

**Implementación y montaje de módulo educativo didáctico automatizado para
manejo de subestaciones eléctricas**

Giovanni Ruiz Gamboa

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Básicas de Tecnología e Ingeniería (ECBTI)

Ingeniería electrónica

Popayán 2020

**Implementación y montaje de módulo educativo didáctico automatizado para
manejo de subestaciones eléctricas**

Giovanni Ruiz Gamboa

Asesor

Nancy Amparo Guaca Girón

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Básicas de Tecnología e Ingeniería (ECBTI)

Ingeniería electrónica

Popayán 2020

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del presidente del Jurado

Declaración de responsabilidad

Yo Ruiz Gamboa, Giovanni

DECLARO QUE:

El presente trabajo denominado, “Implementación y montaje de módulo educativo didáctico automatizado para manejo de subestaciones eléctricas”, previo a la obtención del título de ingeniero electrónico, ha sido desarrollado respetando los derechos de autor conforme a las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias bibliográficas, y declaró que este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de la presente declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de titulación.

Popayán 25 de agosto de 2020

EL AUTOR

RUIZ GAMBOA GIOVANNI

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado primeramente a Dios, al Niño Jesús de Praga quienes inspiraron mi espíritu dándome fortaleza para culminar satisfactoriamente este proyecto, a mi esposa Adriana Lined Gómez, quien en todo momento estuvo con migo brindándome su amor y apoyo incondicional, quien con su vos de aliento permitió que en los momentos de flaqueza y debilidad tuviera la fortaleza de continuar con mis estudios, a mis hijos Dylan Esteban Ruiz Gómez y Juan Sebastián Ruiz Gómez quienes son la luz de mi vida y la razón para seguir adelante, a mis padres Ramón Ruiz y Georgina Gamboa quienes me dieron la vida y permitieron que hoy en día sea la persona que soy, por ultimo un agradecimiento especial a la directora de proyecto ingeniera Nancy Guaca y los tutores de la universidad quienes me apoyaron a lo largo de mi carrera para llevar a buen término este proceso que significa mucho para mi vida como profesional.

Contenido

	Pag
Lista de Figuras.....	11
Lista de Tablas	14
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Generalidades.....	17
Introducción	17
Planteamiento del Problema.....	18
Justificación.....	20
Justificación técnica.....	20
Justificación en seguridad industrial.....	22
Justificación ambiental	23
Justificación cobertura en otras instituciones educativas	23
Alcances	26
Objetivos	30
Objetivo general	30
Objetivos específicos.....	30
Metodología	31
Fase de planeación.....	32
Fase de diseño y montaje.....	32
Fase de verificación.....	33
Fase actuación.....	33

Fundamentos Teóricos	33
Definición de Subestación Eléctrica	33
Elementos de una Subestación Eléctrica.....	34
Clasificación de las Subestaciones por su Función Dentro del Sistema	36
Subestación de generación.....	36
Subestación de transmisión	36
Subestación de subtransmisión.....	36
Subestación de distribución.....	37
Clasificación de las Subestaciones por Tipo de Operación.....	37
Subestación de transformación.....	38
Subestación de maniobra.....	38
Clasificación de las Subestaciones por su Forma Constructiva	38
Subestación en interiores.....	38
Subestación a la intemperie	39
Subestación convencional.....	39
Subestación encapsulada	40
Subestación móvil.....	41
Tipos de Configuración de las Subestaciones	42
Tendencia Europea conexión de seccionadores	42
Entorno de programación	46
LabVIEW.....	47
Características principales de LabVIEW.....	48
VI Packet Manager de LabVIEW	48

Raspberry Pi 3B+	48
Placa Arduino Uno	49
Usos de la placa Arduino.....	50
Planeación.....	51
Técnicas de recolección de la Información.	51
Visita de campo	52
Inspección física	52
Estado del arte	53
Componentes del sistema.....	57
Materiales Eléctricos y Electrónicos	61
Algoritmo de Programación.....	64
Algoritmo secuencial.....	65
Diagrama de flujo panorámico	67
Sistema Embebido.....	68
Justificación técnica.....	68
Justificación presupuestal	68
Justificación operacional y de programación	69
Justificación por logística y adquisición de materiales	69
Diseño y Montaje.....	70
Diagrama de Bloques	70
Etapa de mando	71
Etapa de programación	71

Etapa de potencia.....	72
Diseño del Modelo Físico	72
Armado de torres	73
Armado de seccionadoras	74
Armado del transformador de potencia	75
Armado de la caseta de control.....	77
Armado de la torre de salida zona urbana y rural.....	78
Armado de líneas de distribución y puesta a tierra.....	79
Armado de muros y enmallado externo.....	80
Diagrama Unifilar de la Subestación Eléctrica de Barra Simple	81
Entorno Gráfico.....	83
Herramientas.....	83
Programación	85
Bloques de programación.....	86
Fuente diseño propio	89
Bloque inicio de programa	92
Bloque activación de interruptor de línea de 34.5 KV y seccionador de barra	93
Bloque activación de barraje 1 línea, líneas generales de 13.2 Kv y caseta de control.....	94
Bloque de activación de interruptores de las zonas urbana, rural y auxiliares	95
Bloque de activación de comunicación de puertos para la tarjeta Arduino Uno.....	96
Bloque de activación del servomotor (1) seccionadora línea 34.5 KV	97
Bloque de activación del servomotor (2) línea 34.5KV	98
Bloque de activación Interruptores líneas 34.5 KV, 13.2KV, zona urbana, rural y auxiliares	99

Verificación de Funcionamiento.....	100
Resultado de las pruebas de funcionamiento del prototipo.....	102
Funcionamiento del entorno gráfico de programa en LabVIEW	103
Funcionamiento del diseño físico de la subestación tipo barra simple.....	107
Recomendaciones Conclusiones y Bibliografías	110
Recomendaciones.....	110
Conclusiones	111
Bibliografías.....	114
Anexos	119
Anexo A. Video tutorial	119
Anexo B. Manual para Funcionamiento del Entrono Gráfico de MODASE_LabVIEW	120
Anexo C. Guía Práctica Manejo de la Subestación de Barra Simple.....	132
Anexo D. Correo Aval Pertinencia del Proyecto en los Programas de Formación Titulada ..	136
del SENA.....	136

Lista de Figuras

Contenido	Pag
Figura 1 Instituciones Educativas Técnicas por Municipio Departamento del Cauca	26
Figura 2 Ubicación Geográfica Institución Educativa Politécnico Francisco de Pula Santander	27
Figura 3 Metodología En Cascada.....	31
Figura 4 Subestación Silvia Cauca	34
Figura 5 Distribución de la Energía Eléctrica.....	37
Figura 6 Subestación en Interior	38
Figura 7 Subestación a la Intemperie.....	39
Figura 8 Subestación Convencional.....	40
Figura 9 Subestación Encapsulada.....	41
Figura 10 Subestación Móvil.....	42
Figura 11 Subestación de Barra Simple.....	44
Figura 12 Subestación de Barra Simple Partida	45
Figura 13 Subestación Barras Simples con By-pass.....	46
Figura 14 Placa Arduino Uno	49
Figura 15 Fuentes Bibliográficas Estado del Arte Subestación Eléctrica.....	54
Figura 16 Diagrama de Flujo del Sistema.....	67
Figura 17 Sistemas Embebidos Compatibles con LabVIEW 2018	69
Figura 18 Diagrama de Bloques	70
Figura 19 Modelo Físico Subestación Eléctrica Barra Simple	72
Figura 20 Estructuras Torres.....	73

Figura 21	Seccionadora.....	74
Figura 22	Transformador de Potencia 34.5KV - 13.2KV	76
Figura 23	Caseta de Control	78
Figura 24	Torre Salidas Urbana, Rural y Auxiliares	79
Figura 25	Líneas de Distribución.....	80
Figura 26	Muros y Enmallado Externo.....	81
Figura 27	Diseño Diagrama Unifilar Subestación Barra Simple.....	82
Figura 28	Entorno de Usuario Subestación Eléctrica Tipo Barra Simple	85
Figura 29	Diagrama Bloques de Programación.....	86
Figura 30	Panel Frontal y Diagrama de Bloques	87
Figura 31	Paleta de Controles	88
Figura 32	Paleta para Decoración Panel Frontal.....	89
Figura 33	Paleta de Funciones	90
Figura 34	Estructura While Loop	91
Figura 35	Estructura Case.....	92
Figura 36	Bloque Activación de Entrada 34.5KV, Barra y Seccionadora de Línea.....	93
Figura 37	Bloque Interruptor 31.5 KV, Seccionadora de Barras.....	94
Figura 38	Bloque Activación Barraje y Líneas Generales.....	95
Figura 39	Bloque de Activación Tres Zonas	96
Figura 40	Bloque Puertos Entrada, Salida y Comunicación con Arduino.....	97
Figura 41	Bloque de Control de Servomotor Seccionadora de 34.5KV	98
Figura 42	Bloque de Control Servomotor No 2.....	99
Figura 43	Bloques de Control Interruptores	100

Figura 44 Entorno LabVIEW.....	120
Figura 45 Seleccionar Ruta de Ubicación del Proyecto.....	121
Figura 46 Entorno Vista de Usuario del Programa.....	122
Figura 47 Conexión de la Tarjeta Arduino con el PC.....	123
Figura 48 Configuración del Puerto de Conexión	124
Figura 49 Selección de la Tarjeta Arduino Uno	125
Figura 50 Selección de Puerto USB.....	126
Figura 51 Asignación del Puerto USB.....	127
Figura 52 Proceso de Carga del Puerto de Comunicación.....	128
Figura 53 Proceso Final Comunicación Arduino con LabVIEW	129
Figura 54 Componentes de la Subestación Primer Grupo	130
Figura 55 Componentes de la Subestación Segundo Grupo	131
Figura 56 Puesta en Marcha de la Subestación Tipo Barra Simple.....	132
Figura 57 Control de Angulo Seccionadoras.....	133
Figura 58 Correo Aval Pertinencia del Proyecto	136

Lista de Tablas

Contenido	Pag
Tabla 1 Elementos de Una Subestación Eléctrica.....	35
Tabla 2 Materiales del Diseño Físico.....	57
Tabla 3 Materiales Eléctricos y Electrónicos.....	62
Tabla 4 Pruebas de Funcionamiento Entorno Grafico LabVIEW	103
Tabla 5 Pruebas Modelo Físico.....	107

Resumen

Las subestaciones eléctricas representan un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos importantes en los procesos de distribución y comercialización de la energía eléctrica, los sistemas automatizados encargados de su operación en el departamento del Cauca, hoy en día obedecen a procesos dinámicos y de monitoreo continuo que permiten a los operadores de subestaciones tener un control de los circuitos de distribución cuidando los niveles de tensiones y corriente, tomando como referencia a los estándares de calidad y la puesta en marcha de los procesos de seguridad y salud en el trabajo (SST); por esta razón el presente proyecto está orientado a implementar un módulo didáctico automatizado que permite a los estudiantes de la Institución Educativa Politécnico Francisco de Paula Santander, institución pública de carácter técnico del municipio del Tambo Cauca, según resolución de funcionamiento No 03004-09-04-2014 de la modalidad electricidad y electrónica realizar prácticas relacionadas con el manejo y operación de una subestación de tipo barra simple. El módulo permitirá alcanzar las competencias y resultados de aprendizaje de los programas de formación orientados por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), en el convenio de articulación con la educación media doble titulación, de igual manera se presenta la necesidad y la justificación para el desarrollo del proyecto.

Abstract

The electrical substations represent a set of electrical and electronic devices important in the processes of distribution and commercialization of electrical energy, the automated systems in charge of their operation in the country and in the department of Cauca, nowadays obey to dynamic processes and continuous monitoring that allows substation operators to have a careful control of the distribution circuits at the voltage and current levels, taking as reference the quality standards and the implementation of the OSH occupational health and safety processes; For this reason, this project is aimed at implementing an automated didactic module that allows students of the Francisco de Paula Santander Polytechnic Educational Institution, a public institution of a technical nature in the municipality of Tambo Cauca, according to operating resolution No. 03004-09-04-2014 of the electricity and electronics modality carry out practices related to the management and operation of a simple busbar type substation. The module will allow to achieve the competences and learning results of the training programs guided by SENA, in the articulation agreement with the double degree secondary education, in the same way the need and the justification for the development of the project is presented.

Generalidades

Introducción

Las subestaciones eléctricas juegan un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad caucana, ya que gracias a ellas las zonas urbanas y rurales pueden contar con servicio de energía eléctrica. Teniendo en cuenta el papel fundamental que las subestaciones cumplen, el cual consiste en proporcionar y distribuir la energía eléctrica a lo largo y ancho del territorio nacional, la subestación de barra simple es el modelo básico de toda subestación eléctrica, de aquí se derivan los diferentes tipos de subestaciones con las que cuenta el operador de red en el departamento.

La intención del proyecto es que los estudiantes de la Institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del Tambo Cauca y estudiantes de instituciones educativas de carácter técnico e las modalidades electricidad y electrónica articuladas con el SENA, puedan contar con un diseño e implementación de un módulo didáctico para el manejo de subestaciones eléctricas tipo barra simple a menor escala, que les permita interactuar con el manejo y operación de subestaciones eléctricas, brindando la posibilidad de tener un acercamiento con la realidad en este campo, abriendo las posibilidades de empleabilidad en las empresas de servicios públicos domiciliarios en el área de distribución y comercialización de la energía eléctrica en el departamento del Cauca.

El entorno de usuario del proyecto se elaboró en el programa de simulación LabVIEW , el cual se encarga de controlar el sistema embebido (tarjeta Arduino Uno), permitiendo el control automatizado de los elementos electrónicos del montaje físico, este prototipo permite la simulación en tiempo real de las funciones básicas de una subestación de tipo barra simple, la implementación del proyecto se centra en la funcionalidad y entorno amigable con el usuario,

permitiendo la comprensión y aplicación de los protocolos de seguridad en el manejo y operación de la subestación eléctrica de este tipo.

En la Línea de investigación automatización y herramientas Lógicas de la cadena ingeniería electrónica, telecomunicaciones y redes, el proyecto sobre Implementación y Montaje de Módulo Educativo Didáctico Automatizado, se relaciona con la temática automatización de procesos y cumple con el objetivo relacionado en el marco de La Investigación en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) 2011 consistente en:

Realizar investigación aplicada en el área de automatización, control industrial e instrumentación para determinar las condiciones y áreas de aplicación, en los diferentes sectores del ámbito nacional.

Planteamiento del Problema

En la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca, principalmente y en otras instituciones educativas de carácter técnico del departamento, se dicta formación en el área de electricidad y electrónica en los programas articulados por el SENA cuyos resultados de aprendizaje se mencionan a continuación

1. Interpretar diagramas de subestaciones eléctricas de distribución utilizadas en Instalaciones eléctricas (José Aled Medina Miranda, Libia Giovanna Jiménez Vargas, 2013).
2. Verificar las especificaciones técnicas de los equipos a instalar (José Aled Medina Miranda, Libia Giovanna Jiménez Vargas, 2013).
3. Precisar el funcionamiento y características de los equipos de medida (José Aled Medina Miranda, Libia Giovanna Jiménez Vargas, 2013).

4. Realizar simulaciones, planos eléctricos, electrónicos, de montaje, mediciones efectuadas y normatividad vigente (Andrés Rodríguez, Ricardo Jaime Murillo, José Dimas Arias, Libia Giovanna Jiménez Vargas, Gelber Gutiérrez. 2013).
5. Implementar circuitos aplicando herramientas informáticas de simulación (Andrés Rodríguez, Ricardo Jaime Murillo, José Dimas Arias, Libia Giovanna Jiménez Vargas, Gelber Gutiérrez. 2013).

La institución educativa Politécnico-articulada con el SENA, no cuenta con un módulo didáctico para realizar prácticas de manejo y operación de subestaciones de tipo barra simple que le permitan alcanzar los resultados de aprendizaje antes mencionados, siendo esta una de las competencias enmarcadas en el plan de área de la institución, al igual que en los programas de formación ofrecidos por el SENA en articulación con la educación media doble titulación.

El conocimiento adquirido por los estudiantes y/o aprendices, les permitirá tener oportunidades de empleo en la empresa electrificadora del departamento del Cauca, que hoy en día genera la mayor cantidad de ofertas y oportunidades laborales para egresados con título de técnicos electricistas, técnicos en electrónica y afines, como es el caso de las modalidades certificadas al término del grado once impartida por la institución educativa en convenio con el SENA.

Actualmente la institución educativa Politécnico del Tambo Cauca, ha implementado un modelo práctico basado en el manejo y operación de subestaciones por medio de contactores y/o interruptores simples y conmutables, lo que permite la comprensión de manejo básico de una subestación, en cuanto a cierre y apertura de circuitos eléctricos, pero no garantiza el cumplimiento de los resultados de aprendizaje derivados de los programas de formación impartidos por el SENA, por esta razón el módulo didáctico permitirá a los estudiantes y/o

aprendices observar en una escala menor los elementos reales que componen una subestación eléctrica de tipo barra simple, el aprendiz está en la capacidad de identificar el cierre y apertura de seccionadores e interruptores, los cambios de estado en los niveles de tensión en cada una de sus líneas por medio de equipos de medida como voltímetro y amperímetro, además podrá realizar manejo y operación automatizado de la subestación por medio de un software permitiéndole así realizar diferentes prácticas de situaciones reales en el manejo de equipos de potencia y electrónicos que componen una subestación eléctrica real.

Justificación

Justificación técnica

En la formación de los estudiantes de las instituciones educativas de carácter técnico en las modalidades electricidad y electrónica del departamento del Cauca y en especial la Institución Educativa (IE.) Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca, es de vital importancia el acercamiento a herramientas que permitan tener un manejo simulado para la formación como técnicos en el área de electricidad y electrónica, en esta formación se instruye sobre los componentes eléctricos y electrónicos para el manejo de una subestación de tipo barra simple, se escoge para el proyecto este tipo de subestación por su fácil interpretación y manejo, su diseño permite a los aprendices identificar fácilmente los elementos eléctricos y electrónicos que la conforman además la configuración de barra simple constituye la base principal para cualquier tipo de subestación, consta de una sola barra continua a la cual se conectan directamente los diferentes tramos de la subestación.

Con el presente proyecto se establece un módulo didáctico que permita alcanzar la competencia como operador de subestaciones eléctricas de tipo barra simple alcanzando el resultado de aprendizaje Interpretar diagramas de subestaciones eléctricas de distribución

utilizadas en Instalaciones eléctricas y de este modo contribuir en el hacer para su desempeño laboral.

La puesta en marcha del proyecto es importante, porque permite, a la institución educativa Politécnico, realizar prácticas en el manejo de subestaciones eléctricas de tipo barra simple, desde su operación manual hasta la operación sistematizada y automatizada de los equipos, teniendo en cuenta la norma técnica colombiana NTC 2545 y NTC2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998), relacionada con electrotecnia, generación, transmisión y distribución de energía eléctrica por medio de Subestaciones, además el proyecto permitirá beneficiar a la población de estudiantes que en su mayoría provienen de sector rural del municipio del Tambo Cauca.

Es de anotar que la institución educativa cuenta con un convenio con el SENA, en el programa de articulación con la educación media, donde los estudiantes egresados tienen la posibilidad de salir con una doble titulación; los programas técnicos que se encuentran inmersos en la institución educativas son técnico en Implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales y técnico en construcción y montaje de instalaciones eléctricas, dentro de las competencias y resultados de aprendizaje de estos programas se encuentra el manejo y operación de subestaciones eléctricas las prácticas realizadas acualmente en la institución educativa se realizan de forma sencilla, por medio de la utilización de contactores e interruptores que no permiten alcanzar en la práctica los resultados de aprendizaje de los programas de formación en cuanto el manejo y operación de subestaciones electicas, razón por la cual en el módulo didáctico se integran todas esta áreas para garantizar practicas donde los aprendices puedan identificar los equipos y sistemas que integran una subestación eléctrica y de igual

manera logren maniobrar y manipulas estos elementos en una escala menor permitiendo un acercamiento con la realidad.

Justificación en seguridad industrial

El manejo y operación de las subestaciones eléctricas representa en sus operarios un riesgo alto de electrocución, debido al manejo y constante manipulación de niveles en alta tensión que pueden estar entre los 115 y 34.5 Kilo Voltios (KV), niveles en media tensión, 13.2 Kilo Voltios (KV) y nivel en baja tensión 440, 220 y 110 Voltios (V), como es el caso de la subestación de barra simple implementada en este proyecto, es de tener en cuenta que el operador de la subestación es el directo responsable de monitorear las maniobras de reparación, mantenimiento y adecuación realizadas por otras áreas en terreno, por esta razón es de vital importancia que los operadores de subestaciones tengan la posibilidad de capacitarse y formase profesionalmente en el manejo de estos equipos.

La implementación del módulo didáctico permite a los estudiantes de la institución educativa tener contacto con estos equipos en pequeña escala, cumpliendo con los estándares de seguridad industrial y salud en el trabajo derivados de la norma OHSAS 18001 (IsoTools, 2014), asegurando su integridad física y manipulación de los mismos sin tener riesgo de electrocución, debido a que el módulo manejará niveles de tensión en corriente directa (DC), menores a 35 voltios, los cuales no representan un riesgo inminente para la integridad física de los estudiantes y aprendices que manipulen el módulo didáctico, además el objeto del proyecto consiste en realizar maniobras de forma automatizada operadas desde un equipo de cómputo por medio de un programa de simulación que permita alcanzar los resultados de aprendizaje derivados de los programas de formación articulados con el SENA.

Justificación ambiental

En todo proyecto recae la responsabilidad de la conservación del medio ambiente teniendo en cuenta la norma ISO 14001 (IsoTools, 2015), por esta razón la implementación del módulo didáctico obedece a la idea de que la manipulación de los equipos se debe realizar contemplando los protocolos de operación, además dentro de los contenidos de manejo de subestaciones se orientará a los estudiantes sobre la guía ambiental para proyectos de distribución eléctrica la cual está enmarcada dentro de los principios fundamentales del convenio de concertación para una producción más limpia con el sector eléctrico, firmado en 1997 por el Ministerio del Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales, las Unidades Ambientales, las empresas del sector y entidades de apoyo, (Ministerio del Medio Ambiente , 1997), por esta razón además del manejo y operación de una subestación al aprendiz se le da formación relacionada con la importancia de la preservación y cuidado del medio ambiente en la manipulación de estos equipos.

Justificación cobertura en otras instituciones educativas

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), regional Cauca, cuenta con el programa de articulación con la educación media doble titulación y ofrece a las instituciones educativas públicas y privadas de carácter técnico, programas de formación relacionados con el campo de la electricidad y la electrónica, se considera de vital importancia poder llegar a todas estas instituciones con el ánimo de fortalecer las competencias asociadas a los programas de formación donde los aprendices tengan conocimiento del manejo y operación de una subestación eléctrica de tipo barra simple.

Es de anotar que el modelo implementado cumple con los requerimientos técnicos de una subestación eléctrica de este tipo, disposición técnica de algunas de las subestaciones que hoy en

día se encuentran en funcionamiento y operación por parte de la Compañía Energética de Occidente (CEO), operador de red para el departamento del Cauca.

El programa de articulación con la educación media doble titulación en el área de electricidad y electrónica es impartido en municipios del departamento del Cauca tales como el Tambo, Silvia, Puerto Tejada, Miranda y Popayán.

Por esta razón extender el módulo didáctico, a las instituciones educativas del departamento representaría en un futuro la oportunidad para que los aprendices adquieran competencias que les permitan enfrentar el mercado laboral en este campo.

La base de programación en LabVIEW del módulo didáctico, será el pilar fundamental para el desarrollo de otros proyectos, como pueden ser sistemas de iluminación teniendo en cuenta que el módulo tiene bloques de programación que permiten la activación de luces piloto que fácilmente pueden ser adaptados para este sistema, sistemas de aire acondicionado y riego, el módulo cuenta con un diseño que permiten controlar servomotores por medio de bloques que controlan dispositivos de potencia como son los módulos relee, este principio puede también controlar los sistemas de aire acondicionado y los dispositivos sensores de humedad de suelo, los sistemas de riego y aire acondicionado pueden beneficiar a las comunidades de departamento del Cauca, donde hace presencia el programa de articulación con la educación media del SENA, en las áreas de electricidad y electrónica, departamentos que dependen directamente de la agricultura, ganadería y cría de especies menores, sectores donde se realizan prácticas artesanales como el secado de café, cultivos de tomate, hortalizas, invernaderos, cría de gallinas ponedoras y pollos de engorde, combinando así los sistemas antes mencionados para mejorar la productividad del sector y contribuir con la preservación del medio ambiente y uso adecuado de los recursos naturales, es importante resaltar que el módulo didáctico además de instruir a los

aprendices en el manejo técnico y operativo de una subestación eléctrica se da formación en el cuidado y preservación del medio ambiente, por otra parte la formación impartida para alcanzar los resultados de aprendizaje apuntan al sector productivo y laboral; por ende es de vital importancia involucrar actividades que permitan al aprendiz relacionar el quehacer laboral con la preservación y cuidado del medio ambiente.

Por otra parte, las instituciones anexas a los núcleos principales de carácter técnico tendrán la oportunidad de realizar prácticas en el módulo teniendo en cuenta su versatilidad, operatividad y fácil transporte.

Algunas de las instituciones educativas del departamento donde se podría implementar el diseño se muestran en la (figura 1), donde se observa la distribución de cada institución por municipios, es importante resaltar que estas instituciones tienen programas de formación articulados con el SENA Centro de Teleinformática y Producción Industrial (CTPI), en las áreas de electricidad y electrónica y cuentan con los ambientes de formación requeridos para el logro de las competencias y resultados de aprendizaje.

El módulo didáctico permitirá complementar los resultados de aprendizaje derivados de la formación impartida por las instituciones educativas en convenio con el SENA, relacionadas con el manejo y operación de subestaciones de barra simple.

Figura 1

Instituciones Educativas Técnicas por Municipio Departamento del Cauca



Instituciones Educativas (IE) en el Departamento del Cauca Area Electricidad y Electrónica

Municipio de Silvia

IE Ezequiel Hurtado

Municipio de Puerto Tejada

IE Ana Silena Arroyabe

IE Adventista

IE Evenecer

Municipio de Popayán

IE Técnico Industrial

IE Inem

IE Técnico Don Bosco

Fuente autoría propia.

Alcances

La realización del proyecto busca básicamente:

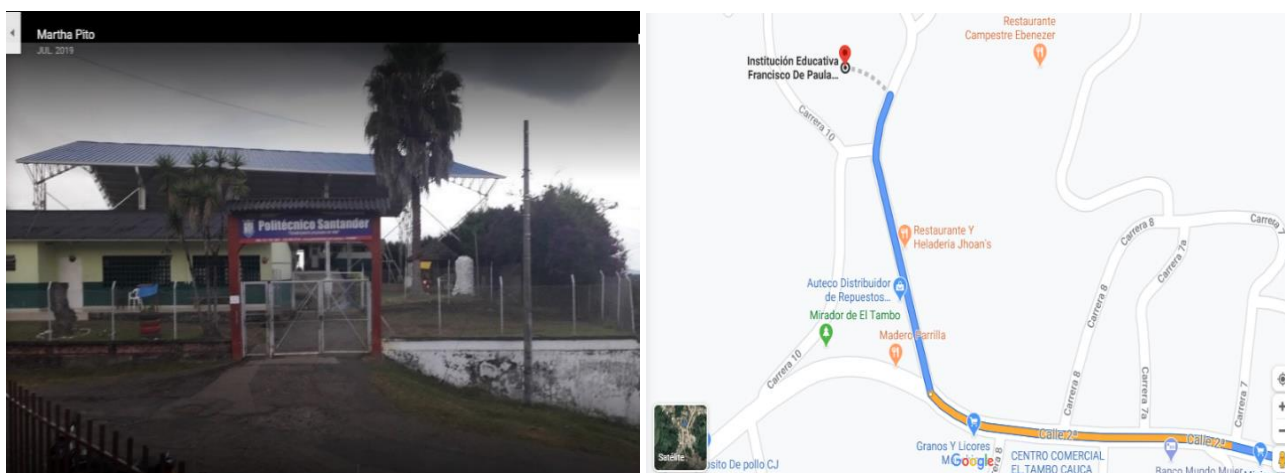
- ✓ Entregar a la institución educativa Politécnico del Tambo Cauca, el programa de control elaborado en LabVIEW al igual que el diseño físico (prototipo)
- ✓ Desarrollar prácticas de manejo manual y automatizado de una subestación eléctrica de tipo barra simple a menor escala.
- ✓ Lograr que los aprendices por medio de las prácticas alcancen las competencias y los resultados de aprendizaje derivados de los programas de formación en convenio con la Institución educativa y el SENA Centro de Teleinformática y Producción Industrial de la regional Cauca.

El diseño físico y de desarrollo de software de este proyecto es dirigido a la Institución Educativa Politécnico Francisco de Paula Santander, institución de carácter técnico pública ubicada en la cabecera municipal del Municipio del Tambo Cauca en la dirección carrera 10 No 10-11 (Figura 2), en los grados decimo y once de la modalidad técnica en electricidad y electrónica apoyado en la formación profesional integral impartida por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), regional Cauca, en los programas técnicos así:

- Implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales
- Construcción y montaje de instalaciones eléctricas

Figura 2

Ubicación Geográfica Institución Educativa Politécnico Francisco de Pula Santander



Fuente Google Maps GPS

Se hace entrega a la institución educativa del software entorno de usuario desarrollado en LabVIEW y del prototipo de subestación eléctrica de barra simple módulo educativo (Maqueta Automatizada). Existen tres tipos de configuración de subestaciones según tendencia europea

conexión de seccionadoras; de tipo barra simple, barra simple partida y barra simple con bypass, se utiliza en el diseño e implementación del módulo el tipo barra simple por su fácil manejo y operación, el cual permite que el aprendiz reconozca los elementos que la componen, en cuanto al módulo didáctico es importante resaltar las competencias y los resultados de aprendizaje que alcanzarán los aprendices de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander, en los programas de formación articulados con el SENA, teniendo en cuenta que la institución educativa cada año alterna los programas que se relacionan a continuación:

Programa de formación técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales.

Extraído del documento programa de formación titulada archivo en PDF (Andrés Rodríguez, Ricardo Jaime Murillo, José Dimas Arias, Libia Giovanna Jiménez Vargas, Gelber Gutiérrez. 2013), este programa de formación involucra contenidos de la parte eléctrica y electrónica a nivel industrial por tal razón una de sus competencias requiere el manejo de sistemas electrónicos que permitan el control industrializados como es el caso de los equipos eléctricos que componen una subestación eléctrica de tipo barra simple.

Competencia para desarrollar del programa de formación. Mantener sistemas electrónicos análogos de acuerdo con los Procedimientos establecidos, Norma de competencia laboral No 280501087 derivada del documento PDF Programa de formación Pagina No 22)

Resultados de aprendizaje de la competencia. (Derivados del programa de formación documento PDF página No 22) así:

✓ Realizar simulaciones, planos eléctricos, electrónicos, de montaje, mediciones efectuadas y normatividad vigente.

- ✓ Implementar circuitos aplicando herramientas informáticas de simulación, conceptos de rectificación, estabilización y control de la corriente siguiendo normas técnicas vigentes, de seguridad industrial y salud ocupacional correspondientes.

- ✓ Analizar las características y el funcionamiento de los dispositivos utilizados en los equipos convertidores de corriente alterna en corriente continua de acuerdo con análisis de parámetros eléctricos basados en los conceptos de electrotecnia, las especificaciones técnicas del fabricante y estándares internacionales.

Programa de formación técnico en construcción y montaje de instalaciones eléctricas

Extraído del documento programa de formación titulada archivo en PDF, (José Aled Medina Miranda, Libia Giovanna Jiménez Vargas, 2013), este programa de formación relaciona la competencia instalar equipos de medida donde involucra el manejo y operación de subestaciones eléctricas en uno de sus resultados de aprendizaje.

Competencia para desarrollar del programa de formación. Instalar equipos de medida en media tensión para instalaciones eléctricas (Norma de competencia laboral No 280101006 derivada del documento PDF Programa de formación Pagina No 29).

Resultados de aprendizaje de la competencia. (Derivados del programa de formación documento PDF página No 29) así:

- ✓ Precisar el funcionamiento y características de los equipos de medida.
- ✓ Aplicar en la selección del equipo de medida en media tensión los conceptos básicos de Electricidad.
- ✓ Interpretar diagramas de subestaciones eléctricas de distribución utilizadas en Instalaciones eléctricas.
- ✓ Verificar las especificaciones técnicas de los equipos a instalar.

Este será el modelo que permitirá a los estudiantes de la institución educativa por medio de las prácticas conocer las partes y el mando de las subestaciones eléctricas de tipo barra simple y apropiarse de los conocimientos necesarios para laborar en el sector eléctrico como operador de subestaciones, alcanzando satisfactoriamente los resultados de aprendizaje antes mencionados.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño y montaje de un módulo didáctico automatizado, que permita a los estudiantes del convenio SENA en las modalidades técnicas electricidad y electrónica de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca, realizar prácticas para el manejo manual y automatizado de subestaciones eléctricas de tipo barra simple.

Objetivos específicos

- Analizar los componentes eléctricos que integran una subestación de tipo barra simple de acuerdo con la normatividad vigente que regula el manejo de las subestaciones eléctricas en Colombia y que aplica para el municipio del Tambo.
- Diseñar el módulo didáctico de subestaciones eléctricas de tipo barra simple, para los estudiantes de la modalidad electricidad y electrónica de la Institución Educativa Politécnico Francisco de Paula Santander.
- Implementar el módulo didáctico automatizado de subestaciones eléctricas de tipo barra simple de forma física para permitir la operación y manejo por parte de los estudiantes de la institución educativa.

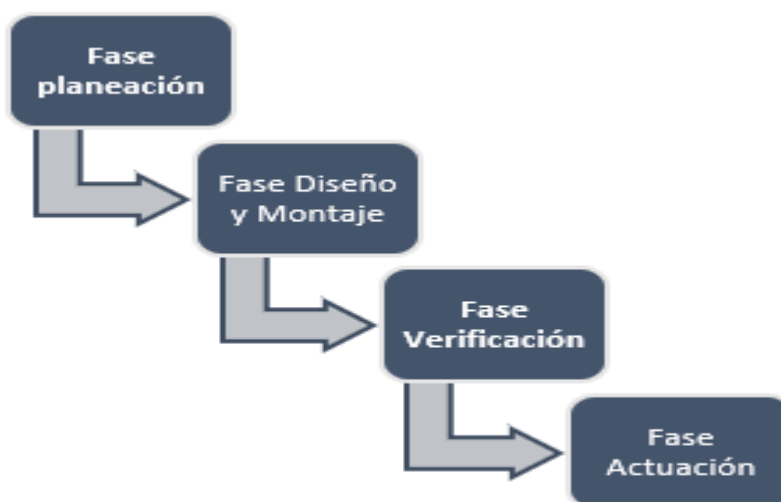
- Promover una guía práctica de funcionamiento y operación de modulo didáctico con los aprendices por medio de un video tutorial y manual de funcionamiento.

Metodología

Se utilizó la metodología de tipo cascada por su gran facilidad de aplicación, siguiendo un modelo lineal secuencial, ajustándose y permitiendo gestionar, controlar y abordar cada una de las fases propuesta en el proyecto.

Figura 3

Metodología En Cascada



Fuente diseño propio

Para el presente proyecto se definieron las siguientes fases derivadas del ciclo de calidad Planear, hacer, verificar y actuar (PHVA), (Durango, 2018), este ciclo está íntimamente asociado a la planificación, implementación, control y mejora continua. El ciclo Deming o

PHVA, dinamiza la relación entre el hombre y los procesos, busca su control con base a su establecimiento, mantenimiento y mejora de estándares.

La metodología de tipo cascada está orientada en abarcar procesos de desarrollo de software, sin embargo, no significa que solo pueda ser utilizada para este tipo de escenarios, teniendo en cuenta el gran potencial que este tipo de metodología permite y por su gran sencillez se tomó la decisión de utilizarla como referencia para el presente proyecto.

Las fases y tareas para realizar en el diseño del presente proyecto son:

Fase de planeación

Esta fase comprende el análisis inicial de la situación problema, establece una relación directa con el entorno de la institución educativa analizando su ambiente de trabajo y los materiales con los que cuenta para el desarrollo del proyecto.

FP1: Analizar el estado del arte de la infraestructura de la subestación eléctrica de tipo barra simple.

FP2: Determinar los componentes del sistema.

FP3: Realizar el algoritmo de programación.

FP4: seleccionar el sistema embebido.

Fase de diseño y montaje

En esta fase se desarrollan todas las actividades que comprenden el diseño electrónico, programación y el montaje físico del módulo con sus componentes, y todos los elementos que componen el módulo didáctico.

FDM1: Montaje del modelo físico de la subestación eléctrica tipo barra simple.

FDM2: Instalación de los componentes eléctricos y electrónicos.

FDM3: Diseño del diagrama unifilar de la subestación eléctrica de tipo barra simple.

FDM5: Diseño del entono gráfico.

FDM6: Realizar la programación en bloques de LabVIEW

FDM7: Conectar la tarjeta Arduino Uno con el programa LabVIEW.

Fase de verificación

En esta fase se realizaron las pruebas técnicas de funcionamiento tanto físico como de software determinando las correcciones y mejoras al prototipo implementado, se hicieron las mediciones de tensiones en corriente alterna (AC) y corriente directa (DC), requeridas para el correcto funcionamiento del módulo didáctico.

FV1: Diseño del protocolo de pruebas que permitan verificar el funcionamiento del módulo didáctico.

FV2: Verificación del módulo didáctico para que cumpla con los requerimientos del proyecto.

FV3: Diseño de anexos.

Fase actuación

FA1: Registrar los errores de tipo programación y físicos presentados en la aplicación de pruebas y puesta a punto del sistema.

FA2: Determinar la pertinencia del proyecto en los programas de formación impartidos por el SENA en el área de electricidad y electrónica.

Fundamentos Teóricos

Definición de Subestación Eléctrica

Una subestación es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos interconectados que permiten la producción, conversión, regulación y distribución de la energía eléctrica, esta debe

estar en capacidad de modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para que la energía pueda ser transportada y distribuida a los diferentes sectores de una región.

Figura 4

Subestación Silvia Cauca






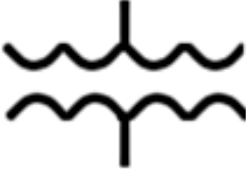
Nota: fotografía tomada de la subestación eléctrica tipo barra simple, ubicada en la cabecera del municipio de Silvia Cauca, fuente autoría propia.

Elementos de una Subestación Eléctrica

En la (tabla 1), se relacionan los componentes del sistema que forman parte de la fase de planeación (FP2) que permiten el manejo y operación de una subestación eléctrica, en ella se describe cada elemento de tipo eléctrico y su función en el sistema.

Tabla 1*Elementos de la Subestación Eléctrica*

Elemento	Descripción	Figura
Seccionador unipolar	<p>los seccionadores son aparatos de maniobra, su función es abrir y cerrar los circuitos cuando estos están sin carga o bien cuando no se produce cambio de tensión en los bornes de cada uno de sus polos, sirven para asegurar de forma visible el corte de los circuitos.</p>	
Interruptor	<p>son aparatos de corte que permiten la extinción del arco eléctrico, tienen poder de corte, van acompañados de dos seccionadores una a cada lado para asegurar de forma visible el corte de los circuitos.</p>	
Interruptor extraíble	<p>Los interruptores extraíbles, además de tener poder de corte no necesitan que se instalen seccionadores a cada lado del interruptor mejorando así la disponibilidad operativa, cuando uno de</p>	

	ellos necesita ser revisado se puede sustituir por otro.	
Transformador de dos arrollamientos	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia, debido a la resistencia que tiene los propios conductores se producen grandes pérdidas de energía.	

Fuente diseño propio

Clasificación de las Subestaciones por su Función Dentro del Sistema

Subestación de generación

Es la estación primaria de la energía producida por las plantas generadoras, su objetivo esencial es transformar el voltaje a niveles altos para lograr economía con la reducción de la corriente (García, 2013).

Subestación de transmisión

Su función es interconectar las diferentes líneas de transmisión de 115 o 220 kilo voltios (KV). Estas generalmente alimentan también barrajes de 34.5 y/o 13.2 (KV).

Subestación de subtransmisión

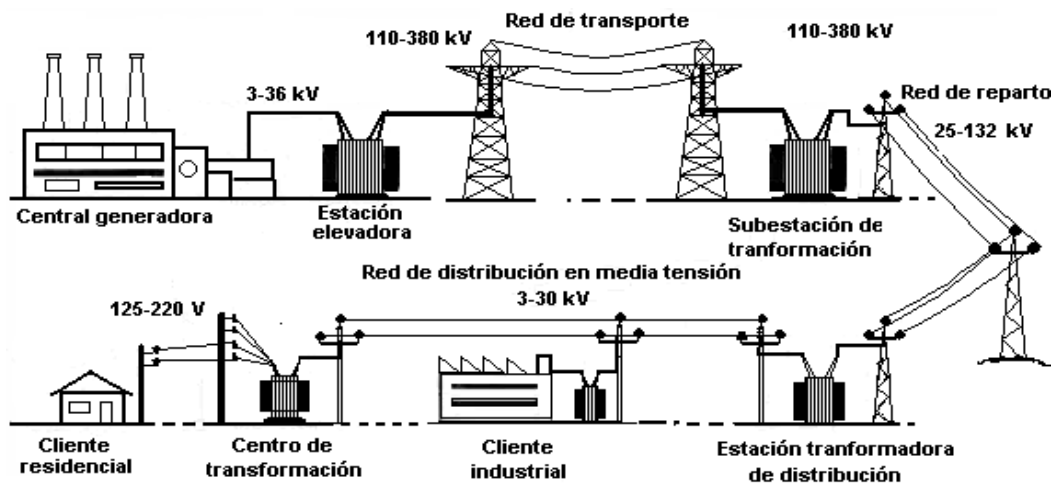
Son aquellas que alimentan o interconectan líneas de nivel intermedio de tensión, 44 KV o 34.5 KV, para transporte a distancias moderadas y de cargas no muy altas, con cargas distribuidas a lo largo de la línea (García, 2013)

Subestación de distribución.

Su función es reducir la tensión a niveles de distribución 13.2 KV, para enviarla a los centros de consumo industrial o residencial, donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos se encargan de reducir los niveles a baja tensión (440, 220, 108 V), para alimentar a los usuarios, la subestación de barra simple implementada a este proyecto cumple con la distribución de niveles de tensión dichas anteriormente ya que el módulo simula en nivel de alta tensión 34.5 Kilo voltios (KV) los cuales son reducidos por el transformador de potencia a niveles en media tensión de 13.2 KV (García, 2013).

Figura 5

Distribución de la Energía Eléctrica



Fuente Proyecto Universidad de Valladolid González Sancho, Eladio

Clasificación de las Subestaciones por Tipo de Operación

Subestación de transformación

La tensión de salida es diferente de la de entrada; estas son las que permiten elevar o reducir los niveles de tensión desde los puntos de generación, pasando por lo niveles más altos de transmisión, hasta los niveles más bajos de subtransmisión o distribución (García, 2013)

Subestación de maniobra.

Su función es unir algunas líneas de transporte con otras de distribución, con el propósito de dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio; el nivel de tensión es uno solo, por lo tanto, no se utilizan transformadores de potencia que eleven o reduzcan el voltaje (García, 2013)

Clasificación de las Subestaciones por su Forma Constructiva

Subestación en interiores

Sus elementos eléctricos se instalan en el interior de edificios, centros comerciales, conjuntos residenciales conformados por bloques o edificaciones de propiedad horizontal, sus componentes eléctricos se encuentran aislados con barreras que impiden el acceso a personal no autorizado (García, 2013).

Figura 6

Subestación en Interior



Fuente [tps://celco.com.co/media-tension.php](https://celco.com.co/media-tension.php)

Subestación a la intemperie

Sus elementos se instalan a la intemperie y se encuentran acondicionados para soportar las condiciones ambientales (García, 2013).

Figura 7

Subestación a la Intemperie



fuelle <http://darked800.blogspot.com/2011/09/clasificacion-de-subestaciones.html>

Subestación convencional

Este tipo de subestación es comúnmente encontrada en áreas alejadas de las zonas metropolitanas en una ciudad, se caracteriza por tener sus equipos instalados en espacios abiertos, sin que nada los proteja (García, 2013), los conductores de tensión generalmente se encuentran sobre torres de transmisión visibles conservando las distancias de seguridad para garantizar la vida humana, animal y vegetal, el módulo didáctico adapta características de este

tipo de subestación ya que sus elementos se encuentran instalados en espacios abiertos como es el caso de la subestación Tambo en el departamento del Cauca, la cual fue tomada como referente para la elaboración del proyecto.

Figura 8

Subestación Convencional



Fuente http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html

Subestación encapsulada

Es una subestación cuyas partes energizadas y equipos que soportan tensión están contenidos dentro de envolventes metálicos. Por ejemplo, las Subestaciones encapsuladas en SF₆, este tipo de subestación es comúnmente utilizada en recintos cerrados principalmente industrias, centros comerciales, universidades entre otros (García, 2013).

Sus equipos se encuentran protegidos en cápsulas metálicas de material especial que permiten aislamiento con el exterior garantizando la seguridad en el momento que se presente un contacto directo del operador o personal externo a la maniobra.

Figura 9

Subestación Encapsulada



Fuente http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html

Subestación móvil

Se caracteriza porque todo el conjunto de equipos está instalado sobre un remolque. Su objetivo básico es el de ser utilizado bajo circunstancias de emergencia, en cualquier punto del sistema (García, 2013), comúnmente este tipo de subestación se puede encontrar en los eventos móviles como carpas de circos y parques de atracciones mecánicas.

Figura 10*Subestación Móvil*

Fuente <https://www.enel.com.co/es/prensa/news/d201708-codensa-implementa-solucion-mvil-para-modernizar-la-red-y-atender-contingencias.html>

Tipos de Configuración de las Subestaciones

Tendencia Europea conexión de seccionadores

Son aquellas en las cuales cada circuito tiene un interruptor, con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores (XMSAEPS, 2017), existen varios tipos:

1. Seccionador de cuchillas giratorias
2. Seccionador de cuchillas deslizantes
3. Seccionador de columnas giratorias
4. Seccionador de pantógrafo

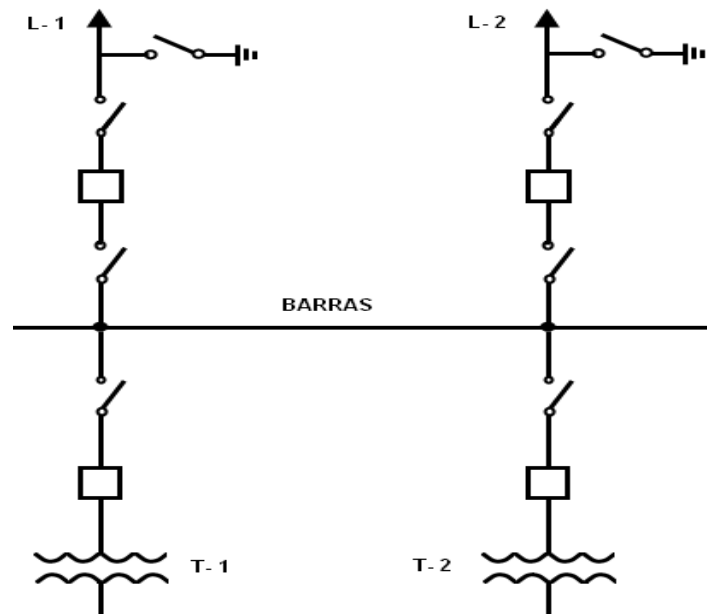
estos elementos constituyen una parte fundamental en el cierre y apertura de los circuitos, para efectos del proyecto se escogen los seccionadores de columnas giratorias, a

continuación, se mencionan los tres tipos de configuración según conexión de seccionadores existentes.

Barras simples. Usado principalmente en instalaciones de pequeña potencia y cuando se admiten cortes de corriente con cierta frecuencia, para efectos del proyecto el módulo didáctico implementado se basa en este tipo de subestación ya que se asemeja a una subestación convencional, en el municipio del Tambo Cauca, se encuentra en operación la subestación Tambo que corresponde a este tipo de configuración y por estar ubicada cerca de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander se facilitó su reconocimiento, además este tipo de subestación es de fácil operación y manejo permitiendo que los estudiantes alcancen los resultados de aprendizaje enmarcados en las competencias derivadas de los programa de formación articulados con el SENA.

Ventajas. La instalación de este tipo de subestación se realiza de manera simple, su maniobra es sencilla, sus elementos se conectan fácilmente y diseño es de bajo costo.

Inconvenientes. Uno de los principales inconvenientes en este tipo de subestación se presenta cuando hay un daño es las barras produciendo corte completo en el suministro de energía, además al realizar la revisión de un seccionador o interruptor corta el servicio hacia la salida del circuito correspondiente, por otra parte, no es posible alimentar de forma separada una o varias salidas.

Figura 11*Subestación de Barra Simple*

Fuente Proyecto Universidad de Valladolid González Sancho, Eladio

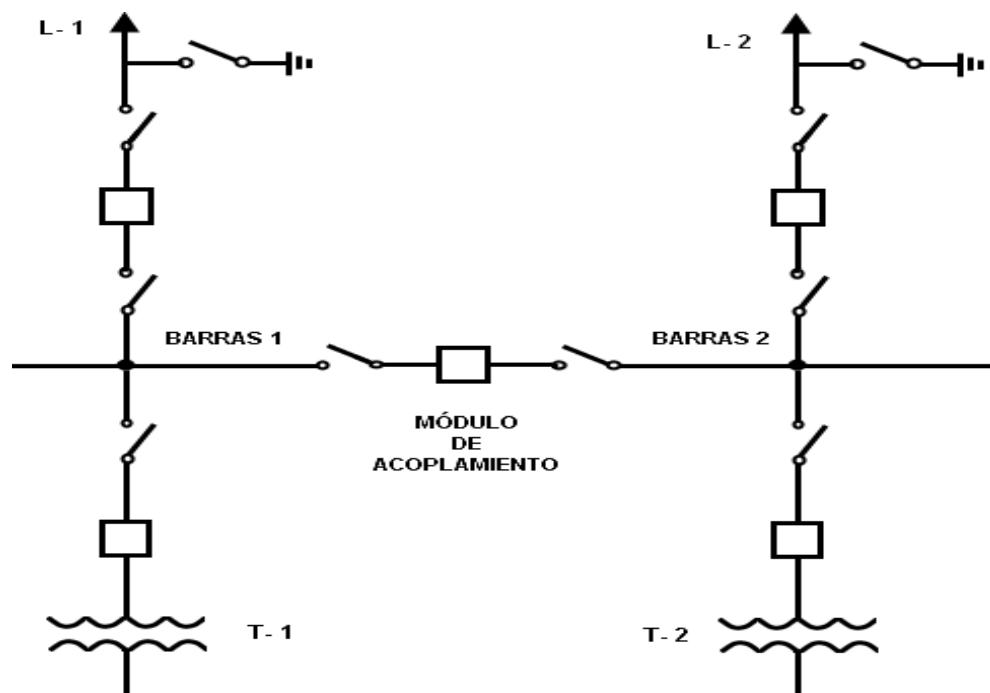
Barras simples partidas. Las barras se dividen en secciones mediante elementos de corte. Otorgan una mayor flexibilidad en el funcionamiento de la estación razón por la cual brindan seguridad en las maniobras de mantenimiento.

Ventajas. Este tipo de subestación asegura mayor continuidad en el servicio facilitando los trabajos de mantenimiento y vigilancia además el sistema está en capacidad de funcionar con dos fuentes diferentes de alimentación, en caso de una avería en las barras solo se requiere dejar fuera de servicio la seccionadora afectada.

Inconvenientes. Las salidas de una seccionadora no se pueden transferir a otra, la avería en una sección de barras obliga a una reducción del suministro de energía eléctrica, el diseño de las protecciones resulta más complejo.

Figura 12

Subestación de Barra Simple Partida



Fuente proyecto Universidad de Valladolid González Sancho, Eladio

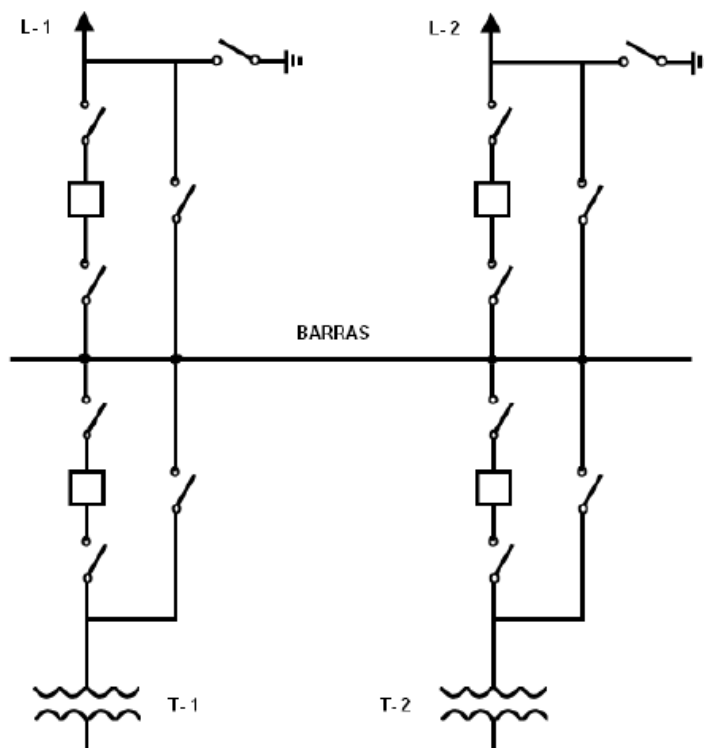
Barras simples con by-pass. Este tipo de configuración consiste en añadir al tipo barra simple una seccionadora por cada línea en derivación, de esta manera se evitan los inconvenientes que resultan de poner fuera de servicio las líneas de salida para trabajos de mantenimiento.

Ventajas. Las líneas de salida pueden seguir en funcionamiento mientras se realizan los trabajos de revisión y reparación de los equipos de corte.

Inconvenientes. Si se produce una avería en la línea en el proceso de mantenimiento, provoca una desconexión simultánea de los elementos de corte en todas las líneas restantes.

Figura 13

Subestación Barras Simples con By-pass



Fuente diseño propio

Entorno de programación

LabVIEW

LabVIEW es una herramienta de programación gráfica con un lenguaje de programación basado en bloques y a la vez un entorno de programación gráfica amigable con el usuario. en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla este programa permite un acercamiento real al entorno de usuario de una subestación eléctrica teniendo en cuenta que hoy en día estos equipos están siendo controlados por el sistema scada (Maria Pérez Galdos, 2020), el cual tiene un entorno gráfico similar al escogido para la elaboración del proyecto.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual, es de fácil comprensión su lenguaje orientado a objetos permite programar por medio de bloques los requerimientos del sistema para el montaje de la subestación de barra simple, además cuenta con un entorno gráfico que permite simular el diagrama unifilar de la subestación facilitando el reconocimiento de los componentes que la integran.

Aplicaciones de LabVIEW. esta herramienta de programación tiene múltiples aplicaciones en el análisis automatizado y plataformas de medida se usa como test de validación, mecánico, de campo portátil, de radio frecuencia y comunicaciones, de banco de pruebas y de factibilidad en tiempo real, también es usado para adquisición de datos e imágenes.

En medidas industriales y plataformas de control es usado para test de control integrado, automatización de máquinas y visión artificial.

Otras de las aplicaciones de LabVIEW son, la monitorización distribuida y control de condiciones de máquina, control de potencia, diseño embebido y plataforma de prototipaje, diseño y análisis de sistemas empotrados, diseño de filtros digitales y diseño de algoritmos.

Características principales de LabVIEW

Intuitivo lenguaje de programación, herramientas de desarrollo y librerías de alto nivel específicas para aplicaciones, cientos de funciones para E/S, control, análisis y presentación de datos, posibilidad de crear aplicaciones de medida genéricas sin programación, depuración gráfica integrada y control del código fuente, miles de programas de ejemplo, tanto en el software como por web, Ayuda contextual integrada y extensos tutoriales (Cantabria, 2020).

VI Packet Manager de LabVIEW

Es un paquete de librerías y aplicaciones proporcionado por la Nacional Instruments, disponible para todas las versiones de LabVIEW que permite incorporar al lenguaje de programación los recursos necesarios para comunicar los periféricos de salida o en el caso del módulo didáctico permite establecer la comunicación del programa con la tarjeta Arduino Uno.

Raspberry Pi 3B+

Es una tarjeta que cumple con las condiciones de un ordenador de tamaño reducido, para su manejo es necesario conectar periféricos como teclado, ratón y pantallas como la de un televisor por medio de su puerto HDMI, esta placa soporta varios componentes necesarios en un ordenador común, puede ser utilizado por muchas de las cosas que su PC de escritorio hace, como hojas de cálculo, procesadores de texto y juegos. También reproduce vídeo de alta definición.

Este proyecto fue ideado en 2006 pero no fue lanzado al mercado febrero de 2012. Ha sido desarrollado por un grupo de la Universidad de Cambridge (Cristobal, 2015) y su misión es fomentar la enseñanza de las ciencias de la computación en los niños.

La placa está compuesta por varios puertos y entradas, dos USB, uno de Ethernet y salida HDMI. Estos puertos permiten conectar la placa otros dispositivos, teclados, ratones y pantallas.

Placa Arduino Uno

La (figura 14), muestra la placa de desarrollo Arduino Uno, la cual es un sistema embebido de software libre que consta de un puerto de entrada tipo serial y cuenta con salidas digitales y análogas, su alimentación se puede realizar por cable USB conectado a un equipo de cómputo o por medio de un cargador de 5 Voltios corriente directa, tiene integrado un microcontrolador tipo ATmega328 (Diaz, 2016), que permite almacenar los programas que se desarrollen ya sea en si lenguaje nativo C, o en cualquier lenguaje de programación compatible con esta tarjeta como es el caso de LabVIEW para esta proyecto, se establece esta placa como alternativa de solución al inconveniente presentado en la implementación de la placa Raspberry Pi 3 B+, en cuanto a compatibilidad con el entorno de programación LabVIEW versión 2018.

Figura 14

Placa Arduino Uno



Fuente diseño propio

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios (Arduino, 2016).

Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador, facilitando la programación, manejo y conexión a los estudiantes de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca.

Los microcontroladores están presentes en muchas aplicaciones del sector industrial, usan los sensores para escuchar el mundo físico y los actuadores para interactuar con el mundo físico (EcuRed, 2019).

Los microcontroladores leen de los sensores y escriben sobre los actuadores.

El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador generalmente Atmel AVR con puertos de comunicación y puertos de entrada/salida.

Los microcontroladores más usados en las plataformas Arduino son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez, pero se está ampliando a microcontroladores Atmel con arquitectura ARM de 32 bits y también a microcontroladores de Intel.

Por otro lado Arduino proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de Arduino, para efectos del proyecto Arduino Uno, se comporta como una tarjeta de control la cual por las características del lenguaje de programación en LabVIEW no requiere de lenguaje original de Arduino, la comunicación se efectúa en bloques por el entorno gráfico de LabVIEW, el cual permite que la tarjeta controle sus puertos de salida.

Usos de la placa Arduino

Arduino se puede utilizar para crear elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software, sirve para controlar un elemento, por ejemplo, el control del servomotor que utiliza el modelo físico del proyecto donde su movimiento es controlado por la tarjeta, pero programado por un bloque de LabVIEW.

Con Arduino es posible automatizar cualquier cosa para hacer agentes autónomos, para controlar luces y dispositivos, o cualquier otra cosa que se pueda imaginar, es posible optar por

una solución basada en Arduino, especialmente en desarrollos de dispositivos conectados a Internet.

Arduino es una tecnología que tiene una rápida curva de aprendizaje con básicos conocimientos de programación y electrónica, que permite desarrollar proyectos en el ámbito de las smart cities, el Internet de las cosas, dispositivos wearables, salud, ocio, educación, robótica, etc. (Arduino, 2016)

Planeación

En esta fase del proyecto se aplicó el método exploratorio teniendo en cuenta que existe poca información documentada en cuanto al diseño del proyecto, se aborda una investigación de tipo exploratorio el cual nos permite examinar un tema o problema de investigación poco estudiado (Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, María del Pilar Baptista Lucio, 2006).

De la anterior metodología se empleó la acción de contacto directo con la problemática a estudiar (Cauas, 2015), donde se podrá determinar de forma presencial el problema que permitirá el desarrollo del presente proyecto

Técnicas de recolección de la Información.

En esta técnica se emplearon dos métodos, visita de campo e inspección física, que sirvieron para recolectar información relacionada con generalidades técnicas de ambiente de formación de la institución, disponibilidad de materiales y recursos, además se verificó la resolución de funcionamiento otorgada por el ministerio de educación, para determinar el carácter técnico de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca.

Visita de campo

En la fase de planeación (FP1) se establece el estudio del estado del arte la observación configura una de las técnicas más habitualmente usadas en la investigación, pero al igual que otras estrategias, emplea instrumentos propios para el registro de los datos.

En la visita realizada a las instalaciones de la Institución Educativa Politécnico Francisco de Paula Santander, se pudo identificar que por tratarse de una institución pública de carácter técnico según resolución No 03004-09-04-2014 del Ministerio de Educación, está en la capacidad de promover las áreas de electricidad y electrónica, además cuenta con los ambientes requeridos para lograr los objetivos de la formación técnica derivada de su plan de área y del convenio establecido con el SENA, en el programa de articulación con la educación media doble titulación.

La institución educativa cada año alterna los programas de formación como son técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales y técnico en construcción y montaje de instalaciones eléctricas, la formación inicia con los estudiantes en el grado décimo y culmina en grado once, garantizando así el total de horas programadas en cada programa de formación impartidos por el SENA.

Las razones expresadas anteriormente permiten que la implementación del módulo educativo sea pertinente para el complemento de la formación profesional integral de los estudiantes de la institución educativa (IE) en el manejo y operación de subestaciones eléctricas de tipo barra simple.

Inspección física

La inspección realizada de la institución educativa Politécnico del Tambo Cauca permitió establecer que el módulo didáctico se desarrolla como una subestación de barra simple,

tendiendo en cuenta que este tipo configuración hace parte de la subestación eléctrica que se encuentra en operación en este municipio y facilita a los aprendices el reconocimiento real de los equipos que la componen ya que de cierta manera se puede observar desde la parte externa del enmallado de la subestación Tambo, estos elementos, por otra parte la institución educativa Politécnico dicta competencias relacionadas con el campo eléctrico y adecuación de redes eléctricas que están contemplados en la norma NTC2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998) y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE (Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2018).

En observaciones realizadas se pudo determinar que el SENA ofrece programas técnicos y tecnológicos donde una de sus competencias es el manejo y operación de subestaciones eléctricas, sin embargo, la formación en esta competencia en el departamento del Cauca se da sin tener un módulo didáctico que permita un acercamiento de los aprendices y estudiantes de instituciones educativas con el entorno real de una subestación eléctrica de barra simple, razón por la cual el reconocimiento físico de este hecho ha permitido llevar a cabo este proyecto.

Estado del arte

El trabajo investigativo en esta etapa del proyecto conlleva a la lectura de artículos científicos que permiten identificar claramente el estado del arte de una subestación de barra simple contemplado en la fase de planeación (FP1).

Constantemente aparecen en publicaciones, en libros o en bases de datos, en la (figura 15) se muestran algún artículos que sirvieron de base para el desarrollo del estado del arte de una subestación de tipo barra simple, de ellos se obtuvo información histórica relacionada con la evolución de las centrales eléctricas o subestaciones eléctricas donde se describen también los

cambios que han tenido algunos de los equipos eléctricos más representativos en el sector de la transformación y distribución de la energía eléctrica.

Figura 15

Fuentes Bibliográficas Estado del Arte Subestación Eléctrica



Fuente diseño propio

El trabajo investigativo en esta etapa del proyecto conlleva a la lectura de artículos científicos que constantemente aparecen en publicaciones, en libros o en bases de datos, en la (figura 15) se muestran algunos artículos que sirvieron de base para el desarrollo del estado del arte de una subestación de tipo barra simple, de ellos se obtuvo información histórica relacionada con la evolución de las centrales eléctricas o subestaciones eléctricas donde se describen también los cambios que han tenido algunos de los equipos eléctricos más representativos en el sector de la transformación y distribución de la energía eléctrica.

Antecedentes Históricos. (Hans-Erik Olovsson, 2008) la empresa ABB que resultó de la función de la empresa sueca Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) creada el 18

de noviembre de 1980 y la empresa Brown, Boveri & Cie fundada en Baden (Suiza) en 1891 por Charles Eugene Lancelot Brown y Walter Boveri, fabricó su primera subestación hace unos cien años, para ese entonces no se tenía el concepto de como serían los componentes eléctricos y equipos utilizados hoy en día por las subestaciones electricas. En aquella época, los interruptores eran voluminosos y complicados, y exigían supervisión constante y maniobras directas por parte del operador de la subestación, su mantenimiento también representaban constantes monitoreo, para el siglo XX se centró en el desarrollo de nuevas tecnologías que aumentan la capacidad, la disponibilidad y reducirían el mantenimiento, también se redujo el tamaño y la velocidad de operación, empieza a conocerse el término de automatización que es el eje fundamental de la realización del proyecto, algunos de estos avances e innovaciones condujeron al lanzamiento para el año 1960 de la equipos con aislamiento a gas (GIS por sus siglas en inglés). Estos equipos pequeños y compactos redujeron las dimensiones de una subestación convencional aislada en aire (AIS) en casi un 90 %.

Para 1970, la protección electromecánica convencional fue sustituida por la protección estática (amplificadores operativos), y las innovaciones posteriores han dado lugar a los sistemas actuales de control numérico y protección, que contienen numerosas funciones y tareas que permiten la comunicación con otros sistemas por medio de tecnología digital.

Desde hace algún tiempo, las compañías eléctricas pueden manejar y controlar a distancia las subestaciones sin necesidad de mantener personal en las instalaciones, lo que permite garantizar mayor operatividad de los equipos, eficiencia en la conversión y distribución de la energía eléctrica, y la protección de la integridad física del operador de subestaciones siendo esta última una de las justificaciones para la elaboración del proyecto.

La historia está marcada por una serie de grandes inventos que han sobresalido en la sociedad (Hidalgo, 2013), en Colombia el campo de la generación de energía y el trabajo de las subestaciones eléctricas ha sufrido grandes cambios que han permitido hoy en día ver grandes proyectos de generación y distribución encontrando en operación diversos tipos de subestaciones eléctricas a lo largo y ancho del país, el estudio de la historia permitió determinar la importancia de diseñar el módulo didáctico teniendo en cuenta que el tipo de subestación de barra simple seleccionado para el proyecto está presente en todo los tipos de subestaciones actuando como base fundamental para el diseño y adecuación de los diferentes tipos de subestaciones eléctricas.

Hace alrededor de 130 años, se llevó a cabo una gran revolución técnica (SectorElectricidad, 2015). Esa revolución dio inicio cuando Thomas Edison y Nikola Tesla (apoyado por George Westinghouse), se preguntaban si los sistemas de transmisión del futuro serían en corriente directa (DC) o corriente alterna (AC).

Las primeras instalaciones eléctricas eran locales, los lugares de generación y consumo estaban separados solo a unos pocos kilómetros de distancia, las conexiones en corriente directa (DC), desde los generadores hidroeléctricos a vapor hasta los consumidores finales, estaban en el rango de los cientos de voltios. A principios de la década de 1880, Edison Illuminating Company suministraba energía a 59 clientes del Bajo Manhattan, con electricidad a 110 Voltios DC. Pero la demanda de energía de las ciudades de rápido crecimiento y los centros industriales reclamaban un aumento en la capacidad de transmisión de energía.

El pequeño generador hidroeléctrico a vapor ya no era suficiente y se tuvieron que crear centrales eléctricas más grandes lejos de las ciudades. Los niveles de tensión tuvieron que ser aumentados para mantener las corrientes nominales en las líneas de alta tensión (ahora media tensión) y de esta forma reducir las pérdidas y la caída de tensión. Este fue el momento del

nacimiento de un nuevo componente en el sistema eléctrico denominado transformador de potencia.

De lo anterior se establece que el proceso de generación de la energía eléctrica se realiza en corriente alterna (AC), es transformada y distribuida en niveles de tensión menores por las subestaciones eléctricas y entregadas a pequeñas estaciones transformadoras reductoras como son los transformadores que comúnmente se observan en las calles, de esta manera el proyecto apunta a que los aprendices reciban la formación que les permita alcanzar los resultados de aprendizaje derivado de los programas de formación del SENA, logrando entender e interpretar el manejo automatizado de una subestación eléctrica de barra simple la cual es la base de toda subestación eléctrica que se encuentra hoy en día en funcionamiento en el país.

Componentes del sistema



En la fase de planeación (FP2), se establece determinar los componentes del sistema, en la (tabla 2 y 3), se muestran los materiales utilizados y la descripción de cada uno de los elementos usados en el diseño e implementación del modelo físico, de igual forma se muestra las imágenes de cada uno de los elementos.

Tabla 2



Materiales del Diseño Físico

Elemento	Descripción	Imagen
-----------------	--------------------	---------------

Torres de transmisión	<p>Ángulo de aluminio de ½”, Se elaboran las torres que soportan las líneas de distribución, los dispositivos de protección contra sobre corrientes (DPS), los transformadores de corriente (TC), seccionadoras e interruptores de línea, utilizando ángulos de aluminio unidos con remaches.</p>	
Interruptores	<p>Cápsulas de Inyección Somatropina de 10mg, esta cápsula se compone de un alma de vidrio giratorio recubierta en plástico, se usó para este elemento la parte plástica de la cápsula y en el interior tiene una conexión con cable jumper que permite el cierre y apertura del interruptor de forma física, en sus extremos tiene un conector tipo ojo que permite conectar las líneas de energía en la maqueta.</p>	
Dispositivo de protección contra sobre corrientes (DPS)	<p>Botones de costura de cuatro ojos, se emplearon estos botones para simular la estructura física de este dispositivo, se apilaron y se conectaron con remaches metálicos para permitir el paso de la corriente.</p>	

<p>Trasformador de corriente (TC) y potencial (TP)</p>	<p>Cubos plásticos terminales de mesas metálicas cuadradas de $\frac{1}{2}$" y $\frac{3}{4}$" para simular estos dispositivos de forma física, se interconectaron con remaches metálicos</p>	
<p>Seccionadoras</p>	<p>Cápsulas de Inyección Somatropina de 10mg, se utilizó la cápsula completa, el alma de vidrio giratorio permite el movimiento de la seccionadora para realizar el cierre y apertura simulando un seccionador de columna giratoria, se ajustan las tres cápsulas sobre una estructura de aluminio remachada, se utilizan pequeñas láminas de aluminio para simular las cuchillas de corte de la seccionadora, el movimiento de las tres cuchillas unidas con pinzas de alambre galvanizado es realizado por el servomotor</p>	

<p>Cabinas de control interruptores</p>	<p>Madera MDF de tres milímetros (3mm), leds indicadores y pulsadores normalmente abiertos (NA), esta cabina representa los interruptores ubicados en la caseta de control permiten el cierre y apertura automatizado de las salidas a las zonas urbana, rural y auxiliares en la parte posterior tienen ubicados un interruptor pulsador normalmente abierto (NA), que permite la apertura de los circuitos cuando se desplaza el gabinete.</p>	
<p>Enmallado de seguridad</p>	<p>Icopor, graniplast textura y malla metálica, esta composición de materiales permitió darle el aspecto de enrejado de toda la subestación</p>	
<p>Carcasa del transformador de potencia</p>	<p>Madera MDF de tres milímetros (3mm), con la madera se realiza el encapsulado para simular el transformador de potencia el cual está ubicado en la parte externa o patio de equipos</p>	
<p>Sistema de Ventilación del transformador de potencia</p>	<p>Ventilador de fuente de computador de 12 voltios corriente directa (DC), se extrae el ventilador de una fuente de poder dañada de computador para simular los ventiladores que</p>	

	tiene los transformadores de potencia y permiten su refrigeración	
Sistema de enfriamiento o refrigeración del transformador de potencia	Tarro plástico de acrílico de 116cc, se realiza la simulación física del tanque de refrigeración que se encuentra en la parte superior del transformador de potencia.	
Torre de salida zonas urbana y rural	Madera MDF de nueve milímetros (9mm), con estos bloques de madera se simularon las torres de distribución hacia las zonas rural y urbana en la cual se encuentra un led indicador para cuando el circuito se encuentra energizado	

Fuente elaboración propia

Materiales Eléctricos y Electrónicos

Se realiza una descripción de los materiales y componentes más relevantes en la elaboración del modelo físico y se ilustra con la imagen de cada elemento utilizado.

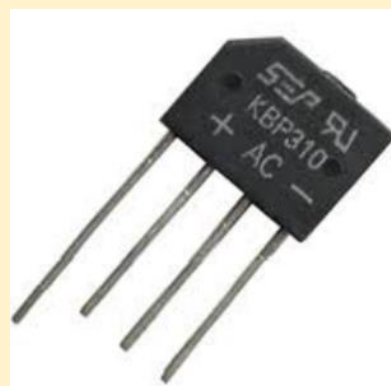
Tabla 3*Materiales Eléctricos y Electrónicos*

Descripción del elemento	Imagen
<p>Micro pulsador. Componente electrónico que permite por medio de un pulso manual dar paso a la corriente eléctrica y se desactiva una vez se quita la presión sobre el elemento.</p>	
<p>Cable jumper. Son conductores que poseen un terminal en cada extremo permitiendo cerrar el circuito eléctrico del que forma parte dos conexiones, existen jumper de tipo macho-hembra (MH), macho-macho (MM) y hembra-hembra (HH).</p>	
<p>Módulo relé. Dispositivo electrónico que permite la comunicación con cargas de potencia. Soporta todos los microcontroladores, aplicaciones en zonas industriales, control del PLC, entre otros, para el proyecto se emplearon dos tipos, bloque de relé de 4 y bloque de relé de 2, como se muestra en la imagen.</p>	

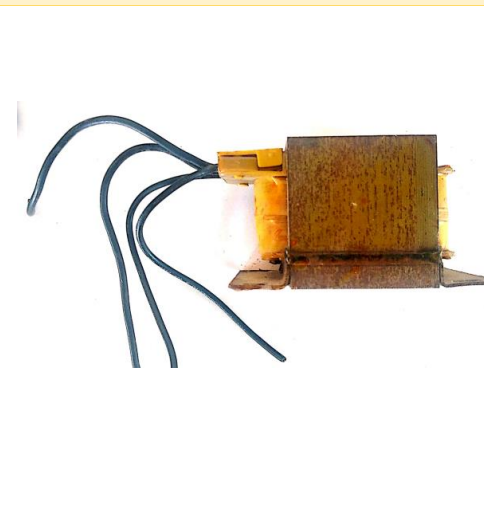
Micro servomotor. Es un actuador rotativo que permite un control preciso en términos de posición angular, aceleración y velocidad, para el proyecto se emplearon dos de referencia Tower Pro MG90S.



Puente de diodos. Dispositivo electrónico fabricado con una combinación de cuatro diodos compacto que permite realizar la conversión de voltaje de corriente alterna (AC) a corriente directa (DC) o viceversa, dependiendo de la conexión de entrada, para el proyecto se utilizaron dos, los cuales permiten cambiar el tipo de tensión que viaja sobre las redes del módulo físico y permite la alimentación de los relés para el control de dispositivos.



Transformador reductor. Dispositivo eléctrico bobinado que permite reducir los niveles de tensión de la red de servicio público a voltajes menores en corriente alterna, se utilizaron dos en el proyecto uno para representar el transformador de potencia de la subestación de barra simple y otro



representando las salidas de los circuitos auxiliares del modelo físico.

Amperímetro análogo de corriente continua

(DC). Dispositivo tipo reloj análogo que permite el registrar las corrientes de un circuito, su conexión se realiza en serie con el elemento a medir, en el proyecto su función es mostrar el paso de la corriente eléctrica a través de las líneas de distribución y equipos eléctricos de la subestación.



Voltímetro análogo de corriente continua

(DC). Dispositivo tipo reloj análogo que permite registrar la tensión que pasa por un circuito o elemento, su conexión se realiza en paralelo con respecto al elemento a medir, se emplea en el proyecto para diferenciar las tensiones que maneja la subestación en sus diferentes niveles.



Fuente diseño propio

Algoritmo de Programación

En el presenta apartado del proyecto se desarrolla el algoritmo de programación el cual hace parte de la fase de planeación (FP3), el programa LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench), es una plataforma que permite diseñar algoritmos con un lenguaje de programación visual gráfico. Generalmente se utiliza como software de pruebas, de control y diseño de sistemas industriales. En este trabajo se diseñó el algoritmo para formar un entorno gráfico, que permita tener en el panel frontal el diagrama unifilar de una subestación eléctrica de tipo barra simple con un diseño convencional que simbolice los equipos de cierre y apertura de los circuitos que componen la subestación, para ello el programa deberá responder a una serie de secuencias que el usuario del sistema debe activar en el panel frontal así:

Algoritmo secuencial

Inicio del sistema

Paso No 1 Pulsar botón barra 34.5KV

SI Se energiza la línea 1 y la seccionadora 1

NO verificar encendido del botón de barra 34.5 KV, repetir paso No 1

Paso No 2 Digite (45) en el control de Angulo de la seccionadora de línea

SI Se estable el valor en el control de ángulo de la seccionadora de línea

NO Repetir el paso No 2

Paso No 3 Pulsar botón seccionadora No 1

SI Energiza Línea 2 34.5 e Interruptor 1

NO Verifique encendido del botón de seccionador 1, repetir paso No 3

Paso No 4 Pulsar botón interruptor 1

SI Energiza línea 3 de 34.5 y seccionador 2

NO Verifique encendido del botón interruptor 1, repetir paso No 4

Paso No 5 Digite (45°) en el control de ángulo seccionadora de barra

SI Se establece el Valor en el control de ángulo de la seccionadora de barra

NO Verifique configuración de ángulo de 45°, repetir paso No 5

Paso No 6 Pulsar botón seccionador 2

SI Energiza línea 4 de 34.5, transformador, línea 1 de 13.2 interruptor de barra 1 13.2KV

NO Verifique encendido del botón seccionador 2, repetir paso No 6

Paso No 7 Pulsar botón interruptor 1 de 13.2 KV

SI Energiza barraje de 13.2 KV, líneas generales 1, 2 y 3, interruptor líneas auxiliares, zona urbana y zona rural

NO Verifique encendido del botón interruptor 1 de 13.2 KV, repetir paso No 7

Paso No 8 Pulse interruptor 13.2KV zona auxiliar

SI Enciende el indicador carga zona auxiliar

NO repetir paso No 8

Paso No 9 Pulse interruptor 13.2KV zona rula

SI Enciende el indicador carga zona rural

NO repetir paso No 9

Paso No 10 Pulse interruptor 13.2KV línea urbana

SI Enciende el indicador carga zona urbana

NO repetir paso No 10

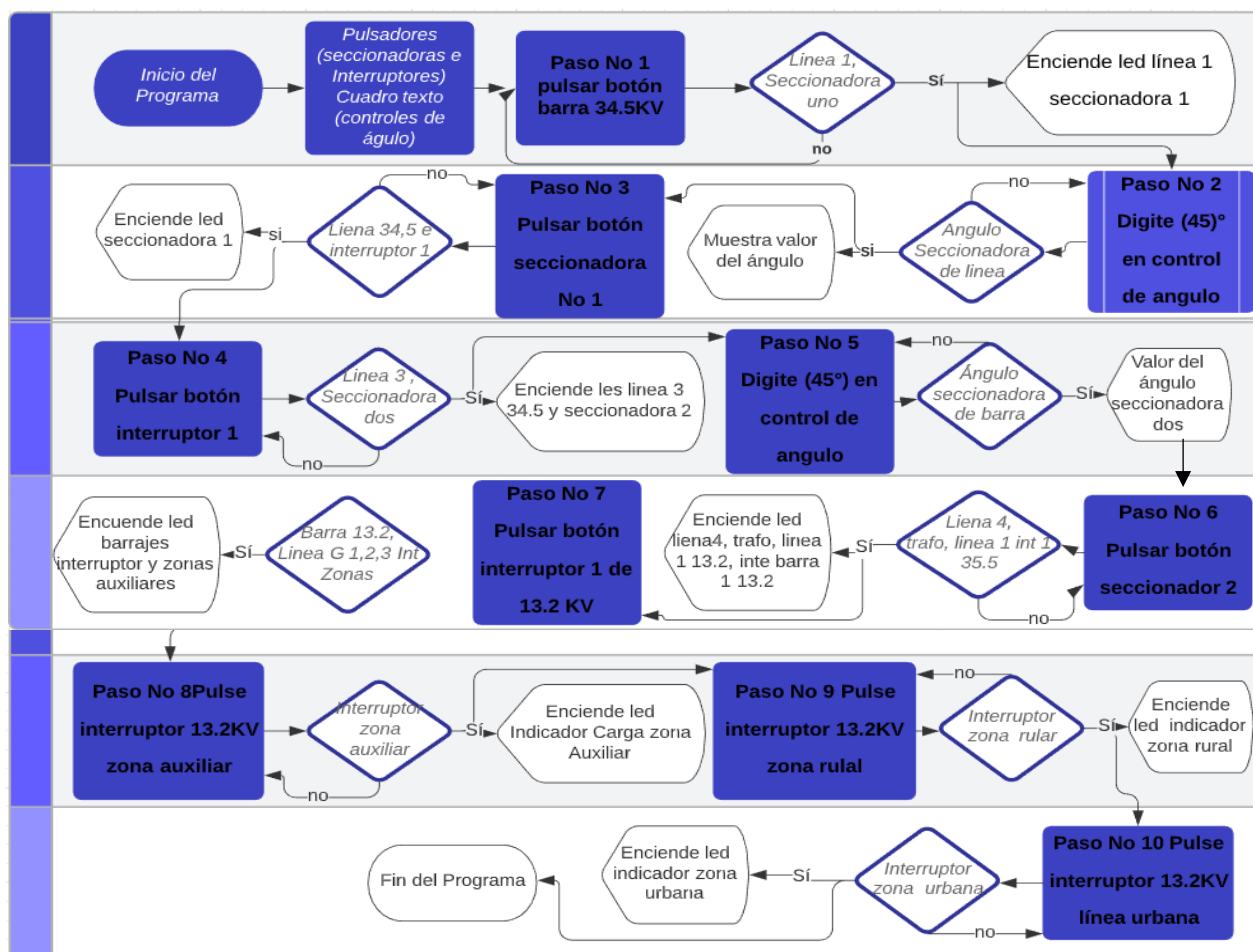
Fin del Proceso

Diagrama de flujo panorámico

En la (figura 16), se muestra la representación del algoritmo secuencial en un diagrama de flujo, considerando que el modelo panorámico permiten ver el proceso entero en una sola hoja, usando el modelo vertical y el horizontal, Los diagramas de flujo son un mecanismo de control y descripción de procesos, que permiten una mayor organización, evaluación o replanteamiento de secuencias de actividades y procesos de distinta índole, dado que son versátiles y sencillos (Raffino, 2020).

Figura 16

Diagrama de Flujo del Sistema



Fuentes diseño propio

Sistema Embebido

En la propuesta inicial de proyecto de la fase de planeación (FP4), se estableció realizar la comunicación de LabVIEW con la placa Raspberry Pi 3B+, pero después de varias pruebas de comunicación realizadas con la tarjeta y el lenguaje de programación LabVIEW versión 2018, se pudo identificar que no eran compatibles, en el momento la versión compatible para los controladores de esta tarjeta es LabVIEW 2014, por esta razón se decide cambiar la placa por la tarjeta Arduino Uno, convirtiéndose en alternativa de solución.

A continuación, se describen las justificaciones para el cambio de sistema embebido

Justificación técnica

El lenguaje de programación inicialmente fue diseñado en la versión LabVIEW 2018, la cual permite programación en bloques, realizando investigación preliminar y pruebas se pudo comprobar que la tarjeta Raspberry Pi3B+, no es compatible con esta versión, la versión compatible es la 2014 lo que implicaba diseñar nuevamente la programación en bloques para poder establecer la conexión, razón por la cual se decide utilizar la placa Arduino Uno.

Justificación presupuestal

Es de tener en cuenta que la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del tambo cuenta con la tarjeta Raspberry pi 3 B+, su costo en el mercado oscila entre \$250.000 a 350.000 pesos m/cte, mientras que una tarjeta Arduino uno su costo promedio esta entre \$25.000 a 35.000 pesos m/cte, lo que implica que es más factible la utilización de esta última para los proyectos que se elaboren a futuro con los aprendices de la institución educativa en convenio con el SENA, además la intención y el alcance del proyecto es poder diseñar otros modelos que conserven parte de la arquitectura del proyecto.

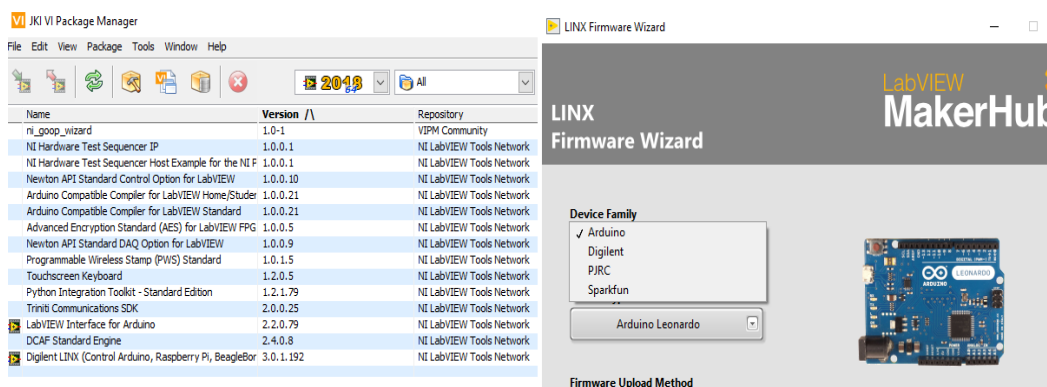
Justificación operacional y de programación

El lenguaje de programación LabVIEW 2018, permite fácil conectividad con la tarjeta Arduino y su programación se establece por medio de bloques mientras que con raspberry pi para esta versión no se encontraron protocolos de comunicación dentro del paquete de utilidades de LabVIEW los cuales se cargan por medio del VI Package Manager, esta herramienta solo cuenta con comunicación con tarjetas Arduino, Digilent, PJRC y Soarkfun.

Para este proyecto se utilizaron los puertos de comunicación COM por medio de USB, sin embargo, para futuras aplicaciones estos dos elementos permiten conexión Wifi y bluetooth, en la (figura 17) se muestra la herramienta VI Package Manager y su componente instalado dentro del entorno de programación de LabVIEW LINX MakerHub, donde se evidencian las tarjetas compatibles con esta versión.

Figura 17

Sistemas Embebidos Compatibles con LabVIEW 2018



Fuente diseño propio

Justificación por logística y adquisición de materiales

Debido a la contingencia ocasionada por la Covid 19, la institución educativa cerró sus puertas desde el mes de marzo de 2020, los materiales que fueron aprobados como suministro por la institución se encontraban en aprobación de presupuesto por parte de la secretaría de educación departamental, los materiales que se encontraban físicos en la institución, no fue

posible recogerlos a causa de la pandemia, por tal razón el prototipo elaborado para este proyecto fue financiado con recursos propios incluyendo la tarjeta Arduino Uno como alternativa de solución.

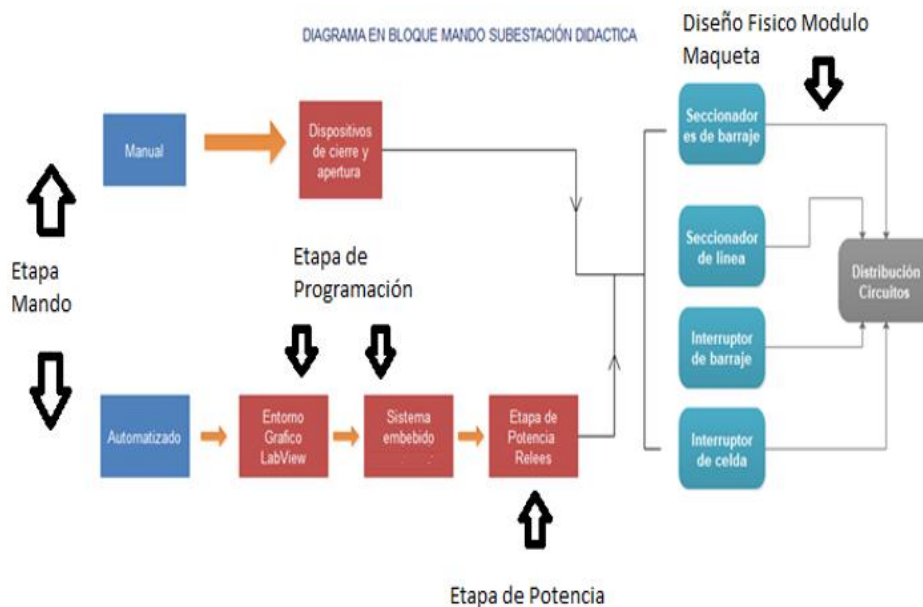
Diseño y Montaje

Diagrama de Bloques

En este capítulo se inició la fase de diseño y montaje del proyecto (FDM1), en la (figura 18) se muestra el diagrama en bloques con la estructura del proyecto, donde se evidencia las etapas de diseño físico, incluyendo las etapas de programación, este diagrama permite identificar claramente la construcción del módulo didáctico, es importante resaltar que para la etapa de programación sistema embebido se utilizó la placa Arduino Uno.

Figura 18

Diagrama de Bloques



Fuente diseño propio

El diseño cuenta con las siguientes etapas:

Etapa de mando

En la cual se encuentra el mando manual que permite realizar las maniobras de cierre y apertura de los componentes eléctricos y electrónicos del módulo didáctico, este básicamente está compuesto por interruptores tipo suiche de dos posiciones ubicados en los interruptores representados en las estructuras o torres del patio de equipos y micro pulsadores normalmente abiertos (NA), ubicados en los interruptores representados en la caseta de control encargados del cierre y apertura de las zonas urbana, rural y auxiliares.

Etapa de programación

En esta etapa se abarca el diseño del entorno gráfico, programación y control de la tarjeta Arduino Uno.

En el diseño se encuentra el diagrama de la subestación en LabVIEW entorno del usuario y entorno de diseño en bloques de la programación, la programación de la tarjeta Arduino Uno se establece por medio de un bloque característico de LabVIEW que permite la comunicación por medio de puerto COM USB, para la ejecución de esta etapa del proyecto se utilizó la herramienta VI Package Manager (VIPM),(Instruments, 2020) la cual permite implementar un proceso de reutilización de código, VIPM le permite administrar y compartir VIS reutilizables fácilmente en múltiples proyectos, El VI Package Manager es una aplicación de LabVIEW que se utiliza para descargar Add-ons (complementos) en nuestro entorno.

Además, se utilizó la aplicación NI Package Manager, la cual para el desarrollo de este proyecto permitió instalar las librerías de Arduino entornos de comunicación por medio de la utilización de la herramienta del programa LabVIEW Maker Hub_Linx_Linkx Firmware_Wizard.

Etapa de potencia

En esta etapa se incorporaron los elementos eléctricos y electrónicos que permitieron el movimiento físico de las seccionadores e interruptores del módulo (maqueta), además estarán integrados los componentes físicos como son servomotores, relés bloques de conexión y cableado.

Diseño del Modelo Físico

En la (figura 19), se muestra el diseño completo del prototipo, los acabados se componen de pinturas acrílicas, texturas, marcaciones de seguridad, modelado de madera e icopor, para realizar las conexiones de los elementos electrónicos con la tarjeta Arduino Uno se empleó cable UTP, soldadura electrónica tipo estaño, las partes de la maqueta están sujetas con tornillos tipo driwall de 1", silicona caliente, remaches metálicos y pegante auto soldable.

Figura 19

Modelo Físico Subestación Eléctrica Barra Simple



Nota. Maqueta diseñada de una subestación eléctrica tipo barra simple, fuente diseño propio.

Armado de torres

Para esta parte del modelo físico se utilizaron ángulos de $\frac{1}{2}$ pulgada de aluminio, se fabricaron dos torres de entrada donde se ubican los dispositivos de protección contra sobre corriente (DPS) y los transformadores de potencial (TP), esta torres representan la entrada de tensión proveniente de la planta generadora, cuentan con una altura de veintiocho centímetros (28cm), conformada por cuatro ángulos ajustados entre sí por pequeñas láminas sujetas con remaches metálicos, las dos torres están unidas por dos ángulos horizontales con una dimensión de treinta centímetros (30cm) cada uno (figura 20).

Figura 20

Estructuras Torres



Fuente diseño propio

Posteriormente se encuentran cuatro torres de igual tamaño sujetas con pequeñas láminas de aluminio y remaches metálicos, con una dimensión de catorce centímetros (14cm) de alto, por

cuatro centímetros (4cm) de ancho y una plataforma en aluminio y soportes de madera ubicadas de forma horizontal con una dimensión de veinte centímetros (20cm) por cuatro centímetros (4cm) de ancho, estas torres se encargan de soportar las seccionadoras, los transformadores de corriente y los interruptores de línea de 34.5 Kilo Voltios (KV).

Armado de seccionadoras

Para el armado de las dos seccionadoras de línea y barras se utilizaron dieciocho (18) cápsulas vacías de somatropina (este medicamento es una hormona de crecimiento), la cápsula está compuesta por un recubrimiento de plástico con un alma giratoria de vidrio lo que permitió simular una seccionadora de tipo columna giratoria, se ubicaron para cada seccionadora tres grupos de ellas conformados por tres (3) cada grupo, separados con una distancia de cuatro centímetros (4cm) entre grupo, cada una con uno de los grupos tiene una separación entre cápsulas de dos centímetros (2cm), para permitir la ubicación de las cuchillas seccionadoras las cuales se fabricaron con pequeñas láminas de aluminio.

En la cápsula ubicada en el centro de cada grupo se ubicó la lámina que gira por acción del alma de vidrio y en las dos de los extremos se ubicaron las láminas de contacto, el movimiento de las cuchillas se realiza por medio de palancas de alambre ubicadas en la parte inferior de la seccionadora y pegadas al alma de vidrio de las cápsulas ubicadas al centro de cada grupo las cuales actúan por efecto del servomotor instalado en cada seccionadora (figura 21).

Figura 21

Seccionadora



Fuente diseño propio

Armado del transformador de potencia

Para la elaboración de transformador de potencia se utilizó un transformador reductor el cual es alimentado por una tensión de 110 Voltios (V) en corriente alterna (AC), en su devanado primario con una salida en su devanado secundario de 12, 9 y 6 voltios en corriente alterna (AC), para poder alimentar las redes del prototipo y componentes electrónicos como los módulos relé, fue necesario transformar la corriente alterna en corriente directa, además esto permite garantizar la seguridad de los aprendices que manipulen el modelo físico, para esto se instalaron en las salidas del transformador dos puentes de diodos de referencia KBP310 (figura 22).

Figura 22

Transformador de Potencia 34.5KV - 13.2KV



Fuente diseño propio

Para dar el aspecto de un transformador real se realizó un recubrimiento en madera MDF de 3 milímetros con una dimensión de catorce centímetros (14cm) de ancho por quince centímetros (15cm) de largo y una altura de doce centímetros (12cm) con su respectiva tapa, al lado izquierdo y en frente se colocó una estructura metálica extraída de una fuente de potencia de un horno microondas dañado con el fin de dar aspecto del sistema de refrigeración, al lado derecho se instaló un ventilador de fuente de poder de computadora de mesa, la cual representa los ventiladores de enfriamiento del transformador, adicionalmente se complementa el sistema de refrigeración con la simulación de un tanque ubicado en la tapa superior, el cual se fabricó un

tarro plástico de pintura acrílica, por otra parte se ubicaron tres chazos plásticos de 5/16 pulgadas que representan los bushin de alta y tres chazos plásticos de 1/2 pulgada que representan los bushin de salida.

Armado de la caseta de control

El armado de la caseta de control consistió básicamente en dos estructuras de madera MDF de tres milímetros (3mm), la primera aloja los interruptores extraíbles ubicados dentro del cuarto de control de la subestación, el cajón principal tiene una dimensión de veinte centímetros (20cm) de largo por ocho centímetros (8cm) de ancho con una altura de doce centímetros (12cm), dentro de él se ubican tres gabinetes con una dimensión de seis centímetros (6cm) de largo por seis centímetro (6cm) de ancho y un alto de once centímetros (11cm), estos permiten el movimiento hacia afuera realizando la desconexión manual de las salidas de tensión hacia las zonas, esta estructuras tienen descubierta la parte superior para permitir la instalación de los led indicadores, dos por cada gabinete, los cual se encargan de señalar cuando el interruptor de cada zona (urbana, rural y auxiliares), se encuentra en funcionamiento, la conexión de estos pilotos se deriva de los bloques de relees instalados en las segunda estructura de la caseta de control, adicionalmente esta primera estructura en su parte posterior cuenta con tres láminas de aluminio de 1/2 pulgada las cuales representan las barras de alimentación que conducen la tensión hacia las tres zonas.

La segunda estructura en madera de la caseta de control tiene una dimensión de dos centímetros (2cm) de largo por nueve centímetros (9cm) de ancho y cinco centímetros (5cm) de alto, donde se alojan la tarjeta Arduino Uno, una barra de positivo y negativo extraída de una placa protoboart, dos módulos relé uno de cuatro (4) y otro de dos (2) y al frente dos orificios donde se instalaron los equipos de medición amperímetro y voltímetro (figura 23)

Figura 23*Caseta de Control*

Fuente diseño propio

Armado de la torre de salida zona urbana y rural

Para simular las salidas hacia las zonas urbana y rural se utilizó madera MDF de seis (6) milímetros para los soportes y dos tapas de madera MDF de 3 milímetros, la dimensión de la estructura es de cuatro centímetros (4cm) de ancho por siete centímetros (7cm) de largo y un alto de diez centímetros (10cm), en su parte frontal se instalaron dos aisladores de retención los cuales de fabricaron con botones de modistería sujetos con alambre galvanizado y en la parte superior de la estructura tiene instalado dos led piloto que indican cuando una de las zonas entra en funcionamiento (figura 24).

Figura 25*Líneas de Distribución*

Fuente diseño propio

Armado de muros y enmallado externo

Por último el prototipo cuenta con un enrejado o enmallado de protección exterior, simulando el enrejado de una subestación real, para la fabricación de los muros se utilizó lámina de icopor de cuatro (4) cm de ancho con una dimensión total del muro de tres metros veinte centímetro (3,20mts) de largo y una altura de siete centímetros y medio (7,5cm), en la parte superior a lo largo del muro se ubicó un enmallado fabricado con láminas de aluminio de ½ pulgada y malla tipo pentágono, se instalaron dos portones uno que permite el acceso hacia la caseta de control y el otro permite al acceso hacia el patio de operaciones de la subestación de tipo barra simple (figura 26).

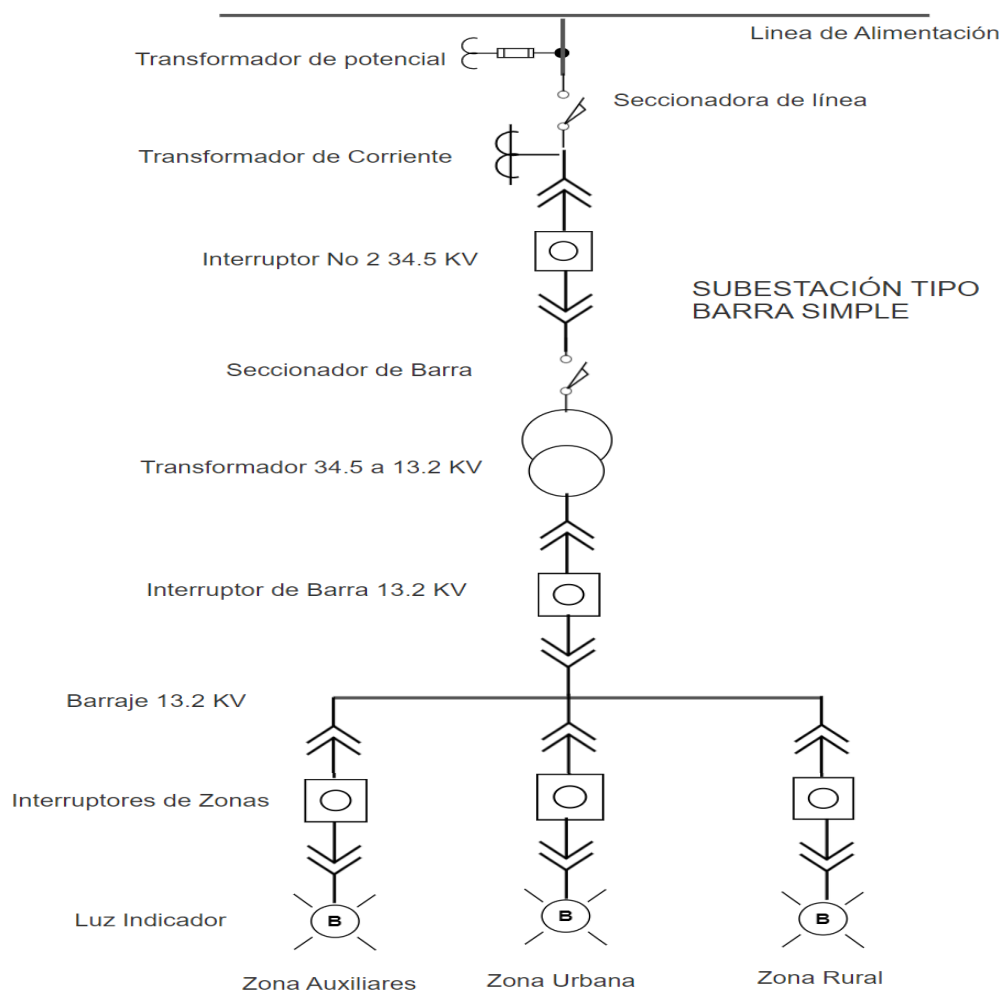
Figura 26*Muros y Enmallado Externo*

Fuente diseño propio

Con los pasos de armado expuestos anteriormente se logró que el prototipo tuviera el aspecto de una subestación, permitiendo el acercamiento con la realidad de los aprendices de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander del municipio del Tambo Cauca.

Diagrama Unifilar de la Subestación Eléctrica de Barra Simple

en la (figura 20) se muestra el diseño y estructura de la subestación de barra simple la cual hace parte de la fase de diseño y montaje (FDM3).

Figura 27*Diseño Diagrama Unifilar Subestación Barra Simple*

Fuente diseño propio

Para el desarrollo del diagrama unifilar de la subestación e barra simple se tuvo en cuenta el diagrama presentado en la (figura 11) capítulo 2 fundamentos teóricos página (45), de este proyecto, ya que en ella se establecen las partes principales que componen este tipo de subestación, además el diseño del diagrama unifilar se ajusta a parámetros y simbología técnica

utilizada en el sector eléctrico (Grupo EPM CHEC, 2014), la intención de este diagrama es establecer el modelo que se implementó en el entorno gráfico de usuario.

Entorno Gráfico

Para la elaboración del entorno gráfico se tiene en cuenta que en el mundo de la programación existen diversas herramientas que contienen diversos lenguajes de programación como son lenguaje máquina, lenguaje de programación de alto y bajo nivel, Java, programación en C, C++, C# y lenguajes orientados a objetos por medio de bloques de programación como es el caso de LabVIEW, para contextualizar se muestran algunas de las herramientas que contienen lenguajes de programación que pueden ser implementados en el proyecto y que para efectos del mismo se escoge LabVIEW, teniendo en cuenta que esta herramienta permite diseñar un entorno gráfico similar al utilizado en las subestación eléctricas las cuales son controladas con el sistema SCADA, además es de fácil manejo y comprensión para los aprendices que utilicen el módulo.

Herramientas

Dentro del conjunto de herramientas de programación se nombran algunas que pueden ser utilizadas para el desarrollo del módulo didáctico automatizado

- ✓ **Python.** Es un lenguaje de programación de código abierto, orientado a objetos, muy simple y fácil de entender. Tiene una sintaxis sencilla que cuenta con una vasta biblioteca de herramientas.
- ✓ **Gasp IV.** Es una colección de subrutinas FORTRAN, diseñadas para facilitar la simulación de secuencia de eventos y procesos.
- ✓ **Simscrip II.5.** Es un lenguaje de simulación con orientación al evento y al proceso, es híbrido porque posee facilidades para simulación de sistemas discretos y continuos.
- ✓ **Controlp.** Pueden simularse procesos en realimentación simple, en control en cascada y en

control en adelante (feedforward). Para cada uno de estos procesos, el programa facilita el diagrama de bloques de un sistema preconfigurado y totalmente operativo.

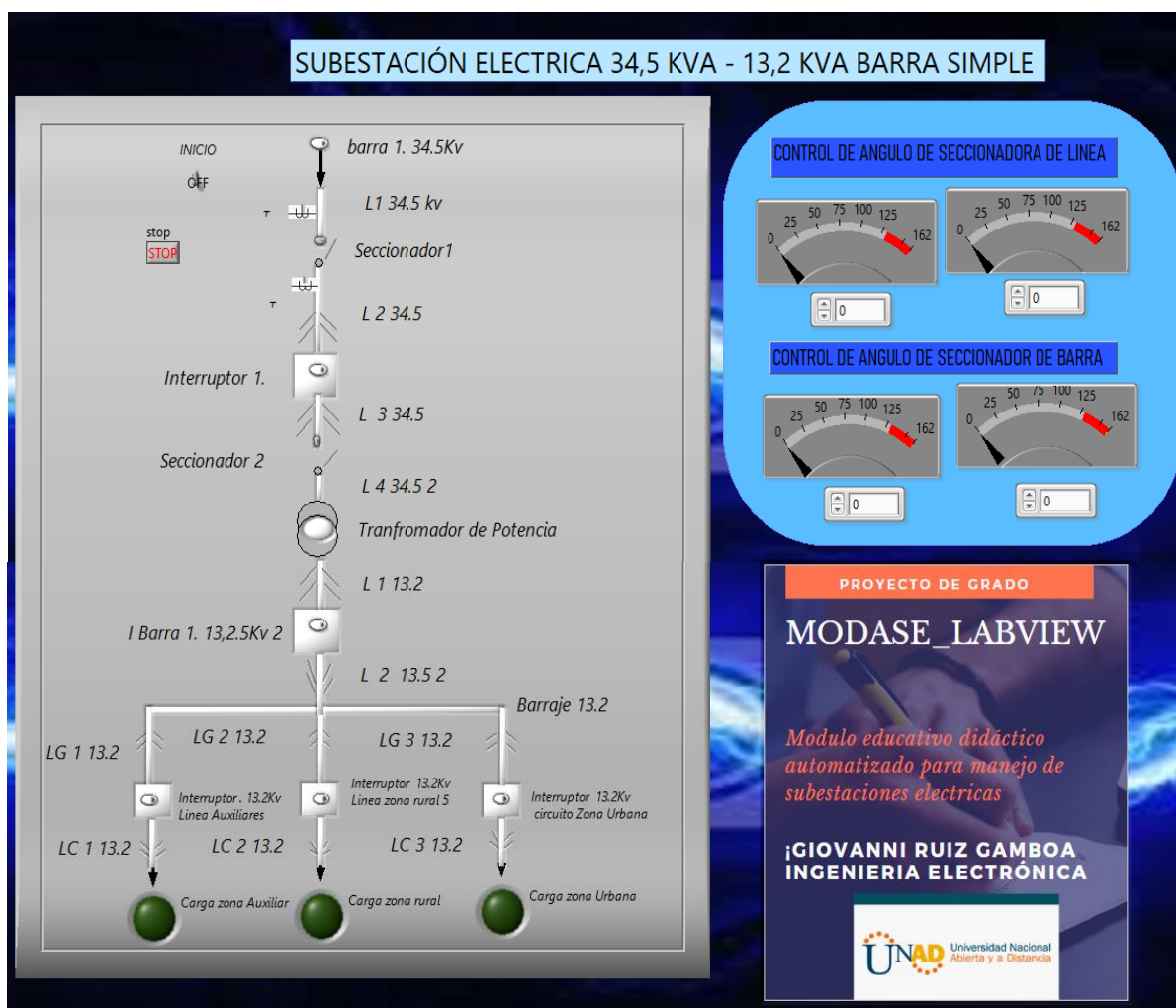
- ✓ **Promodel.** Permite simular cualquier tipo de sistemas ya sea manufactura, logística, manejo de materiales entre otros, también se pueden simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamblaje, corte talleres y logística.
- ✓ **LabVIEW.** es una herramienta de programación gráfica, es un lenguaje de programación basado en bloques y a la vez un entorno de programación gráfica amigable con el usuario.

Para el diseño del entorno gráfico se tuvieron en cuenta las herramientas de simulación antes expuestas seleccionado la herramienta LabVIEW ya que permite personalizar el diseño del entorno de usuario y dar un aspecto similar al programa utilizado por las subestaciones en tiempo real el cual está basado en el sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) (Maria Pérez Galdos, 2020).

En la (figura 21), se muestra el diseño gráfico de una subestación eléctrica de barra simple para niveles de tensión de 34.5 KV a 13.2 KV elaborado en LabVIEW, se representa el panel principal de operación donde el aprendiz realiza las prácticas de cierre y apertura de cada uno de los elementos que componen la subestación, además se observa la disposición del diagrama unifilar de la subestación de barra simple, que permite reconocer fácilmente la relación del programa con el modelo físico.

Figura 28

Entorno de Usuario Subestación Eléctrica Tipo Barra Simple



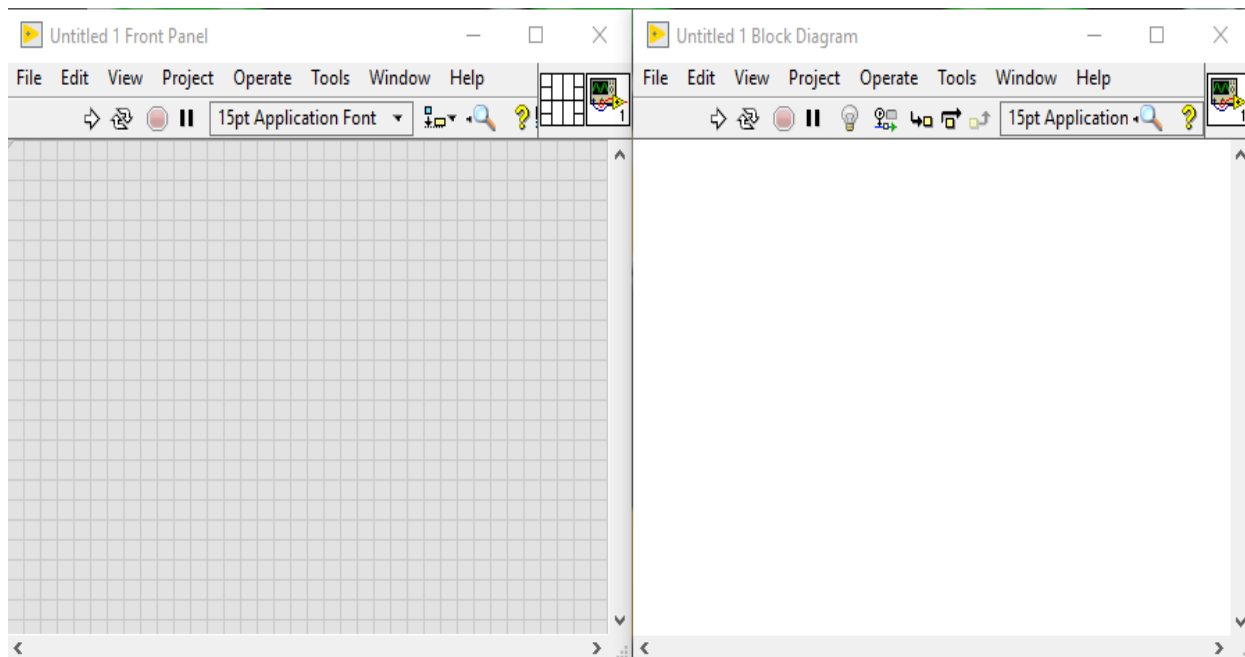
Nota. Entorno gráfico representación del diagrama unifilar de la subestación de barra simple, fuente diseño propio

Programación

En esta parte del diseño que corresponde a la fase de diseño y montaje (FDM6), se elabora la programación orientada a objetos por medio de los bloques que proporcionan el programa LabVIEW 2018, en la (figura 22) se muestra el diseño completo de los bloques que

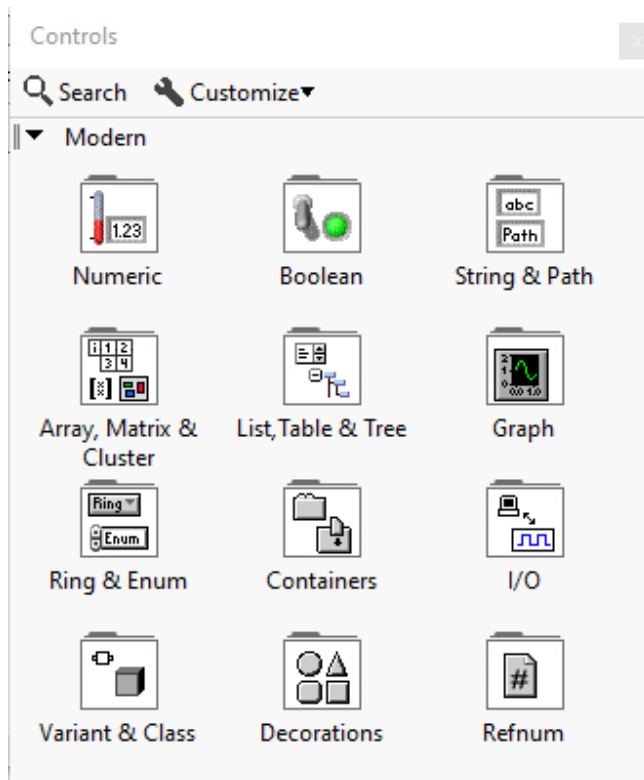
Figura 30

Panel Frontal y Diagrama de Bloques



Fuente diseño propio

Continuando con los componentes básicos de LabVIEW, es importante mencionar que cuenta con una paleta de controles (figura 31), la cual se utiliza para crear el diseño en el panel frontal, se accede a ella al seleccionar la herramienta View, ubicada en el panel frontal y luego controls palette en el menú desplegable o dando clic derecho sobre el escritorio del panel frontal.

Figura 31*Paleta de Controles*

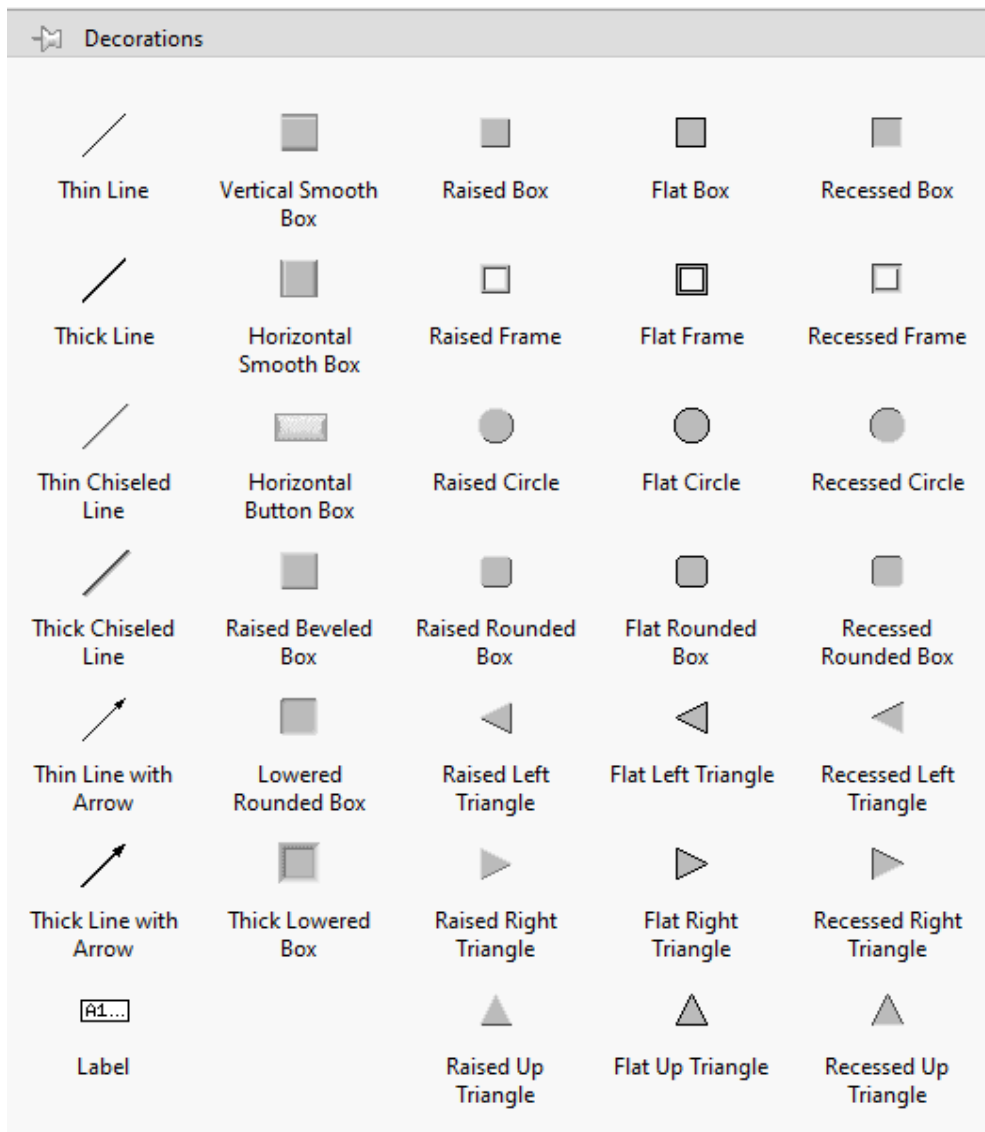
Fuente diseño propio

Los controles e indicadores son los terminales interactivos de entrada y salida del instrumento virtual (VI), estos pueden ser botones, perillas, barras deslizantes, entre otros. Para efectos del proyecto se utilizaron barras tipo led que cambian de color indicando cuando una línea está energizada o desenergizada, para representar los interruptores e indicadores de zonas se utilizaron botones tipo led, además esta paleta cuenta con un botón de controles que contiene la parte decorativa, que permite personalizar el entorno de usuario, con este control fue posible colocar los fondos, marcos, logotipos y colores del entorno en el panel frontal, en la (figura 32)

se muestran los diseños que proporciona LabVIEW.

Figura 32

Paleta para Decoración Panel Frontal



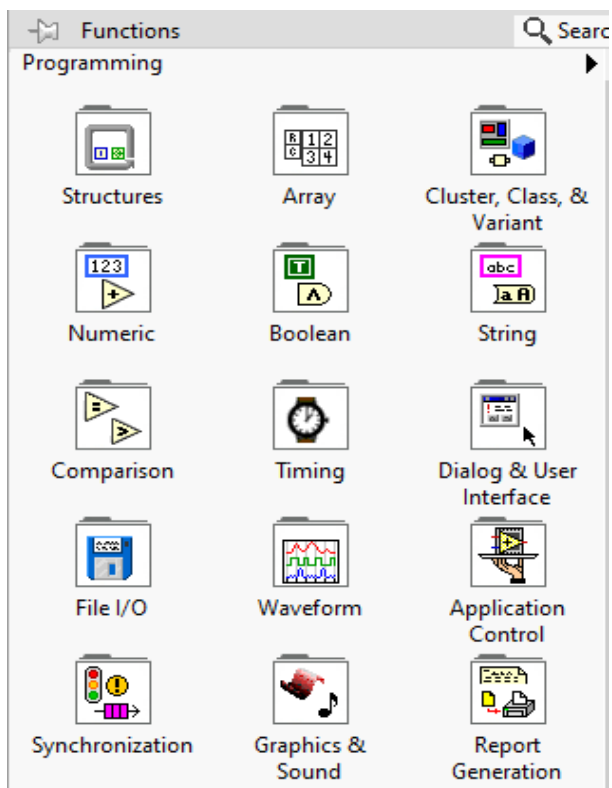
Fuente diseño propio

Otro de los componentes utilizados en la programación es la paleta de funciones la cual permite crear el diagrama de bloques, unas de estas funciones son: estructuras, funciones numéricas, funciones booleanas, funciones de cadena de texto, funciones de comparación, funciones de tiempo, funciones de arreglos, funciones de análisis etc.

Para acceder a la paleta de funciones basta con dar clic derecho sobre cualquier espacio en blanco de la ventana de diagrama de bloques La (figura 33) muestra la paleta de funciones del programa LabVIEW.

Figura 33

Paleta de Funciones



Fuente diseño propio

Dentro de las estructuras que integran la paleta de funciones se mencionan las más importantes y que fueron utilizadas para el diseño del proyecto.

While Loop. La estructura While Loop se utiliza para repetir una operación, su equivalente en lenguaje convencional es: Do ejecutar subdiagrama, While condición is TRUE (or FALSE), (Aunque esta estructura es más similar al comando Repeat-Until, ya que se repite como mínimo una vez, independientemente del estado de la condición.



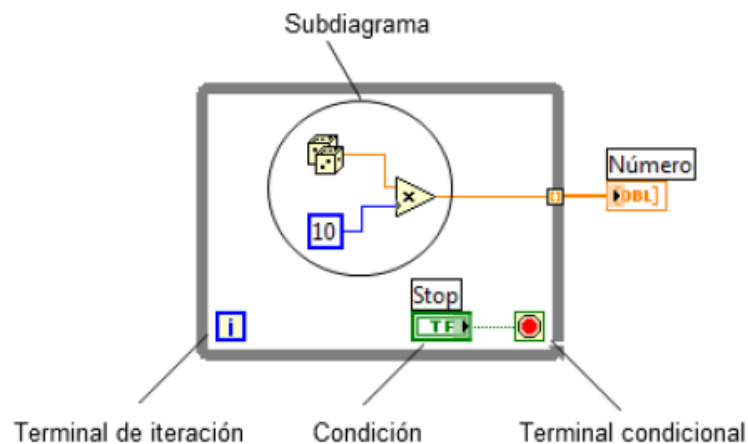
Esta estructura cuenta con dos terminales primero el terminal condicional a él se conecta la condición que hará que se ejecute el subdiagrama. LabVIEW comprobará el estado de este terminal al final de cada iteración, este terminal se puede configurar de manera que pare si la condición es cierta () o bien que pare si la condición es falsa () y segundo el terminal de iteración que indica el número de veces que se ha ejecutado el bucle y que, como mínimo, siempre será una ($i = 0$).

Figura 34

Estructura While Loop



Fuente diseño propio

Case Structure. se utiliza en aquellas situaciones en las que el número de alternativas disponibles sean dos o más. Según qué valor tome el selector dentro de los (n) valores disponibles, se ejecutará en correspondencia uno de los (n) subdiagramas.

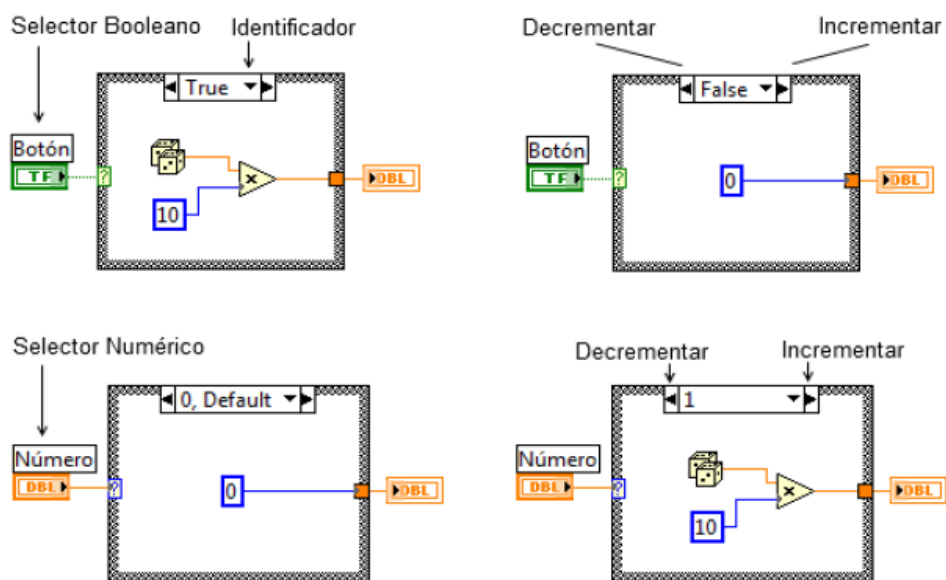
Esta estructura consta de un terminal llamado selector y un conjunto de subdiagramas, cada uno de los cuales está dentro un caso o suceso y etiquetado por un identificador del mismo tipo que el selector. En cualquier caso, siempre se cubre todo el rango de

posibles valores, y al menos habrá de haber un caso por defecto, el cual se ejecutará en caso de que el selector no corresponda a ninguno de los previstos.

En la (figura 35), se observan dos de los selectores más usados, el selector Booleano y el selector Numérico:

Figura 35

Estructura Case



Fuente diseño propio

Para el diseño e implementación del sistema de control del módulo, se emplearon los siguientes bloques de programación en LabVIEW para simulación de subestación eléctrica de tipo barra simple.

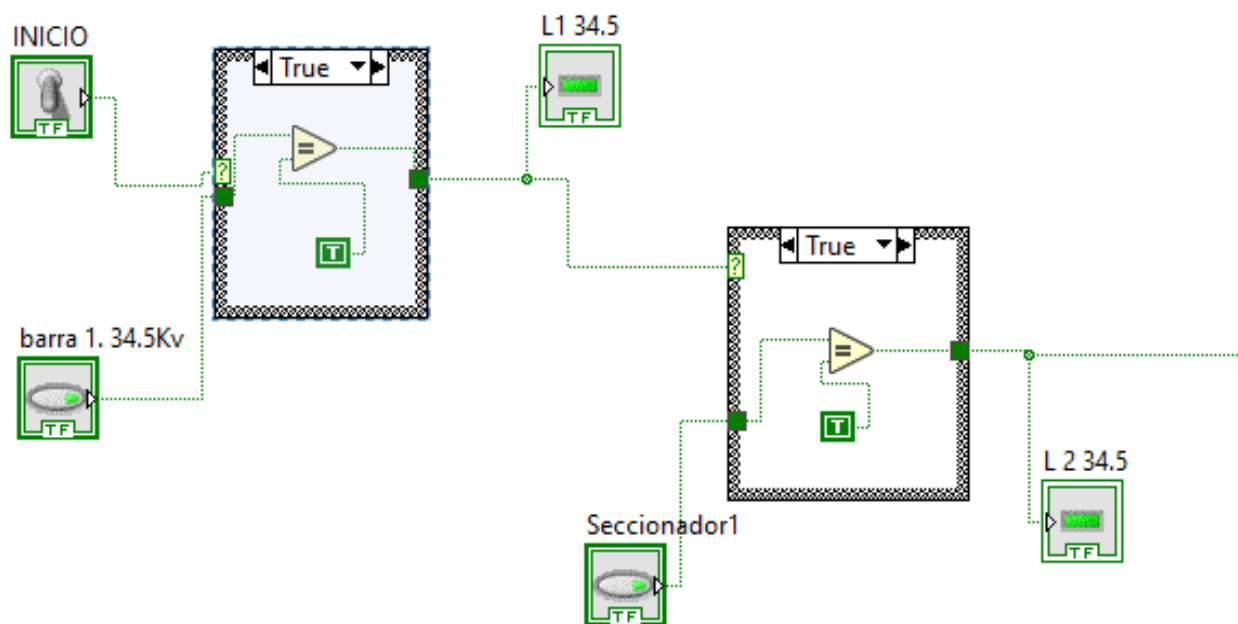
Bloque inicio de programa

En la (figura 36), se muestra la programación en bloque que permite mediante un botón de inicio activar la entrada de voltaje en el nivel 34.5 Kilo voltios y a su vez permite activar la

primera seccionadora de línea la cual actúa físicamente por medio de un servomotor instalado en el modelo físico.

Figura 36

Bloque Activación de Entrada 34.5KV, Barra y Seccionadora de Línea



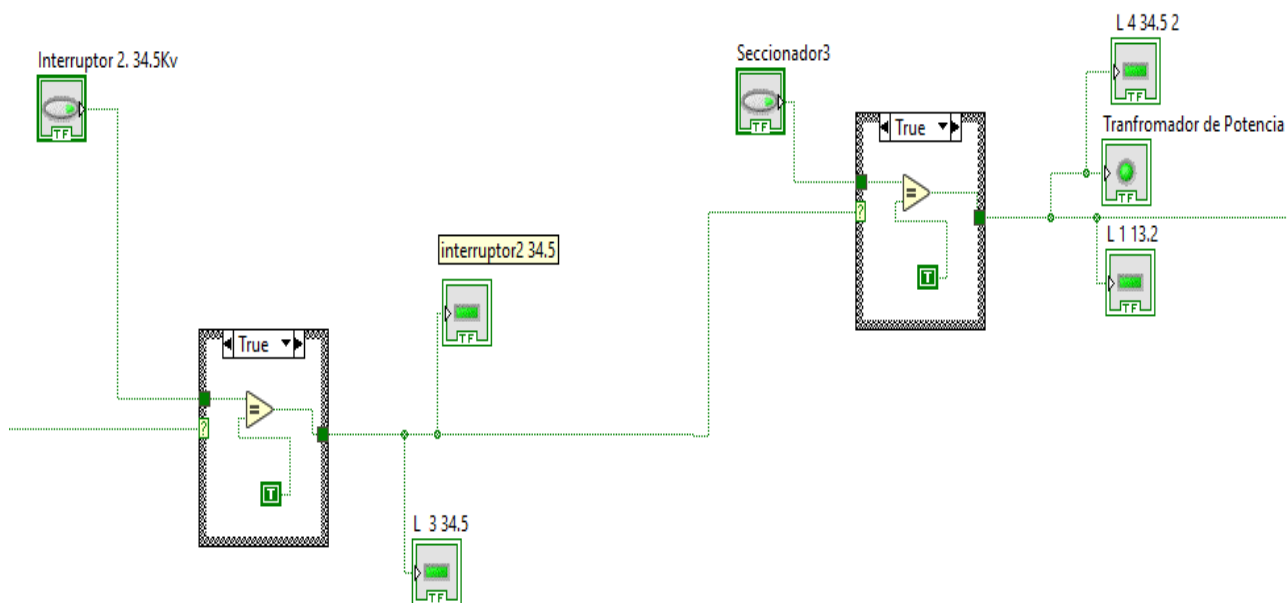
Fuente diseño propio

Bloque activación de interruptor de línea de 34.5 KV y seccionador de barra

Este bloque permite realizar la activación del interruptor de línea el cual cambia de color blanco a color naranja dentro del programa y por medio de un relé conectado a la tarjeta de control Arduino Uno, cambia el estado de luz piloto ubicada en el modelo físico permitiendo así el paso de tensión por las líneas de distribución.

Figura 37

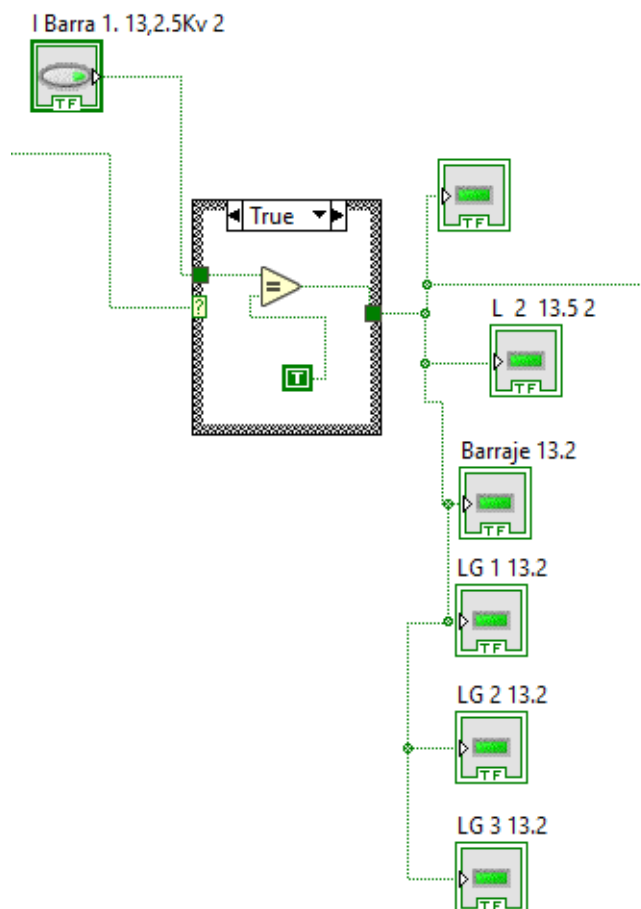
Bloque Interruptor 31.5 KV, Seccionadora de Barras



Fuente diseño propio

Bloque activación de barraje 1 línea, líneas generales de 13.2 Kv y caseta de control

Este bloque activa los barrajes de 13.2 kilo voltios, hasta llegar a la caseta de control permitiendo el paso de tensión sobre las líneas y de este modo energizar los interruptores ubicados en la caseta de control.

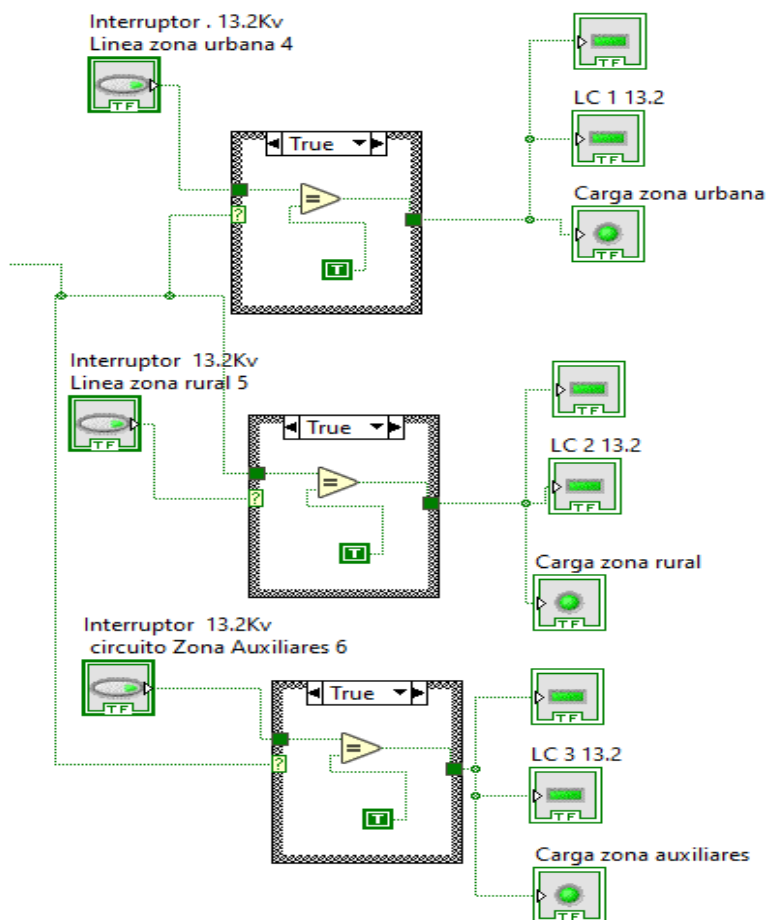
Figura 38*Bloque Activación Barraje y Líneas Generales*

Fuente diseño propio

Bloque de activación de interruptores de las zonas urbana, rural y auxiliares

Este bloque permite la activación de los interruptores que controlan la salida de tensión hacia la zona rural, la cual representa todos los circuitos que componen las veredas de un municipio determinado, la zona urbana controla todos los circuitos de área metropolitana de una ciudad y las zonas auxiliares permiten el suministro continuo de energía para los equipos de control de la subestación.

Figura 39

Bloque de Activación Tres Zonas

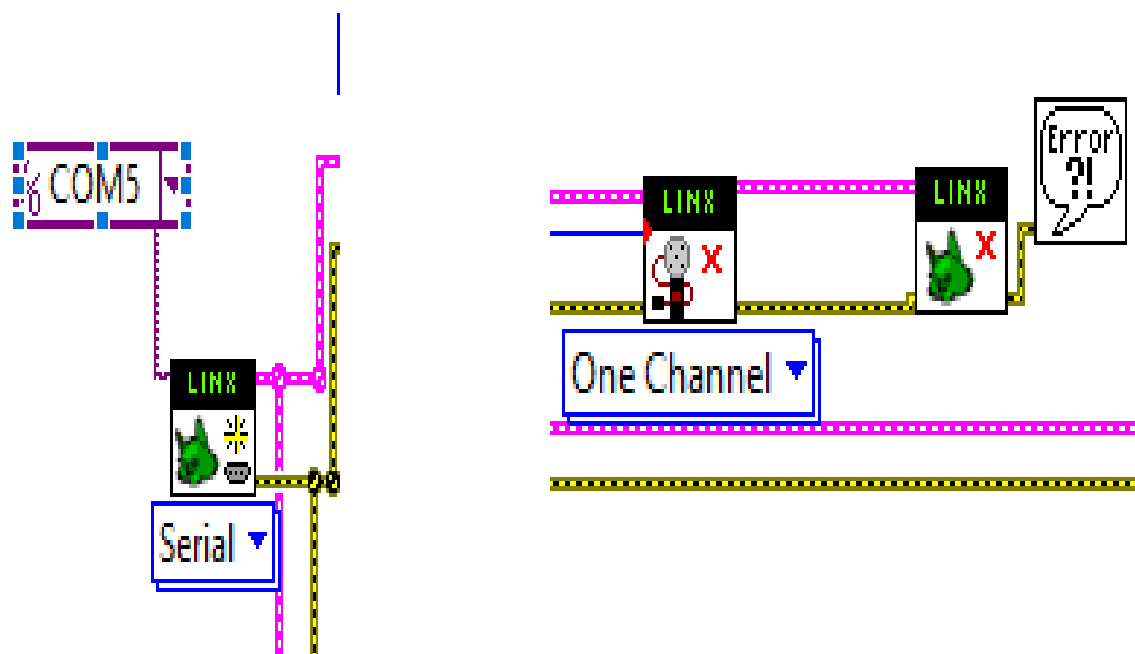
Fuente diseño propio

Bloque de activación de comunicación de puertos para la tarjeta Arduino Uno

Para la configuración del bloque de entrada, salida y puerto de comunicación con la tarjeta Arduino es necesario instalar el paquete de librerías que viene incorporado en la instalación del programa, este bloque permite la comunicación del programa con la tarjeta Arduino Uno.

Figura 40

Bloque Puertos Entrada, Salida y Comunicación con Arduino



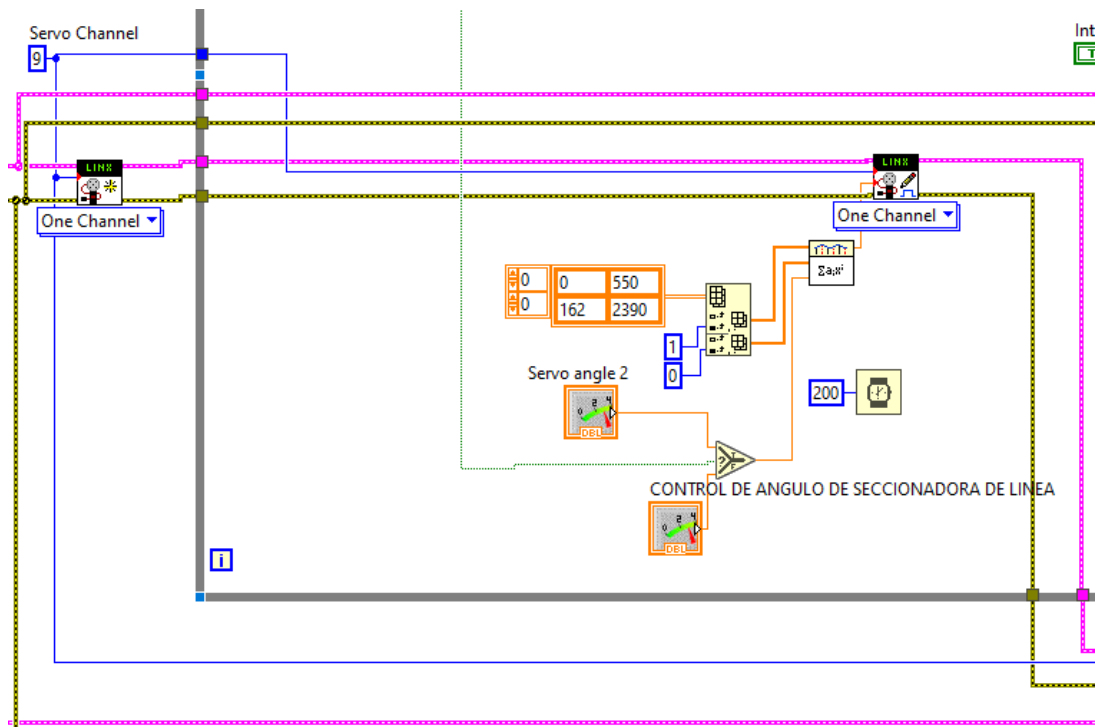
Fuente diseño propio

Bloque de activación del servomotor (1) seccionadora línea 34.5 KV

Este bloque permite la activación del servomotor ubicado en el modelo físico el cual permite el cierre y apertura de la primer seccionadora de línea permitiendo el paso de tensión de 34.5 kilo voltios (KV), hacia los demás dispositivos de la subestación de tipo barra simple.

Figura 41

Bloque de Control de Servomotor Seccionadora de 34.5KV



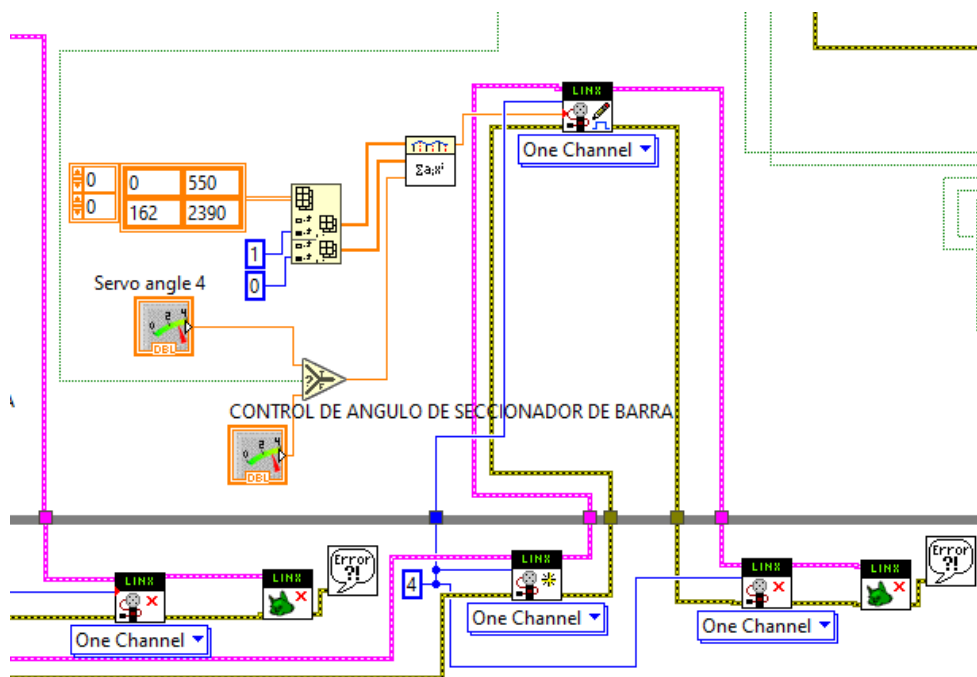
Fuente diseño propio

Bloque de activación del servomotor (2) línea 34.5KV

Este bloque permite la activación del servomotor No 2 ubicado en el modelo físico el cual permite el cierre y apertura de la segunda seccionadora permitiendo el paso de tensión de 34.5 kilo voltios (KV), hacia el transformador de potencia que a su vez energiza los circuitos alimentados con una tensión de 13.2 KV correspondientes a interruptores de barraje, zonas rurales, urbanas y auxiliares los cuales se operan desde la caseta de control.

Figura 42

Bloque de Control Servomotor No 2



Fuente diseño propio

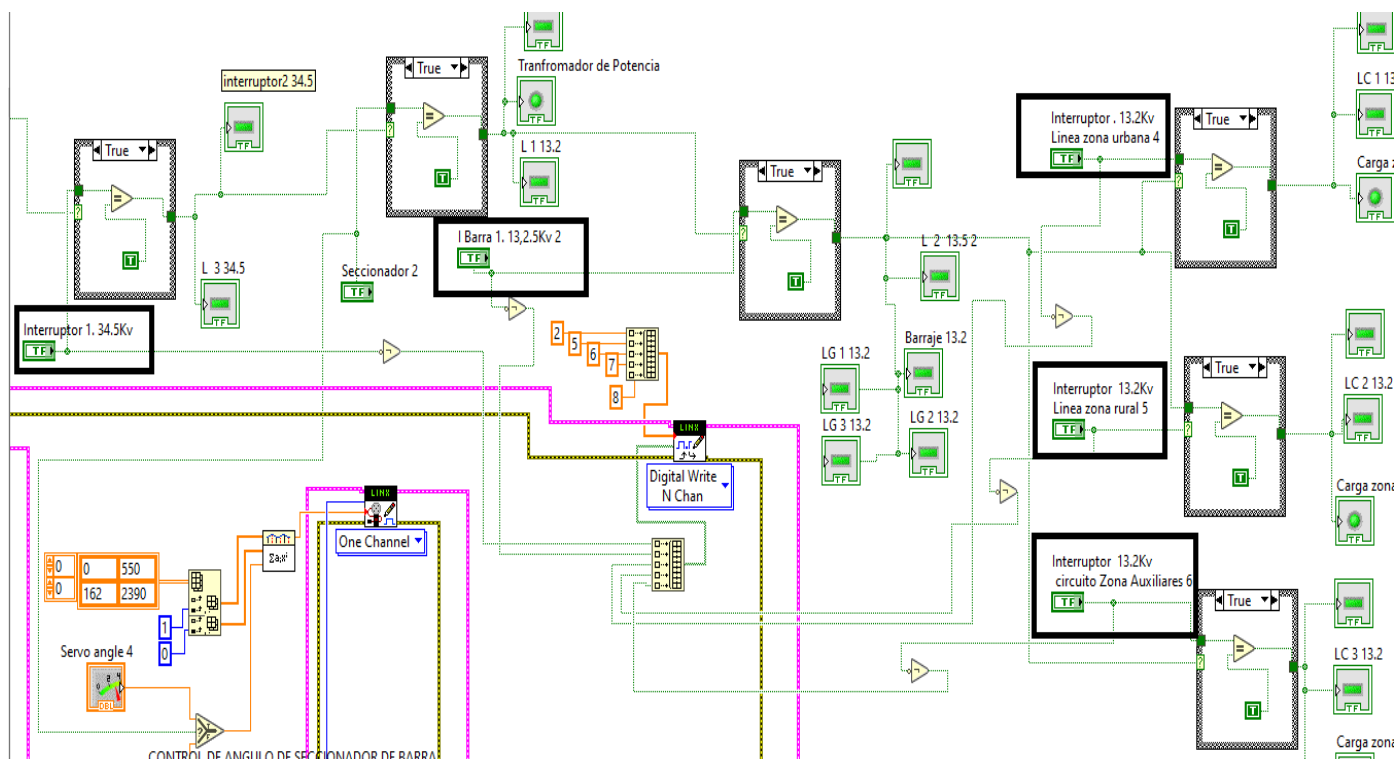
Bloque de activación Interruptores líneas 34.5 KV, 13.2KV, zona urbana, rural y auxiliares

Este bloque permite realizar el control de cierre y apertura de los interruptores ubicados en todo el modelo físico como son líneas de 34.5 kilo voltios (KV), 13.2KV y en la caseta de control los cuales proporcionan tensiones de 13.2 KV dirigidos a las zonas urbanas, rurales de una ciudad, adicionalmente alimenta la zona de auxiliares que permiten que la subestación mantenga sus equipos funcionando en caso de presentarse cortes de energía ocasionales, es de anotar que la tensión suministrada por la subestación a cada una de las zonas es reducida posteriormente por un transformador que generalmente se encuentra en las estructuras o postes que se ubican en las

calles en zona metropolitana o en los caminos o predios por donde se distribuye la energía eléctrica.

Figura 43

Bloques de Control Interruptores



Fuente diseño propio

Verificación de Funcionamiento

Este capítulo corresponde a la fase de verificación y actuación del proyecto, se realizan las pruebas de funcionamiento del programa en LabVIEW, configuración de los puertos de comunicación con la tarjeta Arduino y reconocimiento de las partes físicas del prototipo ver (anexo B).

Para la verificación del funcionamiento de los componentes del sistema y prototipo se elaboró la siguiente lista de chequeo la cual permitió identificar la funcionabilidad del proyecto

No	Indicadores	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	El entorno de usuario del programa en LabVIEW inicia y carga correctamente	X		Se observa el entorno de usuario
2	Se establece comunicación del programa con el sistema embebido (Arduino Uno) una vez ejecutados los procedimientos de conectividad.	X		La Tarjeta Arduino responde a los comandos de inicio del programa los pilotos de la tarjeta se encienden correctamente
3	Al dar clic sobre el botón de activación de entrada de la barra 1 cambia de estado color blanco a naranja	X		El botón led indicador de estado en el entorno grafico cambia de color
4	Al dar clic sobre el botón de la seccionado cambia de estado y activa la seccionadora de columna giratoria en el modelo físico	X		En el entorno de usuario la seccionadora cambia de estado a color naranja y el servomotor del modelo físico se activa cerrando el circuito
5	Al dar clic sobre el interruptor de línea cambia de estado en le entorno de usuario al igual que el piloto indicador del modelo físico	X		En el entorno de usuario cambia de estado el led indicador del interruptor y en el modelo físico realiza el mismo procedimiento
6	Al activar el control de Angulo de la seccionadora dos y dar clic sobre el botón correspondiente cambia de estado y el servomotor del modelo físico se activa permitiendo el cierre del circuito	X		El control de ángulo establece el grado de apertura y cierre de la seccionadora en este paso se activa en el entorno de usuario cambiando de estado y el servomotor correspondiente entra en funcionamiento cerrando la seccionadora en el modelo físico
7	Al activar el interruptor de barra se energizan las barras de las zonas y cambian de estado color blanco a naranja	X		Se activa el interruptor y a la ves permite el paso de corriente sobre el barraje de las zonas
8	Los interruptores de las zonas rural, urbana y auxiliares se activan y cambian de estado permitiendo la activación de los pilotos en la caseta de control del modelo físico	X		Los interruptores de las tres zonas funcionan correctamente tanto en el entorno de usuario como en el modelo físico

9	Los equipos de medición Amperímetro y voltímetro registran lectura análoga cuando la subestación está en funcionamiento		El vatímetro registra valores en DC de 13 Voltios por alta y 5 voltios por baja permitiendo identificar los cambios de tensión de la subestación, el amperímetro registra valores en miliamperios debido a la poca carga que tiene el prototipo
10	El entorno de usuario y el modelo físico realiza la desconexión de los elementos de forma ascendente al proceso de energizado	X	Al apagar cada uno de los componentes del entorno de usuario el modelo físico desenergiza cada una de las zonas de forma consecutiva.

Se establecen los pasos para realizar el componente práctico, explicación del entorno gráfico y paso a paso de su funcionamiento ver video tutorial (anexo A), de modo que el aprendiz se apropie del conocimiento y logre alcanzar los resultados de aprendizaje en cada uno de los programas de formación mencionados en este proyecto.

Se diseña una guía práctica ver (anexo C), que permite al aprendiz desarrollar las habilidades como operador de subestaciones con actividades de transferencia de conocimientos, este tipo de actividades se enfocan hacia la construcción integral del conocimiento, conceptos, procedimientos relacionados con la competencia y los resultados de aprendizaje a alcanzar.

Se establece el aval y pertinencia de la implementación del proyecto en los programas de formación titulada del SENA centro de Teleinformática y Producción Industrial en el área de electricidad por medio de correo electrónico enviado por la Ingeniera Olga Liliana Sánchez instructor de planta y especialista en el área ver (anexo D).

Resultado de las pruebas de funcionamiento del prototipo

En las verificaciones y pruebas previas realizadas al entorno de usuario se abordó la fase de verificación (FV2), elaborado en LabVIEW y al modelo físico se pudo determinar qué tanto

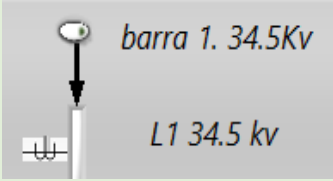
del programa desarrollado en el lenguaje de programación, como el modelo físico de la subestación de barra simple cumplen con los protocolos de operatividad de una subestación eléctrica de este tipo, las pruebas realizadas corresponden a los siguientes procedimientos.

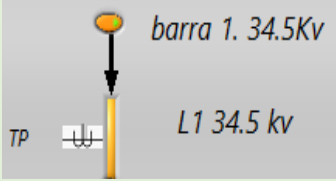
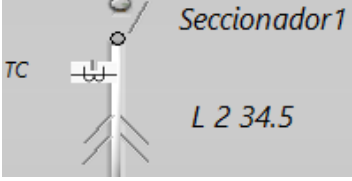
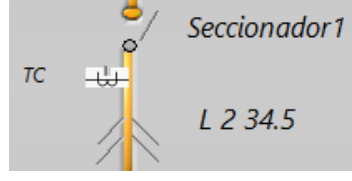

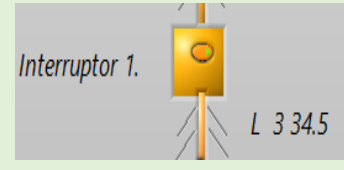
Funcionamiento del entorno gráfico de programa en LabVIEW

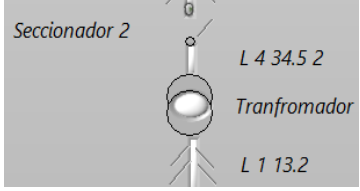
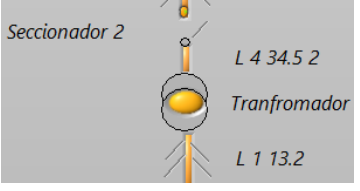
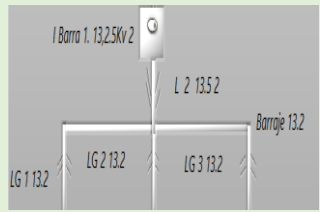
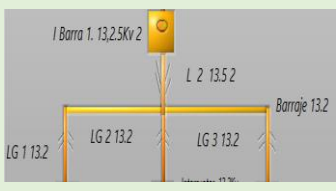
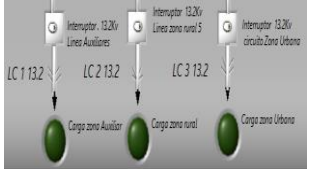
Las pruebas realizadas a esta parte del proyecto se describen en la (tabla 4), en la cual se evidencia cada uno de los botones de activación y el resultado obtenido en el entorno gráfico, para la interpretación de la tabla relacionada es importante tener en cuenta el código de colores de las líneas de una subestación eléctrica (Garcia, 2015), el cual establece que una línea o componente eléctrico se encuentra des energizado cuando se presenta de color blanco y energizado de color naranja, este principio fue fundamental para realizar la verificación y cumplimiento de la norma en el diseño gráfico del programa de simulación modelo didáctico automatizado para el manejo de subestaciones eléctricas.

Tabla 4

Pruebas de Funcionamiento Entorno Grafico LabVIEW

Elemento	Resultado Esperado	Figura
Botón de activación entrada barra 1 y línea 34.5KV subestación eléctrica de tipo barra simple	Al momento de iniciar la simulación, este elemento se encuentra de color blanco cumpliendo con lo establecido en el código de colores para redes y elementos eléctricos des energizado, luego se activa	<p>Apagado</p>  <p>Encendido</p>

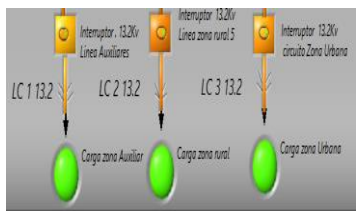
	<p>el botón y el dispositivo y la línea cambian de estado y pasan a color naranja dando cumplimiento al principio establecido e indicando que este dispositivo está en funcionamiento.</p>	
<p>Botón de activación seccionadora 1 línea 2 34.5KV</p>	<p>Se realiza la comprobación de la simulación de la seccionadora y segunda línea donde se evidencia correcto funcionamiento según código de colores</p>	<p>Apagado</p>  <p>Encendido</p> 
<p>Botón de activación interruptor No 1 línea 3 34.5KV</p>	<p>El proceso de activación y desactivación del botón del primer interruptor funciona según lo establecido por el programa de simulación y el código de colores</p>	<p>Apagado</p>  <p>Encendido</p> 

<p>Botón seccionador No 2 línea 4 34.5KV, línea No 1 13.2 y trasformador de potencia</p>	<p>Se verifica activación de botón que permite el cierre y apertura de la seccionadora No 2 permitiendo el cambio de estado junto con la línea No 4, el trasformador de potencia y la primera línea No 1 de 13.2 KV poniendo en funcionamiento esta parte de la simulación</p>	<p>Apagado</p>  <p>Encendido</p> 
<p>Botón activación interruptor barra No 1 13.2KV, línea No 2 13.2 KV, barraje y líneas generales 1,2 y 3.</p>	<p>La activación del interruptor cumple con lo requerido por la simulación y permite la activación de los barrajes y líneas para esta parte de la simulación</p>	<p>Apagado</p>  <p>Encendido</p> 
<p>Botones de activación de interruptores, líneas de carga y pilotos indicadores</p>	<p>Cada uno de los interruptores ubicados dentro de la caseta de control de la subestación de</p>	<p>Apagado</p> 

de las zonas rural, urbana y auxiliares

barra simple se activan de forma independiente, permitiendo energizar las líneas de carga y los pilotos que cambian de estado de color rojo (apagado) a color amarillo (encendido) ya que no se establece dentro del código un color cuando se referiré a las cargas

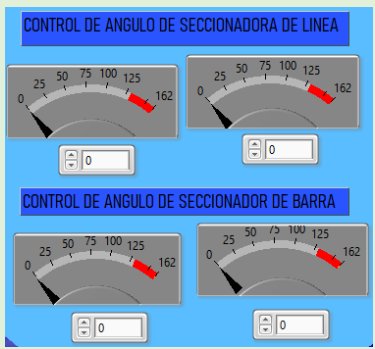
Encendido



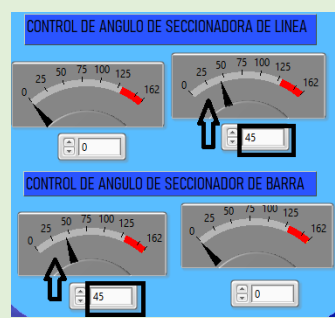
Control de ángulos de la seccionadores No 1 y 2

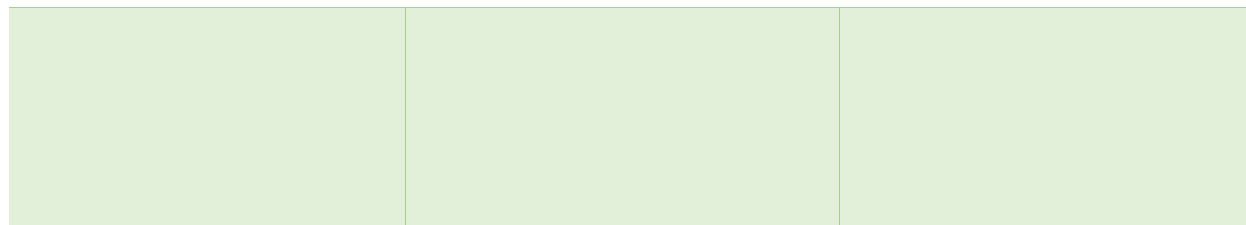
Se verificó el funcionamiento de los controles de apertura y cierre de las seccionadoras, establecido un ángulo de 0 a 45° en cada control, su funcionamiento se determina por el desplazamiento del reloj análogo en cada control de ángulo

Apagado



Encendido





Fuente diseño propio

Funcionamiento del diseño físico de la subestación tipo barra simple

En la verificación de funcionamiento de la maqueta se estableció la operatividad de cada una de las partes que actúan por efecto de la tarjeta Arduino Uno, programada con el lenguaje gráfico de LabVIEW.

En la (tabla 5) se relaciona cada componente y el resultado obtenido en las pruebas realizadas al modelo físico.

Tabla 5

Pruebas Modelo Físico

Elemento	Descripción del resultado
Servomotores seccionadores de línea y barra	Se verifica la apertura y cierre de la seccionadora, la cual se activa cuando el botón de activación del programa de simulación es encendido y pasa a estado de color naranja, el servomotor se desplaza 45° a la izquierda permitiendo el cierre de la seccionadora, al momento de apagar el botón de control del programa la seccionador regresa a 0° manteniendo abierto el circuito

Interruptores

Cada interruptor tiene una luz piloto de color blanco que se encuentra encendida cuando el botón de activación de cada interruptor dentro del diseño gráfico del programa de simulación se encuentra apagado, una vez se encienden se apaga el piloto blanco y un led indicador de color rojo se enciende indicando que el interruptor se encuentra cerrado, adicionalmente los interruptores se pueden abrir o cerrar de forma manual con unos switch instalados en la maqueta, de esta forma se realiza la verificación de funcionamiento de estos dispositivos.

Trasformador de potencia

La comprobación de funcionamiento de este elemento se realizó observando el ventilador de refrigeración que tiene instalado, al activarse el transformador el ventilador enciende, adicionalmente se tomaron voltajes de salida con el uso de un multímetro.

Indicadores de carga zonas rural, urbana y auxiliares

Cada una de las zonas tiene instalado un led el cual se enciende cuando la subestación está completamente en funcionamiento y se activan en el programa de simulación lo

botones interruptores de zonas, cuando estos están encendidos de color amarillo los leds se encienden indicando el paso de energía hacia las zonas, cuando se apagan y cambian de estado en el simulador (color rojo) los leds se apagan cortando el fluido eléctrico hacia las zonas.

Equipos de medición amperímetro y voltímetro

Dentro de la caseta de control el diseño físico tiene instalado un voltímetro y un amperímetro de corriente directa (DC), adicionalmente tienen un suiche selector de tres posiciones que permitió verificar el voltaje de la subestación que pasa por las líneas de alta en esta caso simulación de línea de 34.5KV para una medida de voltaje de 10Voltios DC y una representación de las líneas de media tensión 13.2KV con un voltaje en de 5Voltios DC, el amperímetro registro una corriente muy mínima debido a que la carga instalada en la maqueta no es muy representativa.

Recomendaciones conclusiones y bibliografías

Recomendaciones

En instituciones educativas que cuentan con convenio de articulación doble titulación con el Sena Centro de Teleinformática y Producción Industrial regional Cauca, se puede solicitar a dicha entidad la instalación del programa LabVIEW 2018 o 2020, ya que se cuenta con las licencias necesarias.

Se recomienda a los docentes técnicos que las prácticas en el módulo se realicen con grupos máximo de 4 personas para evitar daños y averías por aglomeración de aprendices en el módulo.

El monitor encargado de las prácticas deberá realizar un inventario de los materiales y equipos electrónicos suministrados para la práctica con el fin de evitar daños y pérdidas de elementos.

En caso de fallas del sistema o del modelo físico se deberá informar al docente técnico o monitor del ambiente de formación para registrar y realizar las correcciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento del módulo.

Si bien es difícil llegar a la implementación de un módulo automatizado para el manejo de los diferentes tipos de subestaciones eléctricas que existen en el departamento del Cauca, es importante llegar a todas las instituciones educativas de carácter técnico con este modelo de subestación de tipo barra simple la cual permite el aprendizaje básico para alcanzar los resultados de aprendizaje en esta área de la electricidad.

Es importante llevar a cabo nuevas investigaciones sobre el manejo automatizado de los diferentes tipos de subestación que operan hoy en día en el departamento, con el fin de mejorar a mediano o largo plazo las funciones y aplicaciones del prototipo implementado en este proyecto.

En el desarrollo del proyecto se puede visualizar la tendencia en el departamento del Cauca, hacia el manejo y operación de subestaciones eléctricas, basadas en estas tecnologías por lo que en el pensum del programa de Ingeniería Electrónica se debe incluir una línea de profundización que haga énfasis en estas con el propósito de obtener conocimientos básicos e intermedios en esta área que desde ya están generando posibilidades en el campo laboral.

Es importante realizar las prácticas en el módulo didáctico porque constituye un modelo que permite a los estudiantes de la institución educativa Politécnico Francisco de Paula Santander y otras del departamento del Cauca, abordar los resultados de aprendizaje derivados de los programas de formación impartidos por el SENA, además la manipulación de los equipos electrónicos y el software, no constituyen un riesgo para la integridad física de los aprendices.

Conclusiones

Los resultados de aprendizaje que son mencionados en este proyecto derivados de las competencias y programas de formación impartidos por el SENA permitirán a los aprendices tener un acercamiento con la realidad en el manejo y operación de subestaciones eléctricas de tipo barra simple teniendo en cuenta que el prototipo a menor escala está diseñado de tal manera que se pueda evidenciar la estructura física y el diseño de una subestación eléctrica en tiempo real, el proyecto busca que los elementos empleados en el diseño físico sean lo más cercano a los componentes eléctricos reales de una subestación.

Los procesos de automatización permiten el control de equipos electrónicos, eléctricos en diversos campos de la industria y para efectos del proyecto en los modelos de educación basado en proyectos.

El uso de tecnologías de código abierto como Arduino permite crear diferentes prototipos como pueden ser sistemas de riego automatizado, sistemas de control de temperatura para

invernaderos, sistemas de vigilancia, sistemas de iluminación domótica, sistemas de cierre y apertura de puertas, controles de nivel de humedad del suelo, entre otras aplicaciones que se ajusten a necesidades específicas como es el caso de este proyecto donde la tarjeta se comporta como un dispositivo de control la cual no se carga con el código fuente de ID de Arduino, sino que funciona directamente con un bloque de programación generado en LabVIEW.

LabVIEW se convierte en un lenguaje de programación, amigable con el usuario para la elaboración, diseño y montaje de prototipos educativos que beneficien la población de jóvenes de instituciones educativas públicas y privadas de carácter técnico en grados decimo y once que incursionen en los campos de la electrónica, electricidad y sistemas.

La tarjeta Arduino por tratarse de un sistema embebidos de fácil consecución en el mercado, variedad de modelos y facilidad de conexión con software y otros dispositivos es ideal para el montaje de módulos educativos, su versatilidad permite a los estudiantes la manipulación reduciendo los problemas que presentan otras tarjetas en cuanto a durabilidad.

Con las practicas realizadas en el módulo didáctico los aprendices podrán desarrollar habilidades relacionadas con los tres campos de la tecnología como es la electricidad, electrónica y programación de software.

El módulo didáctico puede ser implementado incluso en instituciones educativas que no cuenten con recursos debido a su versatilidad y fácil transporte.

El diseño del modelo físico permite en un futuro conectar sus equipos eléctricos y electrónicos a sistemas fotovoltaicos portátiles que permitan llegar a instituciones educativas que no cuenta hoy en día con servicio de energía, generalmente instituciones ubicadas en veredas distantes de los municipios en el departamento del Cauca.

Hoy en día las empresas de energía como es el caso de la Compañía Energética de Occidente, operador de red para el departamento del Cauca cuentan con prohibiciones y reserva para el ingreso de personal no autorizado a las diferentes subestaciones que operan en el departamento, esto impide que los estudiantes tengan acceso para realizar el reconocimiento de los equipos eléctricos y electrónicos que las componen, esta es la razón principal por la que la implementación del módulo permitirá a los estudiantes realizar prácticas de reconocimiento y manejo de subestaciones sin correr riesgos de tipo eléctrico, locativo y físico.

El módulo didáctico permite que el estudiante maneje una subestación de tipo barra simple en un entorno muy cercano a la realidad, minimizando los riesgos de accidentes causados por el contacto directo con energía eléctrica.

Bibliografías

- Alcazar Bazua , L. (10 de Octubre de 2017). Estructuras y Equidades de Subestaciones Electricas . Obtenido de www.researchgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/303543292_Estructuras_y_equipos_de_Subestaciones_Electricas
- Arduino. (11 de Diciembre de 2016). Aprendiendo Arduino. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>
- Ariel Valdenegro, C. R. (2012). Análisis de Confiabilidad de arreglos de Barras e Interruptores. Santiago de Chile.
- Cauas, D. (2015). biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia. Obtenido de biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia.:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36805674/1-Variables.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507496361&Signature=RqPxsmMzAFAG5SYOI4QA0oqRSpo%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dvariables_de_Daniel_Cauas.pdf
- Chedraui, A. V. (2011). La Guía del Eléctricista . Revista Eléctrica, 16 - 19.
- Contreras, L. (2013 de diciembre de 2013). Historia de la Informatica. Obtenido de Raspberry PI: <https://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
- Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico. (2018). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE Versión Académica. Medellín.
- Cristobal, S. G. (29 de julio de 2015). Flops. Obtenido de Raspberry Pi 2 Model B: <http://www.flopsingenieria.com/?p=1461>

Diaz, J. (21 de Enero de 2016). Mi Arduino. Obtenido de

<http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/#:~:text=Arduino%20Uno%20es%20una%20placa,otras%20%20son%20entradas%20anal%C3%B3gicas.>

Durango, J. A. (2018). Institución Universitaria Escolme. Ciclo PHVA. Colombia.

EcuRed. (2019). Microcontrolador. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Microcontrolador>

Educativo, R. (Enero de 2020). Foro nuclear. Obtenido de Que es una subestación eléctrica:

<http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-una-subestacion-electrica>

Eléctricidad, C. S. (17 de junio de 2018). Seccionadores . Obtenido de

<http://www.sectorelectricidad.com/20135/seccionadores/>

Especialista, J. B. (2013). Conceptos Basicos de Subestaciones Eléctricas . Bogotá DC .

FM, Y. (3 de agosto de 2018). Xacata Basics. Obtenido de Que es arduino y como funciona :

<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Garcia Gonzales, A. (2 de Octubre de 2016). Como Funciona un servomotor. Obtenido de

panamahitek.com: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

Garcia, E. (11 de Junio de 2015). SlideShare. Obtenido de Sunestaciones Eléctricas :

<https://es.slideshare.net/morfeo0115/subestaciones-electricas-49284053>

García, J. B. (2013). Conceptos Basicos de Subestaciones Eléctricas. Bogotá DC.

Gelbert Gutierrez, Duvier Jairo Lugo Rojas, Adriana Maria Rivas, Maria Shirley Rodriguez,

Ricardo Correajose David Lopez, Catalina Maria Tabares, Blanca Cecilia Dagua, Mario

Andres Rodriguez, Ricardo Jaime Murillo, Jose Dimas Arias, Libia Giovana Jimenez

Vargas, Gelber Guitierrez. (2013). Programa de Formación Técnico en Implementación y

Mantenimiento de Equipos Electrónicos Industriales. Bogotá Cundinamarca: SENA.

- Grupo EPM CHEC. (14 de Febrero de 2014). Manual Técnico de Simbología para Diagramas Unifilares y Planos. Manual PDF. Medellin , Antioquia.
- Hans-Erik Olovsson, S.-A. L. (2008). Evolución de las subestacionesEl diseño de subestaciones a principios del siglo XX y en la actualidad. Revista ABB, 35 - 38.
- Hidalgo, J. I. (2013). Cronología del Sector Eléctrico Colombiano. Revista de Santander, 5-22.
- Ignacio Montero, Orfelio G. León. (2020). Clasificación y descripción de las metodologías de. Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud, 504 a 507.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación . (1998). Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Distrito Capital: Incontec.
- Instituto de Seguridad y Bienestar Laboral. (10 de 12 de 2018). Seguridad Industrial: Normas , sanciones y más. Obtenido de <https://prevencionar.com.co/2018/12/10/seguridad-industrial-normas-sanciones-y-mas/>
- Instrument, N. (29 de Mayo de 2018). Portal 3D CAD. Obtenido de [3dcadportal.com:](http://www.3dcadportal.com/national-instruments-acelera-la-innovacion-con-labview-2018.html)
<http://www.3dcadportal.com/national-instruments-acelera-la-innovacion-con-labview-2018.html>
- Instruments, N. (17 de septiembre de 2020). VI Package Manager (VIPM). Obtenido de <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000x1r4CAA&l=es-CO>
- IsoTools. (08 de enero de 2014). Software ISO Riesgos y Seguridad. Obtenido de OHSAS 18001:
<https://www.google.com/search?q=ohsas+18001&oq=ohsas+18001&aqs=chrome..69i57j0l7.1034j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- IsoTools. (2015). Iso14001:2015. Bogotá DC: e-book.

Jose Aled Medina Miranda, Libia Giovana Jimenez vargas,. (2013). Programa de Formación Técnico en Construcción y Montaje de Instalaciones Eléctricas. Bogotá Cundinamarca: SENA .

Maria Pérez Galdos, J. A. (2020). Paradiso internet para el futuro. Obtenido de SCADA: qué es y sus beneficios: <https://paradiso-fp7.eu/scada/>

Mcilhargey, J. (s.f.). Tecnilandia. Obtenido de Como funcion los transformadores de potencial : https://techlandia.com/funcionan-rayos-infrarrojos-como_138027/

Ministerio del Medio Ambiente . (1997). Politica nacional de producción mas limpia. Santa fe de Bogotá: MinAmbiente.

Raffino, M. E. (19 de Junio de 2020). Concepto.de. Obtenido de <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/#:~:text=Estas%20formas%20definidas%20de%20antemano,Horizontal>.

Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, María del Pilar Baptista Lucio. (2006). Metodología de la Investigación . Bogotá: FreeLibros.

Sancho, E. G. (2014). Simulador de Subestaciones Eléctricas . Alladolid España: Proyecto grado .Tenologias.com. (2020). Areatecnologia. Obtenido de Relé: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

SectorElectricidad. (11 de Enero de 2015). Una breve historia del transformador de potencia. Obtenido de SectorElectricidad: <http://www.sectorelectricidad.com/10993/una-breve-historia-del-transformador-de-potencia/>

Vatia. (s.f.). Generacion de energia. Obtenido de <https://vatia.com.co/Blog/Detalle/191qu233-son-las-subestaciones-el233ctricas-y-para-qu233-sirven>

XMSAEPS. (03 de Marzo de 2017). wordpress.com. Obtenido de Configuración de:
https://subestacionesupe.files.wordpress.com/2017/03/03_configuracion-de-subestaciones-electricas.pdf

Anexos

La elaboración de los anexos (A,B y C), corresponde a la fase de verificación (FV3) del presenta proyecto

Anexo A. Video tutorial

En el siguiente enlace se muestra el video donde se explica la conexión, cargue del programa y prueba de funcionamiento del programa y el modelo físico del proyecto, el video se elaboró directamente desde el entrono gráfico del programa de simulación de la subestación de barra simple y su conexión con el modelo físico, en él se muestran los pasos realizados para la comunicación de la tarjeta Arduino Uno con el programa en LabVIEW, los controles de función, práctica de apertura y cierre de seccionadoras, activación de interruptores, puesta en funcionamiento del trasformador de potencia, se detalla las maniobras que el aprendiz debe realizar en el rol de operador de subestaciones eléctricas lo cual le permitirán alcanzar los resultados de aprendizaje derivados de competencia del programa de formación impartido por el SENA.

Enlace al video <https://youtu.be/5imtUXH6wZA>

Anexo B. Manual para Funcionamiento del Entorno Gráfico de MODASE_LabVIEW

Inicio Programa de Simulación en LabVIEW

Paso 1



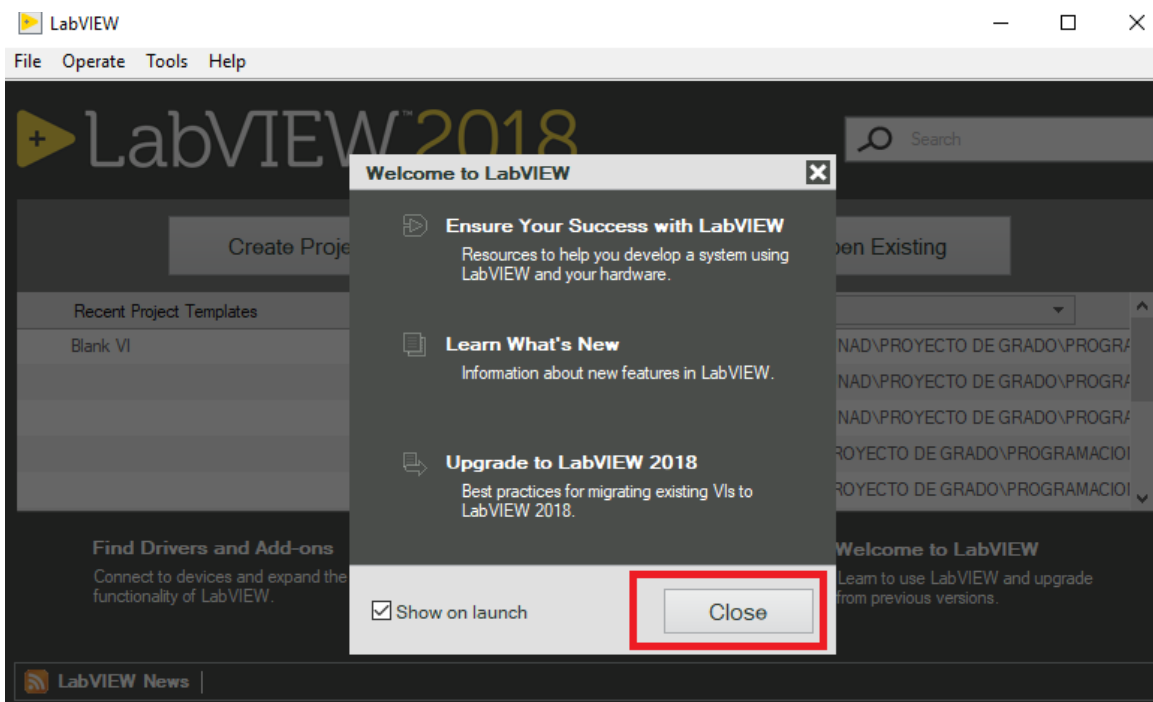
En el icono del programa LabVIEW ubicado en el escritorio dar doble clic para iniciar el programa.

Paso 2

En la siguiente venta dar clic en cerrar para poder abrir un proyecto existente o crear un proyecto nuevo

Figura 44

Entorno LabVIEW



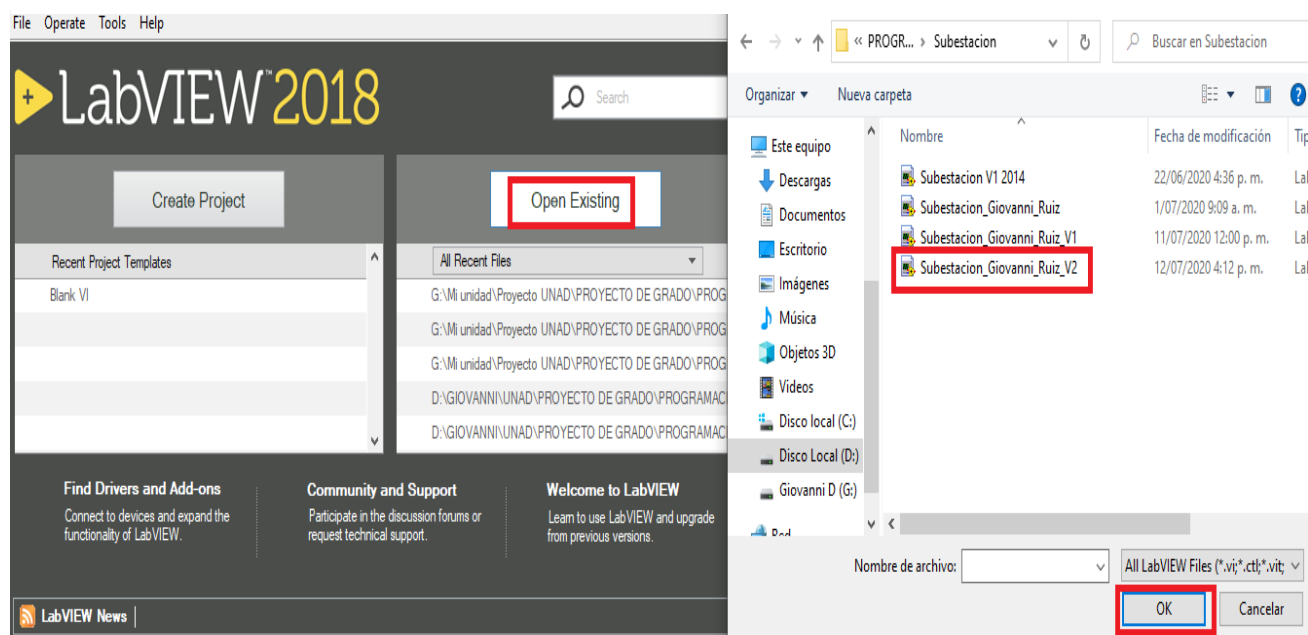
Nota. Entorno de iniciación del programa, fuente diseño propio

Paso 3

Dar clic en el botón open existing para buscar el proyecto guardado, seleccionar el proyecto en la ruta y dar clic en ok.

Figura 45

Seleccionar Ruta de Ubicación del Proyecto



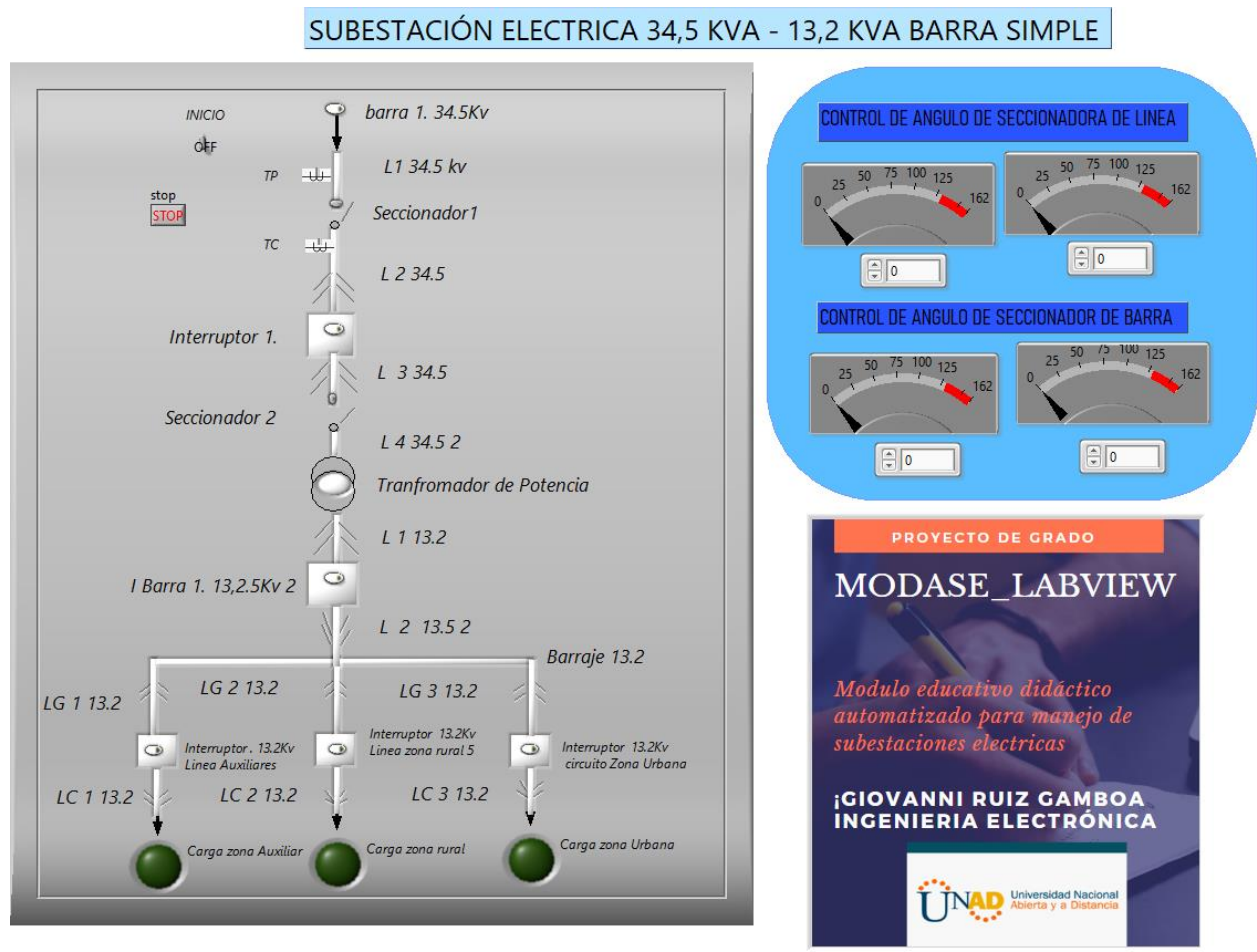
Fuente diseño propio

Paso 4

Se presenta el entorno gráfico vista de usuario del módulo didáctico para su operación y manejo según los protocolos de funcionamiento.

Figura 46

Entorno Vista de Usuario del Programa



Fuente diseño propio

Activación del puerto de comunicación de LabVIEW con la tarjeta Arduino Uno

Paso 1

Realice la conexión física del puerto COM de la tarjeta Arduino, con el PC por medio del cable USB suministrado por el módulo como muestra la imagen a continuación

Figura 47

Conexión de la Tarjeta Arduino con el PC



Fuente diseño propio

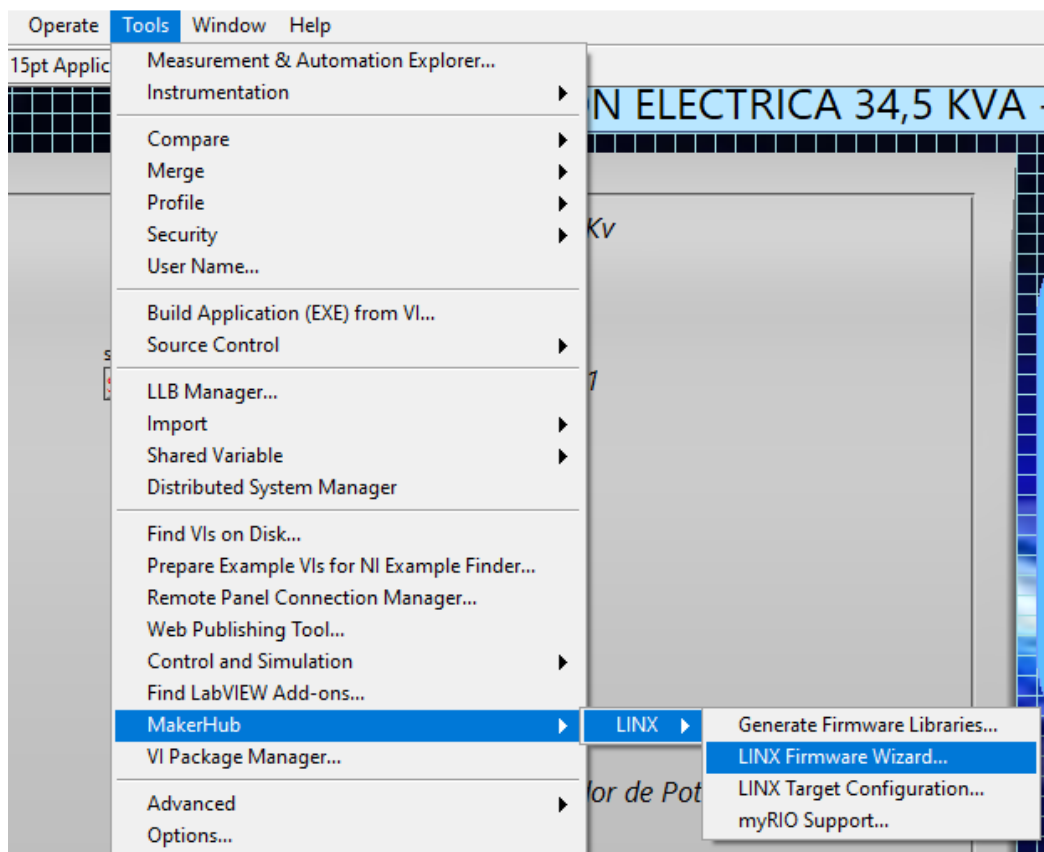
Paso 2

En el programa de simulación entrono gráfico del proyecto, en la barra de herramientas dar clic en Tools (herramientas)_ MakerHub_LINX_LINX Firmware Wizard... esta ruta permite la comunicación de los puertos de salida del equipo de cómputo y el puerto de entrada de la tarjeta, si esta es desconectada del equipo es necesario repetir esta configuración.

Configuración del Puerto de Conexión

Figura 48

Configuración del Puerto de Conexión



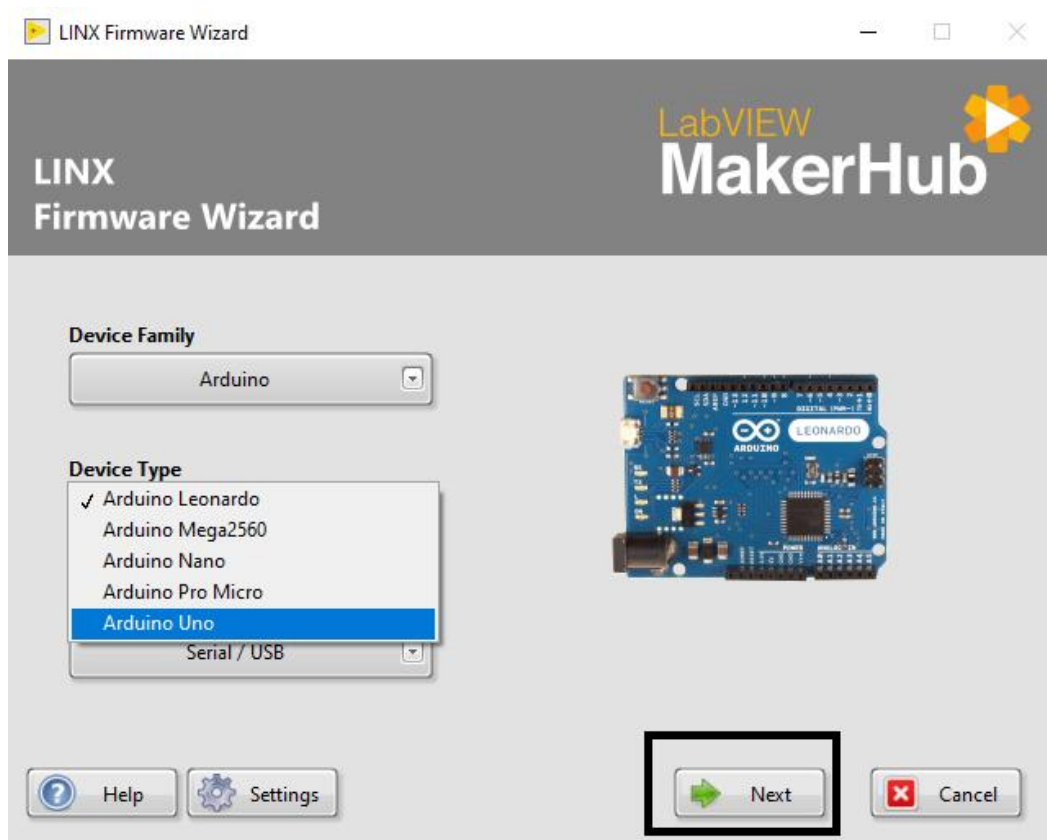
Fuente diseño propio

Paso 3

En la ventana emergente seleccionar la tarjeta Arduino Uno, la cual corresponde a la instalada en el modelo físico del proyecto y dar clic en el botón Next (siguiente).

Figura 49

Selección de la Tarjeta Arduino Uno



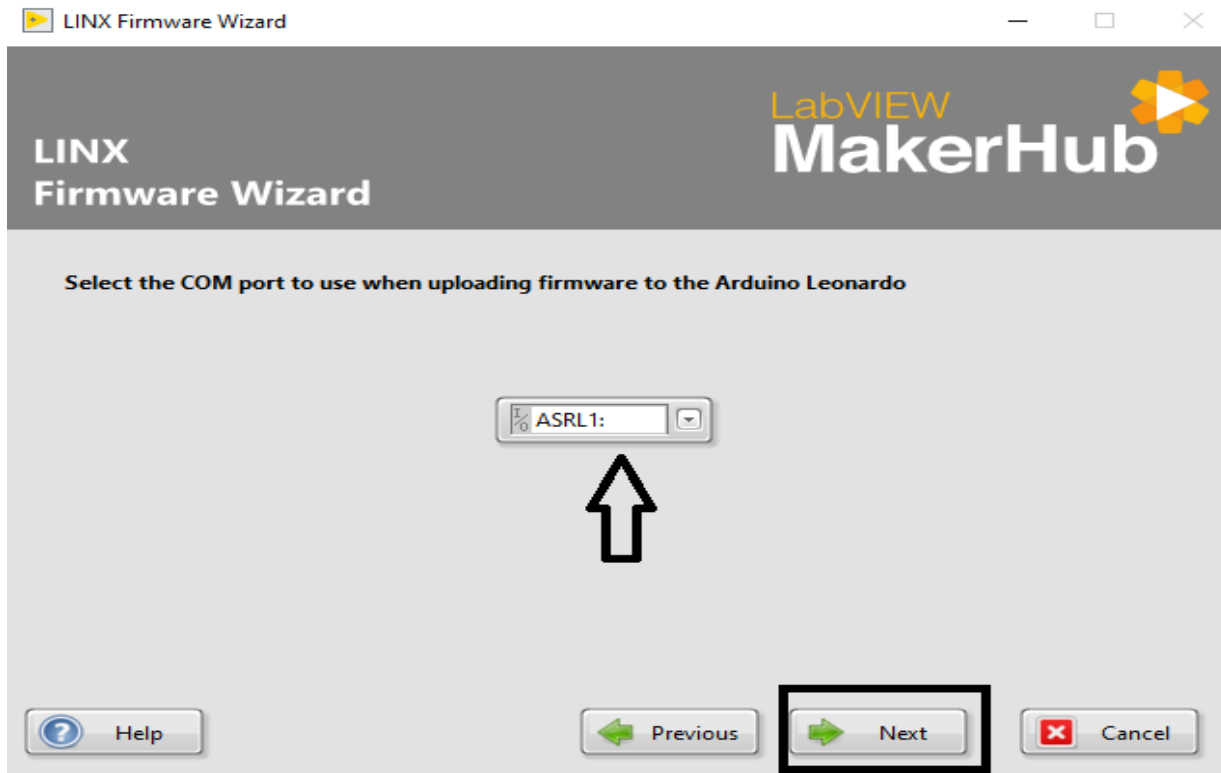
Fuente diseño propio

Paso 4

Seleccionar el puerto USB donde fue conectada la tarjeta Arduino Uno al equipo de cómputo dar clic en Next (siguiente), esto permite que el programa reconozca la tarjeta Arduino Uno.

Figura 50

Selección de Puerto USB



Fuente diseño propio

Paso 5

En la siguiente pantalla dar clic en Next (siguiente), para que el programa corra el proceso y habilite el puerto de comunicación.

Figura 51

Asignación del Puerto USB



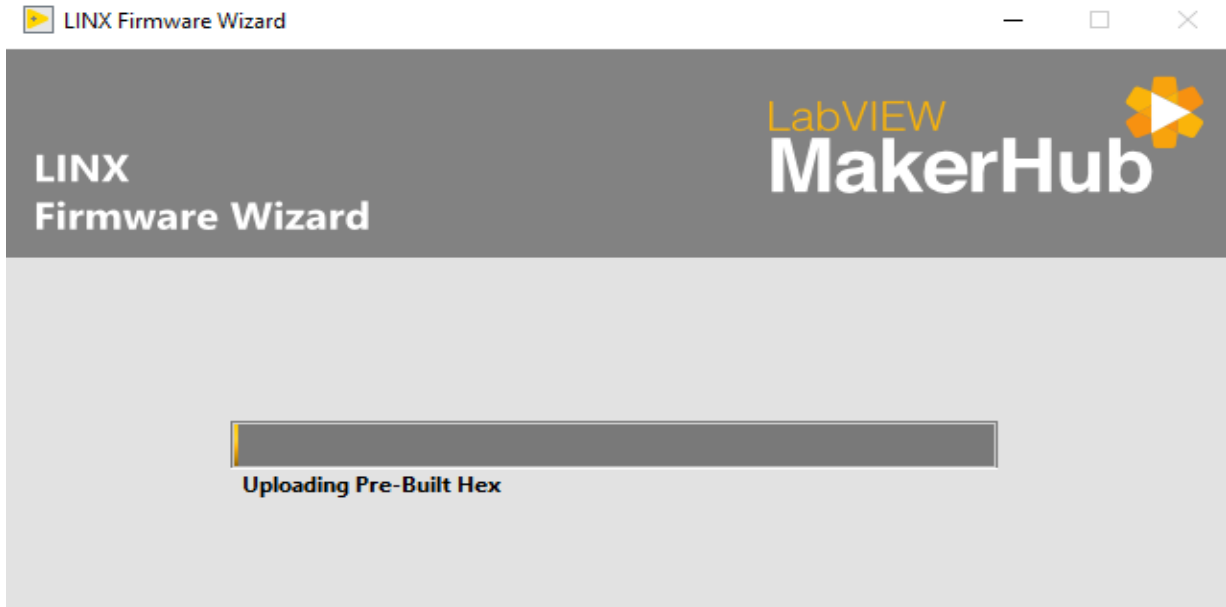
Fuente diseño propio

Paso 6

El programa empieza a ejecutar la carga al puerto de salida seleccionado para activar la tarjeta Arduino Uno, se debe esperar que proceso termine completamente.

Figura 52

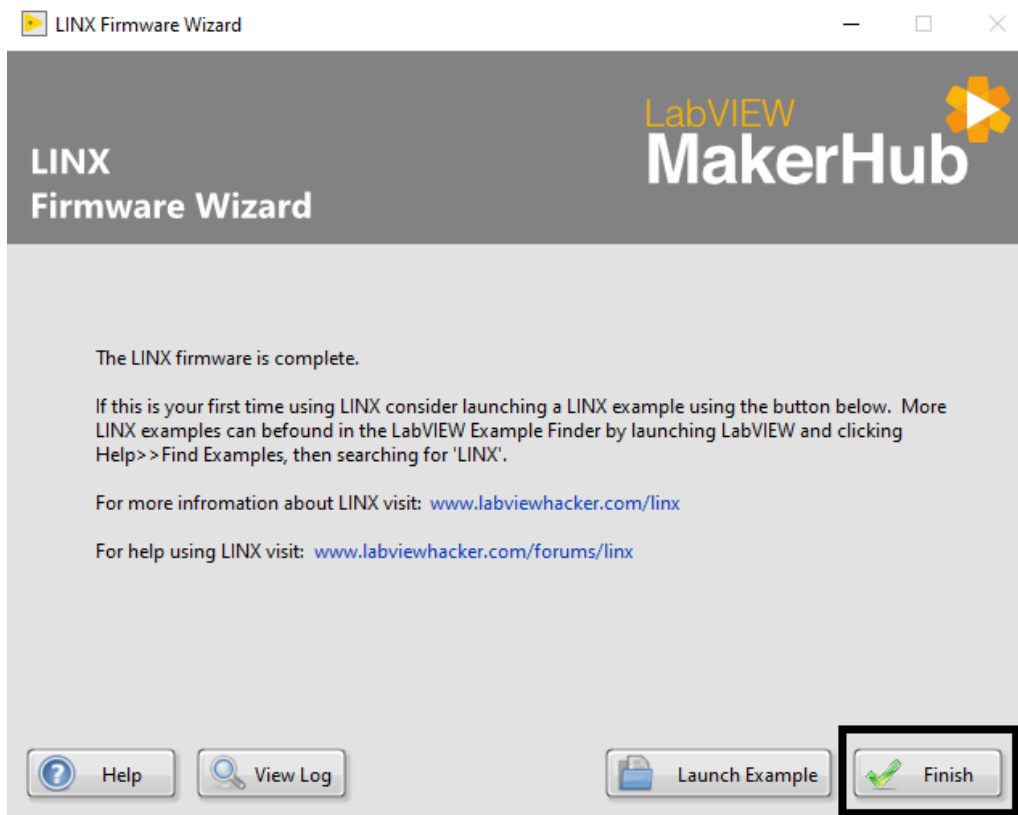
Proceso de Carga del Puerto de Comunicación



Fuente diseño propio

Paso 7

Por último, dar clic en finalizar para terminar el proceso de interfaz de puertos de LabVIEW con la tarjeta Arduino Uno, de esta manera el modelo físico está listo para realizar las prácticas de manejo de la subestación de barra simple.

Figura 53*Proceso Final Comunicación Arduino con LabVIEW*

Fuente diseño propio

Manejo del entorno gráfico de simulación

Una vez cargados los puertos de comunicación se procede a realizar el manejo simulado de prototipo el cual ejecutará los movimientos requeridos e indicará la activación de barrajes, seccionadoras e interruptores y demás componentes para la operación de la subestación eléctrica de tipo barra simple.

En primer lugar, se deberán observar y reconocer los elementos que componen una subestación de tipo barra simple, los cuales se encuentran etiquetados en el módulo físico para su fácil ubicación, de igual forma se etiquetaron las medidas de protección y señalizaciones de

seguridad que el aprendiz deberá tener en cuenta al momento de realizar las practicas con el módulo, esto le permitirá reconocer las medidas de protección y prevención que se deben adoptar al momento de realizar maniobras en tiempo real de una subestación eléctrica, en las figuras (45 y 46) se muestran los componentes y partes principales del prototipo.

Figura 54

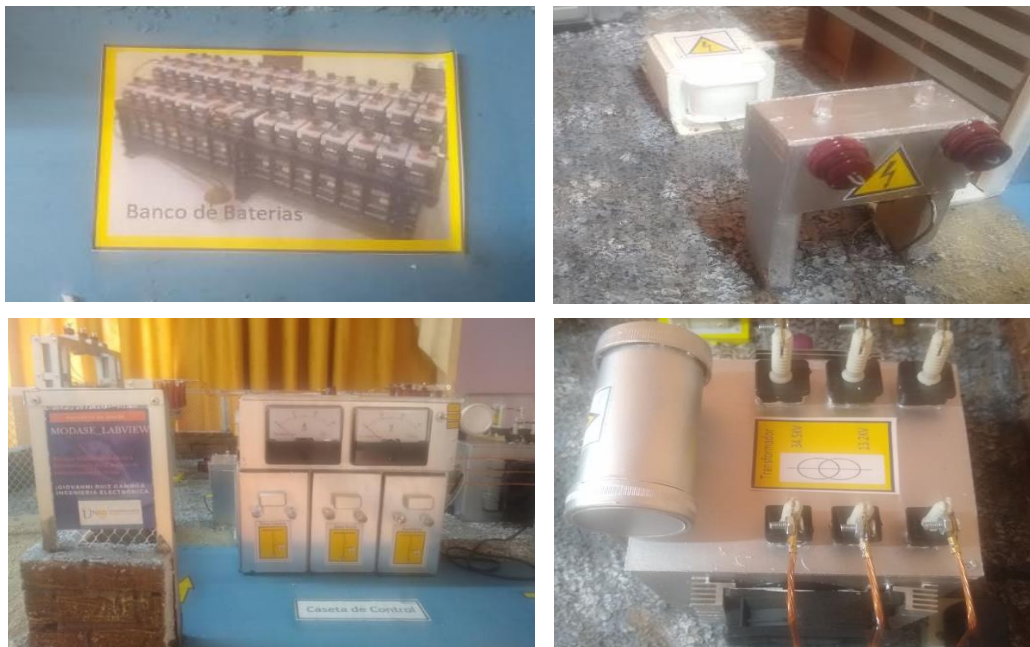
Componentes de la Subestación Primer Grupo



Nota. Se muestran los dispositivos de protección contra sobre corriente (DPS), transformadores de potencial (TP), seccionadora de línea, transformador de corriente (TC) e interruptor de barras fuente diseño propio

Figura 55

Componentes de la Subestación Segundo Grupo



Nota. Se muestran el banco de baterías ubicado en la caseta de control, torre de salida de líneas zona urbana y rural, transformador de las zonas de auxiliares, caseta de control donde se observan los interruptores de zonas y equipos de medición, transformador de potencia de 34.5 KV a 13.2 KV con sus respectivos bushin de alta y baja fuente diseño propio

En caso de presentarse algún inconveniente con la configuración del programa LabVIEW el docente técnico deberá comunicarse al celular No 3106115253 donde se les brindará el soporte técnico necesarios para restablecer el sistema o escribir al correo ruizgr14@gmail.com manifestando el inconveniente presentado

Anexo C. Guía Práctica Manejo de la Subestación de Barra Simple

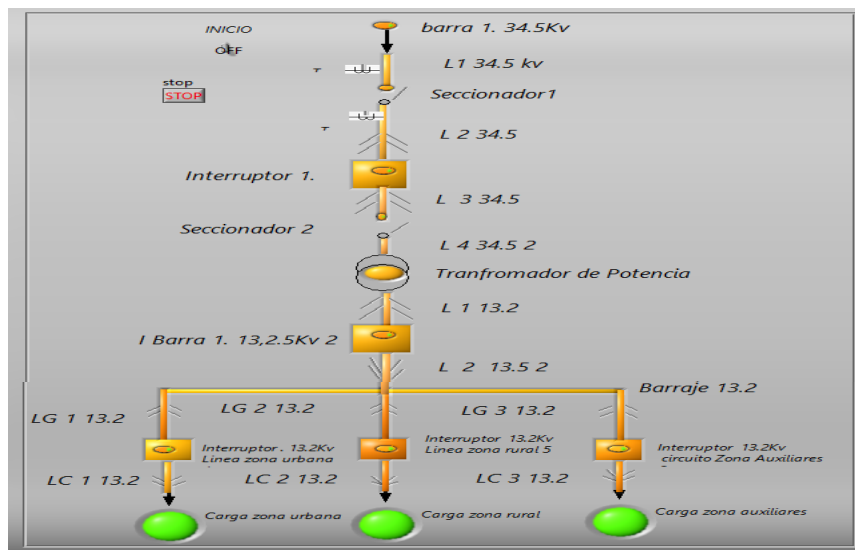
Una vez reconocidos los elementos que componen la subestación se procederá de la siguiente manera para su manejo y operación:

Actividades de transferencia de conocimientos

Actividad No 1. Esta actividad consiste en poner en funcionamiento todos los circuitos del diagrama unifilar de la subestación mostrados en el entorno gráfico del programa de control LabVIEW, se debe iniciar energizando la subestación de la parte superior hasta llegar a la parte inferior verificando que todos sus componentes pasen de color blanco a color naranja lo que indica que todos sus componentes gráficos y físicos se encuentran en funcionamiento, como se muestra en la (figura 47), teniendo en cuenta el código de colores (Garcia, 2015), de las subestaciones eléctricas se muestran de color naranja los equipos y líneas que se encuentran energizados.

Figura 56

Puesta en Marcha de la Subestación Tino Barra Simple



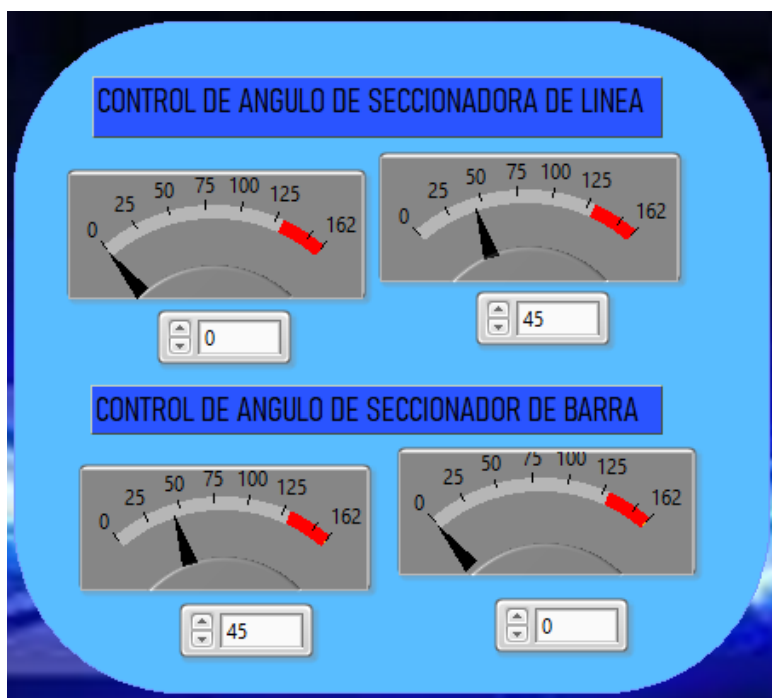
Fuente diseño propio

Luego se deben establecer los ángulos de desplazamiento de los servomotores que controlan las seccionadoras de línea y de barras para que el modelo físico logre realizar los desplazamientos de las cuchillas de cierre y apertura de la seccionadora, para ello deberán ubicar números enteros de 0 grados hasta 90 grados en las pantallas de control de ángulo del programa.

Para efectos de a practica se deberán configurar los ángulos como se muestra en la siguiente figura:

Figura 57

Control de Angulo Seccionadoras



Fuente diseño propio

Una vez establecidos los ángulos se procederá a realizar la operación de la subestación teniendo en cuenta los casos planteados a continuación:

Actividad No 2. Estudio de casos, para esta actividad el aprendiz deberá analizar cada uno de los casos presentados, realizar las simulaciones correspondientes a cada uno y llevar un registro de los pasos utilizados para el manejo de la subestación eléctrica de tipo barra simple.

Caso No 1. El operador de la subestación requiere realizar el cierre del circuito de la zona rural de la vereda Piagua del municipio del Tambo Cauca, debido a que se presentó un daño ocasionado por las fuertes lluvias que afectan el sector, luego de que la brigada encargada de realizar el mantenimiento respectivo recibe la orden de trabajo y se desplaza al sitio, el operador procederá a realizar el cierre del circuito y verificar su correcto funcionamiento.

Teniendo en cuenta el caso planteado el operador deberá registrar los eventos presentados así:

- a. Verificar si el entorno de programación realizó la apertura del circuito.
- b. Verificar si el circuito correspondiente a la zona rural en el módulo físico realizó el cambio de estado de los pilotos ubicados en la caseta de control.
- c. Verificar al momento de realizar el cierre del circuito los cambios presentados en el entorno gráfico y el módulo físico.

Nota: repetir este procedimiento para el circuito de la zona urbana y la zona de auxiliares como práctica.

Caso No 2. Los técnicos de mantenimiento de subestaciones requieren realizar el mantenimiento del transformador de potencia, para lo cual solicitan al operador de subestaciones realizar la apertura de los circuitos correspondientes para poder efectuar esta maniobra, registre el procedimiento a efectuar para este caso.

Caso No 3. Se requiere que el operador de subestaciones realice la verificación de los niveles de tensión de la subestación por alta y media, para lo cual el operador deberá realizar la

operación de forma manual y determinar los voltajes requeridos, realice el registro de los valores suministrados por los equipos de medición.

Caso No 4. Se requiere realizar un mantenimiento en los transformadores de corriente (TC) de 34.5 Kilo Voltios (KV), cuál sería el procedimiento que debería realizar el operador de subestaciones. Para llevar a cabo la maniobra deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Registre el protocolo de apertura y cierre del sistema antes de realizar las maniobras.
2. Realice la operación en el entono gráfico.
3. Verifique que los elementos físicos de cierre y apertura realicen correctamente la operación de maniobra
4. Registre cada uno de los procedimientos tomando evidencia fotográfica de cada paso.

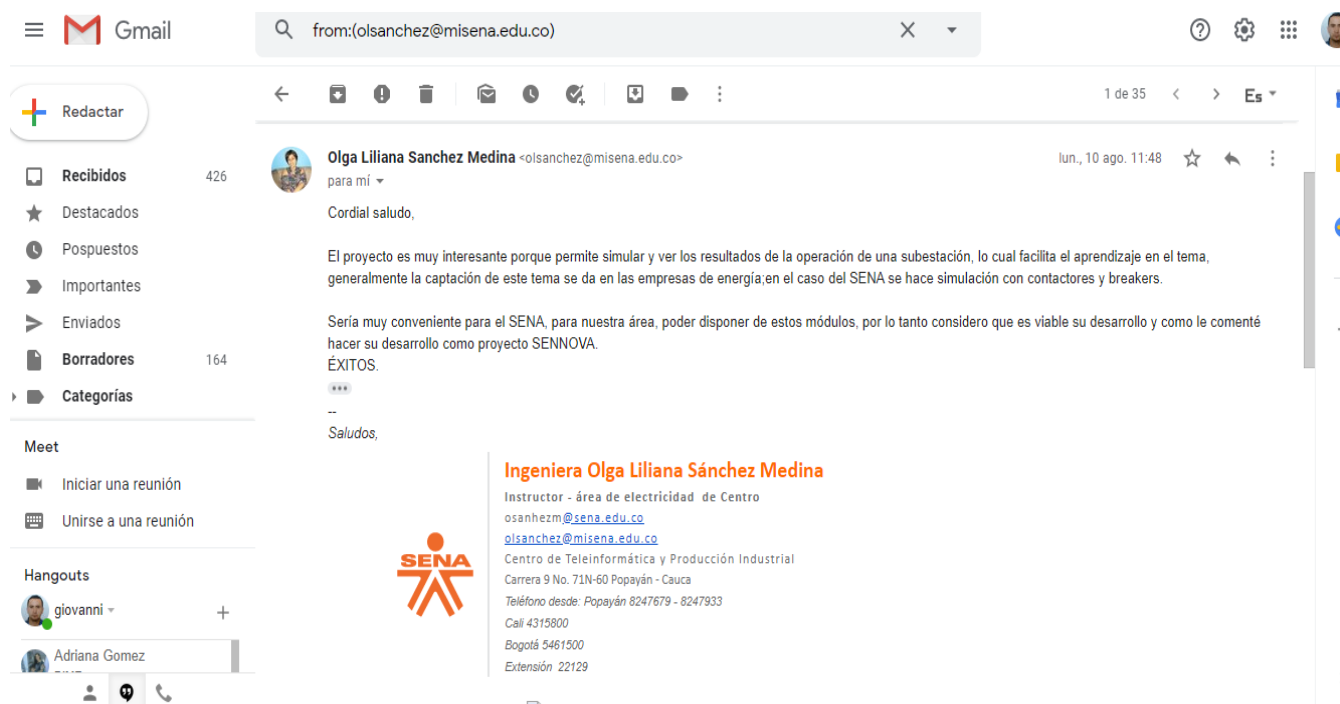
Por último, se sugiere al grupo de estudiantes y aprendices que realicen el proceso de desconexión del módulo didáctico al igual que el cierre del programa de forma adecuada para garantizar el funcionamiento del proyecto en las nuevas prácticas propuestas.

Anexo D. Correo Aval Pertinencia del Proyecto en los Programas de Formación Titulada del SENA.

Este anexo corresponde al desarrollo de la fase de actuación (FA2), e anexa imagen del correo de fecha 10 de agosto de 2020, enviado por la ingeniera Olga Liliana Sánchez Instructora especialista en el área de electricidad encargada de los programas de formación titulada impartidos por el SENA Centro de Teleinformática y Producción Industrial (CTPI), correo donde reconoce la importancia y pertinencia de la implementación de este proyecto en los programas de formación.

Figura 58

Correo Aval Pertinencia del Proyecto



Fuente diseño propio