara realizar divisores de voltaje por lo que se puede ayudar con las fuentes de voltaje de +5,-5 y +3.3 de acuerdo con el diseño del estudiante.

Para simplificación se pude suprimir el uso del amplificador de transconductancia y utilizar la fuente de corriente variable en el rango especificado.

2. Realizar una tabla con los respectivos valores de voltaje de entrada, voltaje. de salida medido y voltaje de salida ideal para el circuito de transconductancia.

**Tabla 3.9** – Tabla necesaria para practica de transmisores especiales

Tabla de datos obtenidos para trasmisores especiales								
Voltaje de entrada	Valores m	nedidos	Valores ideales					
(V)	Voltaje salida (v)	Corriente de salida (mA)	Voltaje salida (V)	Corriente de salida (mA)				
0								

#### Hoja Guía 2

- Tema: Transmisores de Presión
- Objetivos
  - Analizar y familiarizarse con los transductores de presión, su manejo, precauciones y características.
  - Utilizar un trasmisor de presión y acondicionar su salida a niveles de tensión.
  - Realizar el acondicionamiento adecuado del sensor dependiendo de los valores de funcionamiento.
- Trabajo preparatorio

Los siguientes temas deben consultarse para poder realizar la práctica:

- 1. Funcionamiento de los transmisores de presión
- 2. Acondicionadores de señal para transductores de presión
- 3. Aplicaciones de los trasmisores de presión en la industria
- Diseño
  - 1. Diseñar un circuito acondicionador de 1 a 10 (V) para un transmisor de presión que dispone de una salida de corriente de 4 a 20 (mA) y permita medir presiones entre 0 a 10 bares.
  - 2. Realizar la respectiva simulación del circuito diseñado
- Procedimiento Práctico
  - 1. Implementar los circuitos requeridos en la sección de diseño.

En la implementación del circuito se prevé que el estudiante utilice los voltajes de +12 y -12 de la mesa, para alimentar los amplificadores operacionales, por otro lado, se utilizará una fuente de voltaje variable para la segunda etapa de

acondicionamiento. Y finalmente debido al numero limitado de sensores de presión el estudiante puede optar por utilizar la fuente de corriente que se encuentra en la mesa para obtener su señal de entrada (simulación como sensor).

2. Realizar una tabla con los respectivos valores a medir.

**Tabla 3.10** – Tabla necesaria para practica de transmisores de presión.

Tabla de datos obtenidos con el transmisor de presión								
Presión	Val	ores prácticos	Valores teóricos					
(bar)	Voltaje salida (v)	Corriente (mA)	Voltaje carga (V)	Voltaje carga (V)	Voltaje salida (V)			
0								