

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO DE UNA SUB ESTACIÓN ELECTRICA TRANSFORMADORA
REDUCTORA, CON TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA PLANTA
INDUSTRIAL NOVEM, HONDURAS**

SUSTENTADO POR:

CARLOS MARIO VILLALOBOS MANZANARES, 31651359

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.

ABRIL 2021

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ

DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA

TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.

ABRIL 2021

**DISEÑO DE UNA SUB ESTACIÓN ELECTRICA TRANSFORMADORA
REDUCTORA, CON TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA PLANTA
INDUSTRIAL NOVEM, HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

ASESOR

LIC. RIGOBERTO RODRIGUEZ ÁVILA

TERNA EVALUADORA

ING. KARIO ALEXANDRO VILAFRANCA REYES

ING. ELMER HERNAN CRUZ AVILA

ING. MANUEL ALEJANDRO ELVIR OSORIO

TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.

ABRIL 2021

DEDICATORIA.

Dedico este proyecto de graduación a mi padre **MARIANO VILLALOBOS** que toda su vida me inculcó valores e incentivó a continuar estudios superiores, además de sus oportunos consejos, su paciencia y el apoyo incondicional. También dedico este trabajo a mi esposa e hijas que incondicionalmente estuvieron brindándome apoyo durante toda mi carrera universitaria.

Carlos Mario Villalobos Manzanares

AGRADECIMIENTOS.

Le agradezco a mi familia por la comprensión y apoyo incondicional brindado durante esta etapa de estudio. A todos los docentes que colaboraron en mi formación académica especialmente a mi asesor de este proyecto.

Carlos Mario Villalobos Manzanares

**DISEÑO DE UNA SUB ESTACIÓN ELECTRICA TRANSFORMADORA
REDUCTORA, CON TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA PLANTA
INDUSTRIAL NOVEM, HONDURAS**

AUTOR:

Carlos Mario Villalobos Manzanares.

RESUMEN.

Las subestaciones eléctricas industriales son un elemento importante en el desarrollo de un país gracias a que contribuyen enormemente en el sector comercial e industrial. En esta investigación se analizó todo el sistema de potencia, para luego seleccionar la nueva subestación eléctrica tipo reductora en Novem, Honduras, así mismo el dimensionamiento del transformador de potencia e interruptor de transferencia. La implementación de la nueva subestación eléctrica contribuirá a el abastecimiento del fluido eléctrico para nuevos procesos proyectados a corto plazo, además de ofrecer seguridad, así como estabilidad al sistema eléctrico del plantel industrial. Un analizador de redes es sugerido para crear perfiles de carga, de consumos energéticos además de analizar la calidad de la energía eléctrica, resultados que se analizaran para toma de decisiones técnicas con el fin de fortalecer la red eléctrica. Adicionalmente se elaboró diagrama unifilar para la nueva subestación eléctrica y se actualizo el diagrama que estaba vigente al momento de esta investigación. La implementación del proyecto garantiza mantener una producción ininterrumpida que en la industria es un factor esencial, específicamente será un bastión importante para que Novem continúe siendo el líder mundial en la manufactura de piezas decorativas para interiores de automóviles de lujo.

Palabras claves: Subestaciones eléctricas, transformador de potencia, interruptor de transferencia, flujo eléctrico, diagrama unifilar.

**DESIGN OF A REDUCING TRANSFORMER ELECTRIC SUB STATION, WITH
AUTOMATIC TRANSFER, FOR THE NOVEM INDUSTRIAL PLANT, HONDURAS**

AUTHOR:

Carlos Mario Villalobos Manzanares

ABSTRACT.

Industrial electric substations are an important element in the development of a country thanks to a huge investment in the commercial and industrial sector. In this research, the entire power system was analyzed, to then select the new step-down electrical substation in Novem, Honduras, as well as the sizing of the power transformer and transfer switch. The implementation of the new electrical substation contributes to supplying the electrical flow for new processes projected in the short term, in addition to offering security, as well as stability to the electrical system of the industrial plant. A network analyzer is suggested to create load profiles, energy consumption profiles in addition to analyzing the quality of electrical energy, results that are analyzed for technical decision-making in order to strengthen the electrical network. Additionally, a single-line diagram was drawn up for the new electrical substation and the diagram that was in force at the time of this investigation was updated. The implementation of the project guarantees to maintain an uninterrupted production that in the industry is an essential factor, specifically it will be an important bastion for Novem to continue to be the world leader in the manufacture of decorative pieces for luxury car interiors.

Keywords: Electrical substations, power transformer, transfer switch, electrical flow, one-line diagram.

TABLA DE CONTENIDO.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Enunciado/ Definición del problema.....	6
2.3 Preguntas de investigación.....	7
2.4 Variables.....	8
2.5 Justificación.....	8
CAPÍTULO III. OBJETIVOS.....	10
3.1 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
CAPÍTULO IV. MARCO TEORICO.....	11
4.1 Subestación eléctrica.....	11
4.2 Clasificación de subestaciones eléctricas.....	12
4.2.1 Clasificación por su función o servicio.....	13
4.2.1.1 Subestaciones eléctricas Elevadoras.....	13
4.2.1.2 Subestaciones eléctricas Reductoras.....	14
4.2.1.3 Subestaciones eléctricas de maniobra.....	16
4.3 Transformadores de potencia.....	17
4.3.1 Tomas (taps) y regulación de voltaje en los transformadores.....	20
4.3.2 Relación de transformación de un transformador eléctrico.....	21
4.4 Conexiones de transformadores de potencia.....	22
4.4.1 Conexión Estrella-Estrella.....	22
4.4.2 Conexión Delta-Delta.....	23

4.4.3 Conexión Estrella-Delta.....	25
4.4.4 Conexión Delta-Estrella.....	26
4.4.5 Conexión del transformador de potencia en media tensión.	28
4.4.5.1 Media tensión.....	28
4.4.5.2 Corta Circuito.....	30
4.4.5.3 Pararrayos.	31
4.4.5.4 Conos de alivio.....	32
4.4.5.5 Cable XLP.....	32
4.4.5.6 Conexión del transformador de potencia en baja tensión.	34
4.5 Compensación de energía reactiva.	35
4.5.1 Potencia activa.....	35
4.5.2 Potencia reactiva.	36
4.5.3 Potencia aparente.....	37
4.5.4 Formas de compensación de energía reactiva.	39
4.5.4.1 Compensación global.	39
4.5.4.2 Compensacion parcial.....	40
4.5.4.3 Compensacion individual.	41
4.5.5 Tipos de compensación de energía reactiva.....	42
4.5.5.1 Compensación fija.....	42
4.5.5.2 Compensación automática.....	43
4.5.5.3 Compensación sugerida.	43
4.6 Sistema de transferencia automática de energía eléctrica baja tensión.	45
4.6.1 Opción Transferencia manual de energía eléctrica.	47
4.6.2 Interruptores de transferencia.....	47
4.6.3 Relé monitor de fases.	50

4.6.4 Medidor de energía.	51
4.6.5 PLC (Controlador Lógico Programable).....	55
4.6.6 Generación de emergencia-grupo electrógeno.	56
4.6.7 Formas de arranque de generador de emergencia.....	58
4.7 Diagrama unifilar subestación eléctrica.....	59
CAPITULO V. METODOLOGIA/PROCESO.....	61
5.1 Enfoque y Métodos.....	61
5.1.1 Enfoque.	61
5.1.2 Método.....	62
5.1.3 Enfoque cuantitativo.....	62
5. 1.4 Método de investigación.	63
5.1.5 Alcance de la investigación.....	64
5.1.6 Diseño de la investigación.....	64
5.1.7 Esquema de la investigación.....	64
5.2 Población y muestra.....	65
5.2.1 Tipos de muestra.	66
5.2.2 Esquema población y muestra.	66
5.3 Unidad de análisis y respuesta.	68
5.4 Técnicas de instrumentos aplicados.	68
5.4.1 Instrumento de la investigación.	68
5.5 Fuentes de información.....	69
5.5.1 Fuentes Primarias.	69
5.5.2 Fuentes secundarias.	69
5.6 Cronología del trabajo.....	70
CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANALISIS.	73

CAPÍTULO VII: VIABILIDAD.....	85
7.1 Viabilidad Operacional.....	85
7.1.1 Análisis Costo Beneficio Banco Capacitores vs Penalización ENEE.....	85
7.2 Viabilidad Económica.....	87
7.3 Viabilidad de Mercado.	88
CAPÍTULO VIII: APLICABILIDAD.	90
8.1 Análisis de Mercado.....	90
8.1.1 Análisis de la Demanda.....	90
8.1.2 Análisis de la Oferta.....	93
8.1.3 Análisis de Precios.....	95
8.1.3.1 Resumen de Precios.....	106
8.1.4 Análisis de la Comercialización.	109
8.2 Estudio Técnico.	110
8.2.1.1 Transformador de Potencia.	110
8.2.1.2 Interruptores de Transferencias.....	113
8.2.1.3 Banco de Capacitores.....	114
8.2.1.4 Capacitores 25kVAR.	117
8.2.1.5 Controlador BR6000 – B44066 R6012 S230 Siemens.	118
8.2.1.6 Instalación y Conexión Controlador BR6000.....	119
8.2.1.7 Salida de Alarmas/Mensajes de error Controlador BR6000.	119
8.2.1.8 Modos de Funcionamiento Controlador BR6000.	120
8.2.1.9 Modo Automático Controlador BR6000.....	122
8.2.1.10 Programación Controlador BR6000.	122
8.2.1.11 Inicialización automática Controlador BR6000.....	122
8.2.1.12 Programación Manual Controlador BR6000.....	123

8.2.1.13	Generador de Emergencia.....	123
8.2.1.14	Control CommandPower del Generador de Emergencia.	124
8.2.1.15	Baterías para Arranque del Generador de Emergencia.	125
8.2.1.16	Cargador de Baterías DSE9461.	126
8.2.1.17	Tanque de Combustible diésel.	127
8.2.1.18	Automatización Subestación Eléctrica.....	129
8.2.1.19	PLC Siemens S7-1200 (Controlador Lógico Programable).	129
8.2.1.20	Software TIA Portal de Siemens.....	130
8.2.1.21	Sistema de Control y Mando de Subestación Eléctrica.	134
8.2.1.22	Fuente de Voltaje AC/DC.....	134
8.2.1.23	Fuente de Voltaje DC UPS.	135
8.2.1.24	Módulo de Batería.....	136
8.2.1.25	Relé Monitor de Fases.....	138
8.2.1	Análisis y determinación de la localización de la ubicación óptima del proyecto.	140
8.2.2	Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.....	141
8.2.2.1	Dimensiones.	142
8.2.2.2	Gabinetes de Transferencias.	143
8.2.2.3	Generador de Emergencia.....	146
8.2.3	Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos.	147
8.2.4	Identificación y descripción del proceso.	149
8.2.5	Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto.	150
8.2.5.1	Organización humana.....	150
8.2.5.2	Organización jurídica.	152
8.3	Estudio Económico.....	153

8.3.1 Costos de producción y Operación.	153
8.3.2 Inversión total inicial.	156
8.3.3 Punto de Equilibrio.	158
8.3.4 TIR (Tasa Interna de retorno).	158
8.4 Creación de Prototipo.	159
CAPÍTULO IX. CONCLUSIONES.	164
CAPÍTULO X. RECOMENDACIONES.	166
CAPÍTULO XI. BIBLIOGRAFÍA.	168
CAPÍTULO XII. ANEXOS.	
12.1 Encuesta.	

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1 Potencia Electrica Novem, Honduras.....	6
Figura 4.1 Subestación eléctrica	11
Figura 4.2 Subestación eléctrica industrial.....	12
Figura 4.3 Subestación electica elevadora	14
Figura 4.4 Subestación eléctrica reductora	15
Figura 4.5 Subestación eléctrica de maniobra.....	16
Figura 4.6 Campo magnético	17
Figura 4.7 Transformador de potencia	18
Figura 4.8 Transformador de potencia para subestación eléctrica industrial	19
Figura 4.9 TAP de transformador de Potencia	20
Figura 4.10 Relación de transformación.....	21
Figura 4.11 Conexión Estrella-Estrella.....	22
Figura 4.12 Conexión Delta– Delta.....	24
Figura 4.13 Conexión Estrella– Delta.....	25
Figura 4.14 Conexión Delta– Estrella.....	27
Figura 4.15 Conexión en líneas de media tensión.....	29
Figura 4.16 Conexión Transformador a Media tensión	29
Figura 4.17 Corta circuito rompe arcos.....	30
Figura 4.18 Pararrayo de polímero	31
Figura 4.19 Conos de alivio	32
Figura 4.20 Conexión baja tensión transformador de potencia	34
Figura 4.21 Triangulo de potencias.....	38
Figura 4.22 Compensación global de energía reactiva	40
Figura 4.23 Compensación parcial de energía reactiva.....	41

Figura 4.24	Compensación individual de energía reactiva	42
Figura 4.25	Controlador de Factor de Potencia.....	44
Figura 4.26	Banco de Capacitores	44
Figura 4.27	Esquema de transferencia de energía eléctrica.....	46
Figura 4.28	Interruptor de transferencia.....	48
Figura 4.29	Interruptor 3WL montaje en barras	49
Figura 4.30	Relé monitor de fases.....	51
Figura 4.31	Medidor de energía Siemens SENTRON PAC4200	52
Figura 4.32	Interfaces gráficas Power Manager	55
Figura 4.33	PLC 214 Siemens	56
Figura 4.34	Generador de emergencia	57
Figura 4.35	Diagrama unifilar Subestación eléctrica #4 Novem, Honduras	60
Figura 5.1	Características enfoque cuantitativo	63
Figura 5.2	Procesos enfoque cuantitativo	63
Figura 5.3	Esquema de la investigación	65
Figura 5.4	Esquema de población y muestra.....	67
Figura 5.5	Instrumento y Técnicas	68
Figura 5.6	Diagrama de Gantt.....	72
Figura 8.1	Consumo histórico KW/h Novem, Honduras.....	91
Figura 8.2	Costo Histórico energía eléctrica Novem, Honduras	92
Figura 8.3	Transformador de potencia	110
Figura 8.4	Conexión Delta-Estrella transformador de potencia	111
Figura 8.5	Conexión en media tensión	111
Figura 8.6	Conexión Primario de transformador de potencia.....	112
Figura 8.7	Conexión primario/secundario de transformador de potencia	112

Figura 8.8 Vista lateral de barras de interruptor de transferencia 3WL1216-4BB34-1AA2	113
Figura 8.9 Vista lateral de barras de interruptor de transferencia 3WL1216-4BB34-1AA2	114
Figura 8.10 Banco de capacitores	115
Figura 8.11 Tabla para obtener constante K	116
Figura 8.12 Capacitor Siemens 25kVAR	117
Figura 8.13 Controlador de Factor Potencia Siemens BR6000	118
Figura 8.14 Diagrama de conexión eléctrica controlador BR6000	119
Figura 8.15 Modo automático	120
Figura 8.16 Potencia reactiva kVAR	121
Figura 8.17 Etapas activas	121
Figura 8.18 Formas de acceso	121
Figura 8.19 Inicialización automática	122
Figura 8.20 Generador de emergencia	124
Figura 8.21 Control PowerCommand de generador de emergencia	125
Figura 8.22 Baterías acumuladoras de energía eléctrica DC	126
Figura 8.23 Cargador inteligente de baterías	127
Figura 8.24 Tanque de combustible diésel	128
Figura 8.25 PLC Siemens S7-1200 CPU 214C	129
Figura 8.26 Esquema de conexión eléctrica PLC	130
Figura 8.27 Interface ingreso a software TIA Portal	131
Figura 8.28 Hardware software TIA Portal	132
Figura 8.29 Lenguajes de programación software TIA Portal (AWL, KOP, FUP)	133
Figura 8.30 Fuente de tensión 24VDC	134
Figura 8.31 Módulo SITOP DC/DC UPS	135

Figura 8.32 Módulo de batería.....	136
Figura 8.33 Diagrama de conexión eléctrica Fuente/UPS/Batería	137
Figura 8.34 Diagrama de conexión relé eléctrica de monitor de fases	138
Figura 8.35 Relé Monitor de fases Siemens	139
Figura 8.36 Vista panorámica de ubicación de la nueva subestación eléctrica.....	140
Figura 8.37 Plano Subestación eléctrica #4 Novem, Honduras	141
Figura 8.38 Dimensiones de transformador de potencia.....	142
Figura 8.39 Gabinetes principales de transferencias	143
Figura 8.40 Gabinetes principales de distribución.....	143
Figura 8.41 Tablero secundario de distribución TBD1	144
Figura 8.42 Tablero secundario de distribución TBD2	144
Figura 8.43 Celdas banco de capacitores	145
Figura 8.44 Esquema de dimensiones de generador de emergencia	146
Figura 8.45 Diagrama de bloques del proceso.....	150
Figura 8.46 Organización humana proyecto subestación eléctrica #4 Novem, Honduras .	151
Figura 8.47 Diseño prototipo Subestación eléctrica Industrial con energía de ENEE	160
Figura 8.48 Diseño prototipo Subestación eléctrica Industrial con energía de generador de emergencia.....	162

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1 Consumo anual de clientes de energía eléctrica según sector, G/h.....	3
Tabla 2.2 Proyección de Incremento Potencia eléctrica Novem, Honduras	5
Tabla 4.1 Clasificación de las subestaciones eléctricas	13
Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de la conexión Estrella-Estrella.....	23
Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de la conexión Delta-Delta	24
Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de la Conexión Estrella-Delta.....	26
Tabla 4.5 Ventajas y desventajas de la conexión Delta-Estrella.....	27
Tabla 4.6 Niveles de tensión eléctrica en Honduras.....	28
Tabla 4.7 Especificaciones y Características del Cables XLP.....	33
Tabla 4.8 Características y funciones del software Power Manager.....	54
Tabla 4.9 Datos y especificaciones del generador de emergencia.....	58
Tabla 5.1 Cronograma de actividades.....	70
Tabla 7.1 Estado de resultados	86
Tabla 7.2 Calculo de la VAN y la TIR.....	86
Tabla 8.1 Precios de cables transformador a barras/Generador a barras	96
Tabla 8.2 Precio de Banco Capacitores.....	98
Tabla 8.3 Precio de Tablero, Barras, Seccionadores, interruptores de transferencia	99
Tabla 8.4 Precio de Extensión de línea en media tensión 34.5kV	100
Tabla 8.5 Precio de Instalación Transformador, barras gabinetes, banco capacitores, conexión de generador	101
Tabla 8.6 Precio de nuevo gabinete de distribución 460VAC.....	102
Tabla 8.7 Precio de transformador de potencia.	103
Tabla 8.8 Precio de generador de emergencia.....	104
Tabla 8.9 Precio de obra civil.....	105

Tabla 8.10 Resumen de Precios subestación eléctrica	106
Tabla 8.11 Dimensiones de transformador de potencia	142
Tabla 8.12 Dimensiones de generador de emergencia	146
Tabla 8.13 Disponibilidad y costo de suministros e insumos para subestación eléctrica ...	147
Tabla 8.14 Costo en HLN de energía eléctrica con generador de emergencia	154
Tabla 8.15 Costo de producción inyectar energía eléctrica de ENEE.....	154
Tabla 8.16 Comparativo de precio energía generador vs energía precio energía ENEE...	154
Tabla 8.17 Costos de Operación	155
Tabla 8.18 Inversión inicial	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 6.1 Años de experiencia de los encuestados.	73
Gráfico 6.2 Departamento de procedencia de los encuestados.....	74
Gráfico 6.3 Conocimientos en subestaciones eléctricas industriales.	75
Gráfico 6.4 Capacidad de subestaciones eléctricas actuales Novem, Honduras.....	76
Gráfico 6.5 Tipo de subestación eléctrica Novem, Honduras.....	77
Gráfico 6.6 Capacidad de generación de emergencia Novem, Honduras.	78
Gráfico 6.7 Compensación de energía reactiva.....	79
Gráfico 6.8 Capacidad del Transformador de potencia.	80
Gráfico 6.9 Interruptor de transferencia.	81
Gráfico 6.10 Diseño de subestación eléctrica.	82
Gráfico 6.11 Efecto de implementar subestación eléctrica.....	83
Gráfico 6.12 Ubicación de nueva Subestación eléctrica Novem, Honduras.....	84

ÍNDICE DE ECUACIONES.

(Ecuación 4.1) Cálculo de potencia activa	36
(Ecuación 4.2) Cálculo de factor de potencia	36
(Ecuación 4.3) Cálculo de ángulo	36
(Ecuación 4.4) Cálculo de potencia reactiva.....	37
(Ecuacion 4.5) Cálculo de potencia reactiva.....	37
(Ecuación 4.6) Cálculo de potencia aparente	38
(Ecuación 4.7) Cálculo de potencia aparente	38
(Ecuacion 5.1) Cálculo de la muestra.....	66
(Ecuación 8.1) Cálculo de potencia de banco de capacitores	115
(Ecuación 8.2) Conversion de potencia hp a kW	116

GLOSARIO.

Analizador de redes: Herramienta básica para un auditor o técnico eléctrico que desee ejecutar un plan de medidas para un estudio energético completo de una instalación o proceso.

Baja tensión: tensión inferior a los 1000 voltios.

Cable XLP: Cable mono conductor formado por conductor de cobre suave o aluminio duro 1350 con elementos bloqueadoras de humedad, con pantalla semiconductor sobre el conductor y aislamiento de polietileno de cadena cruzada.

Circuito: Sistema formado por uno o varios conductores, recorrido por una corriente eléctrica, y en el cual hay generalmente intercalados aparatos productores o consumidores de esta corriente.

Conos de alivio: está constituido de dos materiales elastoméricos pre moldeados, uno de características aislantes y el otro de características semiconductoras, unidos en el proceso de fabricación por medio de la aplicación de presión y temperatura.

Cortacircuitos: Aparato que automáticamente interrumpe la corriente eléctrica cuando es excesiva o peligrosa.

Diagrama unifilar: Es una representación gráfica simplificada de flujos y/o relaciones entre elementos de un sistema.

Energía: Capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo, y que se mide en julios.

Generador de emergencia: Maquina eléctrica diseñada para generar energía eléctrica y trabajar solamente cuando se interrumpe la energía eléctrica del sistema principal.

Interruptor de transferencia: Dispositivo que cambia la fuente de alimentación de

una a otra red.

Media tensión: Se usa para transportar la energía desde las subestaciones hasta bancos de transformadores.

Pararrayos: Artificio compuesto de una o más varillas de hierro terminadas en punta y unidas entre sí y con la tierra húmeda, o con el agua, por medio de conductores metálicos, el cual se coloca sobre los edificios o los buques para preservarlos de los efectos de la electricidad de las nubes.

PLC: Dispositivo electrónico que cumple la función de controlar un proceso de manera automática.

Potencia: Cantidad de energía producida o consumida por unidad de tiempo.

Relé Monitor de Fase: dispositivo de protección muy utilizado en sistemas trifásicos. Su función es monitorear la presencia o caída de tensión en líneas de alimentación trifásica.

Sistema eléctrico: Es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo.

Subestación Eléctrica: Es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia.

Tensión: Voltaje con que se realiza una transmisión de energía eléctrica, su unidad es el Voltio (V).

Transformador: Aparato para convertir la corriente alterna de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad, o viceversa.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

Las subestaciones eléctricas industriales tienen un papel preponderante en el desarrollo de un país o región porque es a través de estas instalaciones que se provee energía eléctrica al sector industrial y comercial, de este modo mantienen activos sus niveles productivos, a su vez las poblaciones en general cuentan con fuentes de empleo que permite generar bienestar a sus familias.

En Honduras los sectores: industrial, comercial y altos consumidores representan el 49.7% de la demanda de energía eléctrica que produce el país ya que cuentan con diferentes parques industriales, fábricas de gran tamaño y edificios de gran envergadura que para poder energizar sus equipos y maquinarias imperiosamente deben incluso implementar varias subestaciones eléctricas ya que sus potencias instaladas crecen al mismo tiempo que nuevas tecnologías en equipos y maquinarias son lanzadas al mercado en los diferentes ámbitos industriales, lo cual de cierta forma incentiva a los empresarios e inversionistas a actualizar sus planteles para mantener vigentes y competitivas sus industrias y comercios.

La presente investigación, se refiere a el diseño de una nueva subestación eléctrica transformadora reductora que la planta industrial Novem, Honduras ubicada en el Valle de Amarateca Francisco Morazán debe implementar para suplir energía eléctrica a equipos y maquinarias de nuevas tecnologías que entraran en operaciones en el segundo semestre del año 2021.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1 Antecedentes.

Hace tres décadas, era impensado que en Honduras una planta industrial produjera piezas decorativas para vehículos de lujo, esos alcances eran exclusivos para países desarrollados como Estados Unidos de América, Japón y Alemania. Pero precisamente en 1990 inicia operaciones NOVEM CAR INTERIOR DESIGN, en el Valle de Amaratéca Francisco Morazán, Honduras, iniciando la fabricación de piezas decorativas para automóviles de lujo a los grandes fabricantes como Mercedes Benz, BMW, Audi, Ford y Nissan. Lo cual ha representado desarrollo para la zona, como es la generación de fuentes de trabajo y otros beneficios inherentes a su establecimiento, además representando prestigio y orgullo para el sector industrial y para nuestro país en general. Hoy en día el proyecto de diseño y posterior implementación de una subestación eléctrica reductora en Novem, Honduras, es absolutamente necesario y justificado.

Las subestaciones se vuelven esenciales para el abastecimiento de energía eléctrica al sector industrial y productivo de Honduras. En los diferentes parques industriales del país se puede apreciar los diferentes equipos como ser transformadores reductores y sus transferencias por medio de los cuales se abastece energía eléctrica de forma segura y confiable a los altos consumidores.

En el diseño de sub estaciones eléctricas los parámetros eléctricos sobre los cuales se hace la selección de las características constructivas y de los equipos y aparatos son básicamente cuatro: las tensiones a la que trabajara la instalación, el nivel de aislamiento admisible en los aparatos por instalar, la corriente máxima prevista en servicio continuo y la corriente de corto circuito. (Harper, 2015).

En Honduras, los principales sistemas operados de mayor consumo, lo conforman el sector residencial y comercial, sumando un 67.3% del consumo total; seguidos de los

sectores de Altos Consumo e Industriales, los cuales conforman el 22.4% del total. Todos los rubros mencionados, con excepción del rubro de Altos Consumos, presentan incrementos en los Gigavatios consumidos por hora, en el año 2017, con respecto al año anterior. (INE, 2018)

Tabla 2.1 Consumo anual de clientes de energía eléctrica según sector, G/h.

Ponderación de Consumo Según Sistema Operado	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1. Residencial	41.4	40.6	40.6	39.5	38.9	39.6	40.0
2. Comercial	24.8	25.0	25.2	25.2	25.7	26.5	27.3
3. Industrial	11.3	11.5	11.2	12.0	11.6	11.8	12.4
4. Altos consumos	15.0	15.4	15.4	15.8	16.5	14.2	10.0
5. Alumbrado publico	2.4	2.4	2.3	2.3	2.1	2.3	3.7
6. Gobierno	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.3	3.7
7. Entes Autónomos	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.8
8. Municipal	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
9. Internacionales	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Se puede observar en la tabla la ponderación que se hace de un sistema operado del consumo anual de energía eléctrica por sector, con una proyección desde el 2011 al 2017 donde se puede observar un incremento sustancial en el sector comercial, industrial y altos consumidores, Novem, Honduras por tener un consumo promedio mensual de 1,500,000 kW/h y de acuerdo con la Comisión reguladora de energía eléctrica (CREE), este es considerado como un alto consumidor, y se encuentra dentro de los clientes de media tensión que posee una tarifa para el período de Oct-Dic de 2020, que equivale a 2.5600 HLN/ kWh, la tarifa es establecida por la CREE y se divide en cuatro componentes: generación, transmisión, distribución y comercialización, cada uno de ellos representa un costo a cubrir y la suma de estos componentes representa la tarifa anteriormente expuesta.

Las subestaciones de distribución en general, como en la industria automotriz, rubro al cual pertenece Novem, Honduras, se diseñan buscando siempre una máxima confiabilidad y flexibilidad en su operación. Por lo que, la facilidad para realizar maniobras tanto de switcheo o mantenimiento y al momento de desconectar equipo y sacarlo de servicio ya sea por salidas programadas o no programadas debe mantener al sistema en operación óptima, siendo así uno de los requisitos esenciales para la operación confiable de los sistemas. (Hernández, 2020).

Las Subestaciones que actualmente distribuyen la energía eléctrica a Novem, Honduras fueron creadas para realizar transferencias de energía eléctrica mediante equipos de transformación o distribución de potencia por medio un arreglo de equipos y ciertas obras complementarias, así mismo una Subestación debe ser confiable, económica, e indispensablemente debe tener un diseño sencillo tanto como sea posible, claro está, no se debe descuidar que tiene que proporcionar un alto nivel de continuidad del servicio contando con medios para que se puedan realizar futuras ampliaciones, además debe contar con los equipos necesarios para dar mantenimiento sin tener interrupciones en el servicio ni riesgos para el personal técnico que realiza las operaciones. (Hernández, 2015).

Debido a la implementación de nuevos procesos, para la creación de productos manufacturados con tecnología de punta la mayoría de compañías en la industria internacional y nacional, se ven obligadas a adquirir nuevas maquinarias y equipos, por consiguiente la puesta en marcha de estos equipos representa una fuerte inversión y aumento en el consumo de energía eléctrica, afortunadamente la mentalidad positiva y ganadora de los inversionistas de Novem, Honduras, les permite tomar nuevos retos y desafíos, apostando por seguir siendo el líder

mundial en la fabricación de piezas decorativas para automóviles de lujo y por consiguiente mantenerse a la vanguardia en nuevas tecnologías. A continuación, detallamos la nueva maquinaria con sus datos nominales de potencia, corriente y tensión, datos adquiridos de las placas de datos que han sido proporcionados por los fabricantes alemanes a través de la unidad de Gestión de proyectos de Novem, Honduras:

Tabla 2.2 Proyección de Incremento Potencia eléctrica Novem, Honduras

Pos.	Descripción	Potencia Nominal (KW)	Corriente Nominal (A)	Tensión (V)
1	Porta Moldes PUR #1	73	114.66	460
2	Porta Moldes PUR #2	73	114.66	460
3	Cuarto Climatización ONI	73	114.66	460
4	Climático sala Poliéster RAL 4	73	114.66	460
5	Chiller Enfriamiento #1	160	251.32	460
6	Chiller Enfriamiento #2	160	251.32	460
7	Dosificadora KM #1	73	114.66	460
8	Tanque almacenamiento	36	56.54	460
9	Dosificadora de RUEHL	95	149.22	460
10	Inyectora #9	308.49	484.56	460
11	Inyectora #10	308.49	484.56	460
12	Inyectora #11	308.49	484.56	460
13	Inyectora #12	318.69	500.58	460
14	Inyectora #13	308.49	484.56	460
15	Equipos Periféricos	367.63	584.56	460
Totales		2736.28	4298.50	

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Teniendo en consideración estos datos representativos de Novem, Honduras, el sector comercial, industrial y altos consumidores de energía eléctrica del país se ven obligados a diseñar e implementar sus propias subestaciones con generadores de emergencia, para suministrar y sustentar las necesidades básicas de energía eléctrica de forma eficiente, eficaz y continua en estos sectores, el diseño de una subestación eléctrica se presenta como una necesidad para la industria, ayudando sobre manera a alcanzar sus exigentes metas productivas.

2.2 Enunciado/ Definición del problema.

Debido al alto consumo de energía eléctrica que paulatinamente se incrementa en el sector industrial de Honduras y por la necesidad de la industria de mantener los equipos y maquinarias energizadas y operativas continuamente sin interrupciones diversas empresas hondureñas han optado por diseñar sus propias subestaciones eléctricas, con generadores de emergencia en el interior de sus industrias para mantener un flujo de producción permanente.

A causa de que Novem, Honduras tiene una potencia instalada de energía eléctrica en transformación de 3.2MW y en generación de emergencia de 1.9MW, además proyecta un aumento de 2.74MW en su demanda, esto representa un incremento de 85%, dicho incremento será exclusivo para energizar equipos de nueva tecnología en la manufactura de piezas decorativas para automóviles de lujo, este evento nos obliga a realizar un estudio, diseño e implementación de una nueva subestación eléctrica con transferencia automática y generador de emergencia, para proveer energía eléctrica a todas las cargas proyectadas.

Matriz de distribución de Potencia Novem, Honduras

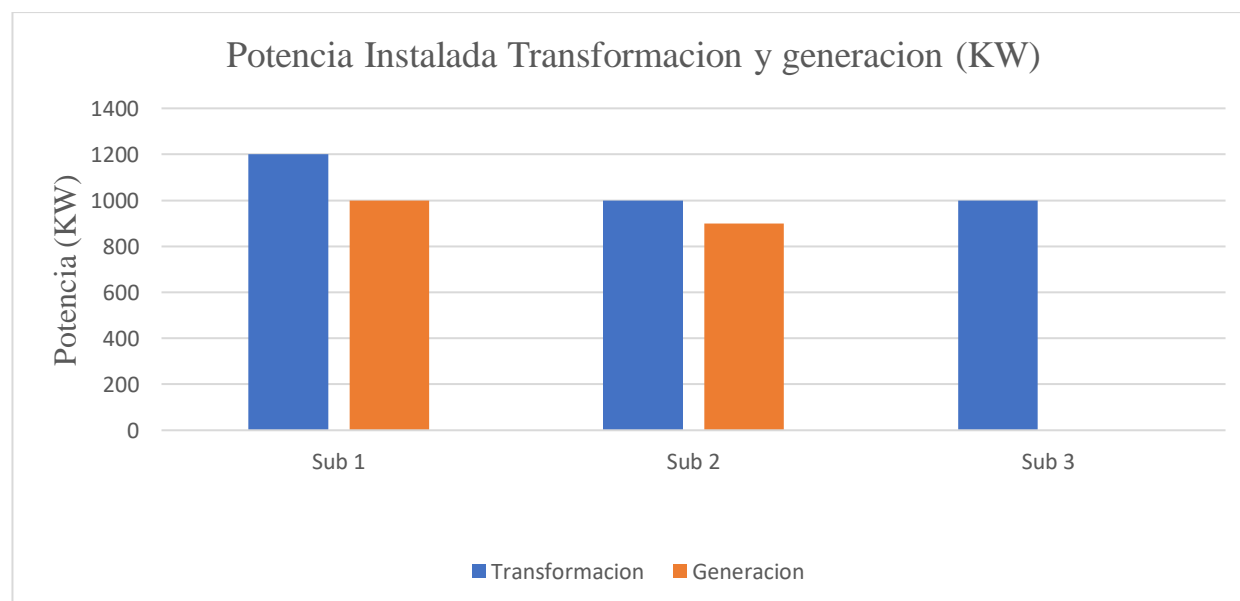


Figura 2.1. Potencia Eléctrica Novem, Honduras.

En la gráfica de barras de la figura 2.1, se representa la potencia actual instalada que es distribuida por medio de tres transformadores de potencia e interruptores de transferencias operados manualmente, contando con generadores de emergencia que deben estar listos para alimentar de energía eléctrica el plantel de Novem, Honduras, cuando ocurren interrupciones del servicio eléctrico distribuido por la empresa estatal hondureña ENEE y administrada por EEH.

La propuesta de diseñar y posteriormente implementar una nueva subestación eléctrica va a solventar el déficit energético que provocará el incremento en el consumo de energía eléctrica proyectado y se podrá poner en marcha los equipos de nuevas tecnologías. Alcanzando las metas productivas con calidad total, cumpliendo con las altas exigencias de los clientes que día a día realizan innovaciones en sus productos, para lograr mantenerse a la vanguardia de los diseñadores de piezas decorativas de automóviles de lujo a nivel mundial.

2.3 Preguntas de investigación.

1. ¿Qué tipo de subestación eléctrica se debe implementar en Novem, Honduras?
2. ¿Cuál es el tipo de conexión más apropiada para el transformador de potencia para la nueva subestación eléctrica reductora de Novem, Honduras?
3. ¿Cuál es el propósito de la compensación de energía reactiva en una planta industrial?
4. ¿Por qué se requiere instalar sistema de generación de emergencia-grupo electrógeno en la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras?
5. ¿Qué tipo de interruptor para transferencia automática es el más indicado para la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras?
6. ¿Por qué se requiere un diagrama unifilar en el diseño de una sub estación eléctrica?

2.4 Variables.

Variables.

1. Subestación eléctrica.
2. Conexión para transformador de potencia.
3. Compensación de energía reactiva.
4. Generación de emergencia.
5. Interruptor para transferencia.
6. Diagrama unifilar.

2.5 Justificación.

Diseñar e implementar una nueva subestación eléctrica reductora para distribución de energía eléctrica en el plantel de Novem, Honduras es totalmente justificable ya que las actuales sub estaciones no tienen la capacidad para soportar el incremento de carga proyectado, por medio de esta implementación se pretende energizar los equipos de nueva tecnología para la aplicación del proceso PUR que entrara en funcionamiento en el segundo semestre del año 2021.

Actualmente la aplicación de brillo a las piezas decorativas enchapadas de madera se realiza con tecnología conocida como aplicación de poliéster, por medio de maquinaria especializada con bandas transportadoras donde se realiza la aplicación de diferentes lacas, posteriormente cada pieza debe pasar por el proceso de lijado y pulido. La nueva tecnología de PUR (Poliuretano Reaction reacción de poliuretano) permitirá la aplicación de brillo a las piezas por medio de un proceso conocido como inyección de PUR, proceso que requiere la nueva maquinaria de última tecnología que está proyectada. Este nuevo proceso tiene la gran ventaja

que las piezas saldrán totalmente terminadas y ya no serán necesarios los procesos de lijado y pulido, lo cual mejorará la calidad del producto final y reducirá significativamente los costos.

El inminente incremento en la potencia eléctrica instalada, sugiere realizar un análisis de cargas y consumos energéticos para poder comparar la potencia actual vs potencia futura, lo cual otorgará datos específicos y reales en los cuales se basará la investigación para poder tener un alto grado de certeza en el diseño y óptima funcionalidad de la nueva subestación eléctrica.

Debido a la actual competencia a nivel mundial y a los altos compromisos con los grandes fabricantes de vehículos de lujo, Novem, Honduras en cierto modo está obligada a realizar cambios en sus procesos industriales e implementación de nuevas tecnologías, en muchas ocasiones esto supone realizar fuertes inversiones, por consiguiente desarrollar muchos estudios en diferentes áreas, bajo la supervisión de expertos, con el afán de obtener los mejores resultados a dichas inversiones, además estos análisis y estudios permiten y facilitan la aprobación de inversiones para la implementación de nuevas tecnologías.

En Novem, Honduras como en cualquier planta industrial, la energía eléctrica y su correcta distribución son esenciales para mantener operativa la industria, además la energía eléctrica tiene un efecto importantísimo en el desarrollo y crecimiento en las fábricas en general. Razones que nos motivan a presentar una propuesta de diseño y posterior implementación de una nueva subestación eléctrica, lo cual garantizara operatividad continua de los equipos de todo el plantel, incluso durante las interrupciones de la energía eléctrica distribuida por la empresa estatal de Honduras ENEE.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

1. Diseñar una sub estación eléctrica transformadora reductora, con transferencia automática para planta industrial Novem, Honduras.

3.2 Objetivos específicos.

1. Seleccionar el tipo de subestación eléctrica que se debe implementar en Novem, Honduras.
2. Elegir el tipo de conexión para el transformador de potencia de la nueva subestación eléctrica de Novem, Honduras.
3. Establecer la forma de compensación de energía reactiva para la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras.
4. Determinar los requerimientos del sistema de generación de emergencia-grupo electrógeno en la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras.
5. Definir el tipo de interruptores para transferencia automática de la nueva subestación eléctrica, Novem, Honduras.
6. Dibujar el diagrama unifilar para el diseño de la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras.

CAPÍTULO IV. MARCO TEORICO.

4.1 Subestación eléctrica.

A lo largo de la historia, la electricidad en general ha contribuido en el desarrollo de la humanidad, desde la generación masiva a finales del siglo XIX, donde primeramente se iluminaron las calles y los hogares, para luego jugar un papel fundamental en la revolución industrial y fue en ese punto donde grandes inventores y científicos trabajaron arduamente para poder transportarla a largas distancias, debido a esta necesidad se logró desarrollar la subestación eléctrica, con lo cual se solucionó el problema de su transporte y distribución.

Galarza & Mariela (2018) mencionan que: la Subestación Eléctrica es un conjunto de equipos que juntos forman un sistema eléctrico, cuya función es la de transformar la energía que recibe a niveles de tensión adecuados para su transporte, distribución y utilización. Este conjunto de equipos controla el flujo de energía y garantizan la seguridad del sistema con la implementación de dispositivos de protección según el diseño previo. (p.5)



Figura 4.1 Subestación eléctrica

Usualmente los sistemas eléctricos del sector industrial operan con bajas tensiones oscilando en rangos de 380, 460, y 480VAC, para lograr estos niveles de tensión es necesario implementar una subestación eléctrica industrial, para reducir el nivel de tensión a los Rangos Operativos Mencionados, normalmente en una Subestación Eléctrica Industrial el circuito de alta o media tensión se instala a la intemperie y la baja tensión para distribución se instala bajo techo en el interior de los planteles industriales como se aprecia en la siguiente figura.



Figura 4.2 Subestación eléctrica industrial

4.2 Clasificación de subestaciones eléctricas.

Las subestaciones eléctricas se clasifican dependiendo de: la función o servicio que desempeñen, por su construcción y por arreglo de barras. En este capítulo solamente abarcaremos la clasificación por su función o servicio, en la tabla se puede observar esta clasificación, seguida de una descripción de cada una de estas clases. (Cabrera, 2007)

Tabla 4.1 Clasificación de las subestaciones eléctricas

Clase	Tipo de subestación eléctrica
<ul style="list-style-type: none"> • Función o servicio 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevadora • Reductora • Maniobra

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.2.1 Clasificación por su función o servicio.

4.2.1.1 Subestaciones eléctricas Elevadoras.

Una subestación eléctrica elevadora es de vital importancia en un sistema eléctrico, debido a que se puede elevar el nivel de tensión, lo cual permite transportar y distribuir la energía eléctrica a grandes distancias, pudiendo de esta forma facilitar el abastecimiento de fluido eléctrico a todo el territorio de un país.

Una subestación eléctrica es elevadora cuando tiene banco de transformación que aumenta el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las plantas generadoras, cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltajes de transmisión; es decir, se modifican los parámetros principales de generación de energía eléctrica por medio de transformadores de potencia, estos equipos elevan el voltaje y reducen la corriente para transmitir grandes cantidades de energía eléctrica a grandes distancias; por medio de líneas de transmisión, con el mínimo de pérdidas. (Alcantar, 2015, p. 7)



Figura 4.3 Subestación eléctrica elevadora

4.2.1.2 Subestaciones eléctricas Reductororas.

Las subestaciones eléctricas reductoras se encargan de bajar el nivel de tensión de alta a media tensión, suelen bajar hasta los 13.8kV, es decir a niveles de tensión para su distribución a las ciudades o a centros industriales, es muy usual que este tipo de subestaciones se instalen en las afueras de las grandes urbes.

La función de estas subestaciones es reducir la tensión de muy alta o alta a media tensión para posterior distribución. La tensión del primario del transformador de potencia dependerá del nivel de tensión de la línea de transmisión y la tensión del secundario dependerá de la tensión de la línea de distribución. Tienen como función recibir el alto voltaje que transporta la línea de transmisión, transformándola a un bajo nivel de voltaje el cual dependerá del proyecto. En el país la subestación reductora está diseñada para alimentar una ciudad completa por lo tanto la subestación se debe ubicar en un sitio lo más cercano a la ciudad, cuidando que no quede integrada a la ciudad en poco tiempo debido al crecimiento de esta, es decir, la ubicación de la subestación se la realiza en función de los proyectos urbanísticos de la zona. El lado secundario del transformador reductor va a generar la barra de distribución de donde se alimenta todas las cargas de

una ciudad. Los niveles del secundario del transformador elevador y los niveles de voltaje del transformador reductor dependen de las características del sistema eléctrico que se maneje en cada país y de los voltajes que manejan las operadoras. (Galarza & Mariela, 2018, pág. 6).



Figura 4.4 Subestación eléctrica reductora

Es indudable la importancia de una subestación eléctrica reductora ya que transportan la energía eléctrica a los bancos transformadores de distribución y así poder llegar al sector comercial, industrial y a nuestros hogares, de esta forma contribuir en el desarrollo de nuestra sociedad.

4.2.1.3 Subestaciones eléctricas de maniobra.

Una subestación eléctrica de maniobra su función es unificar líneas de transporte con líneas de distribución, su propósito es generar confiabilidad y continuidad en el servicio porque se instalan en forma de malla o anillo, lo cual permite la salida de una línea por otro nodo en caso que su principal presente alguna avería.

Es importante tener en consideración que las líneas que concurren en una subestación de maniobra son del mismo nivel de tensión, por tal razón no requieren transformador de potencia.



Figura 4.5 Subestación eléctrica de maniobra

Quintero (2018) Menciona que las subestaciones de maniobra son las encargadas de conectar dos o más circuitos con el mismo nivel de tensión y realizar sus respectivas maniobras sin necesidad de transformar el nivel de tensión, aumentando la fiabilidad del sistema permitiendo conformar nudos en una red mallada. La necesidad de este tipo de subestaciones es brindar flexibilidad ya que debe ajustarse a diferentes situaciones, también debe contar con confiabilidad y/o seguridad cuando se presenten fallas en las barras ya que es un punto donde se unen sistemas, o en otro de los casos la generación con la carga.

4.3 Transformadores de potencia.

(CTC, 2020) Afirma: Los transformadores de potencia desde su invención fueron y siguen siendo un elemento clave en el desarrollo de la industria eléctrica. Por el trabajo que desempeñan se pudo realizar, de una manera práctica y económica, el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Por lo general, los transformadores no pierden potencia, pero hay máquinas que presentan un pequeño porcentaje de pérdidas dependiendo del estilo, el diseño, el tamaño, etcétera. El funcionamiento de los transformadores se regula por la inducción electromagnética. Los transformadores de potencia se utilizan en subestaciones para concentrar la transformación de energía en media y alta tensión. También se distribuyen en subestaciones, centrales de generación y usuarios de grandes potencias. (p.1).

El transformador se relaciona mucho con las máquinas eléctricas ya que tienen el mismo principio de operación que los generadores y motores, la acción de campo magnético es utilizada para realizar el cambio de nivel de tensión.

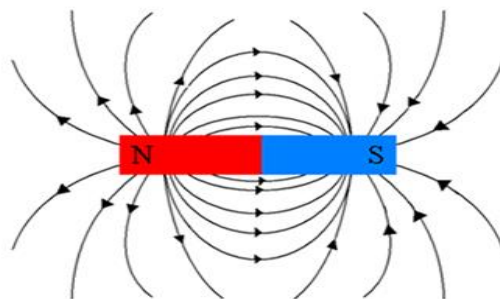


Figura 4.6 Campo magnético

Chapman (2012) Indica que: Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de energía eléctrica alterna y el segundo (y/o el tercero) suministra energía eléctrica a las cargas. El devanado que se conecta a la fuente se llama devanado primario o, de entrada, y el devanado que se conecta a la carga se llama devanado secundario o de salida. Si hay un tercer devanado en el transformador, se llama devanado terciario. (p.49).

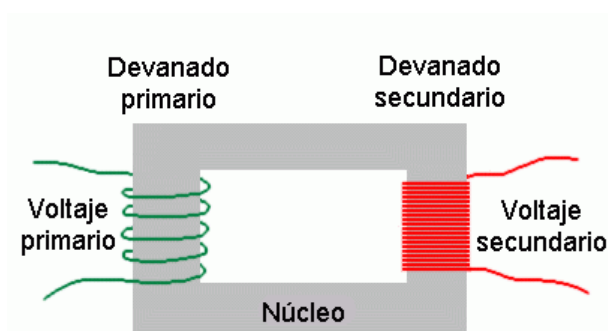


Figura 4.7 Transformador de potencia

El transformador de potencia es uno de los equipos más importantes en el diseño de una subestación, puesto que maneja grandes voltajes los cuales se expresan en kVA o en MVA, generalmente se lo considera de potencia a partir de los 500kVA hasta las potencias del orden MVA monofásicos y trifásicos. Estos transformadores generalmente se encuentran instalados en subestaciones de distribución siendo una especie de mediador entre las centrales de generación y los consumidores residenciales o industriales.

Además, se debe considerar que según el estudio de la demanda se determina la capacidad del transformador a utilizar. (Galarza & Mariela, 2018)

Es importante tener en consideracion al momento de diseñar e implementar una subestacion electrica que existen varios tipos de transformadores de potencia por lo tanto se deben verificar esos detalles y elegir el transformador que mas se adapte a la aplicación que se requiere implementar.

Tipos de transformadores de potencia:

- ✚ Transformador ferromagnético/núcleo de hierro
- ✚ Transformador elevador
- ✚ Transformador reductor
- ✚ Transformador de dos devanados
- ✚ Transformador de tipo seco

Para el diseño e implementación de la nueva subestación eléctrica industrial en Novem, Honduras se deberá utilizar transformador de potencia reductor marca WEG con conexión Delta en primario 34.5kV y estrella en el secundario 460V, con una relación de transformación de 1/75, su instalación será bajo techo en un lugar previamente elegido dentro del plantel industrial. La marca WEG es elegida debido a que actualmente en el plantel ya se cuenta con transformadores de esa marca y han presentado un gran desempeño y un precio más económico respecto a los transformadores Siemens que también existen en el planten Novem, Honduras.



Figura 4.8 Transformador de potencia para subestación eléctrica industrial

4.3.1 Tomas (taps) y regulación de voltaje en los transformadores.

Es muy importante tener en consideración que los transformadores están contruidos para poder realizar pequeños cambios en sus valores. Este dispositivo es conocido como tap. El tap de un transformador es un selector mecánico que le sobrepone al bobinado primario un número de espiras para que la tensión de salida sea la adecuada según la regulación de tensión que se operara.

Los transformadores de distribución tienen una serie de tomas (taps) en los devanados para permitir pequeños cambios en la relación de vueltas del transformador después de haber salido de la fábrica. Una instalación típica tiene cuatro tomas, además del valor nominal con intervalos de 2.5% del voltaje a plena carga. Tal distribución permite ajustes de hasta 5% por encima o por debajo del voltaje nominal del transformador.(Chapman, 2012, p. 84)

Los taps solamente se deben operar cuando el transformador esta des energizado, debido a que, si se opera con el transformador energizado, la descarga que producirá en toda la red podría dañar las cargas conectadas.



Figura 4.9 TAP de transformador de Potencia

4.3.2 Relación de transformación de un transformador eléctrico.

En un transformador, la relación de transformación es el número de vueltas del devanado primario dividido por el número de vueltas de la bobina secundaria; la relación de transformación proporciona el funcionamiento esperado del transformador y la tensión correspondiente requerida en el devanado secundario. (SMC, 2020)

Un transformador puede ser "elevador o reductor" dependiendo del número de espiras de cada bobinado. Cuando el secundario tiene un mayor número de vueltas que el primario, el voltaje en aquel es mayor que en el primario y, por consiguiente, el transformador aumenta el voltaje.

Cuando el secundario tiene un número menor de vueltas que el primario, el transformador reduce el voltaje. Sin importar cual sea el caso, la relación siempre se da en términos del voltaje en el primario, el cual puede aumentarse o reducirse en el devanado secundario. Esto se puede apreciar en la imagen seguida de este párrafo.

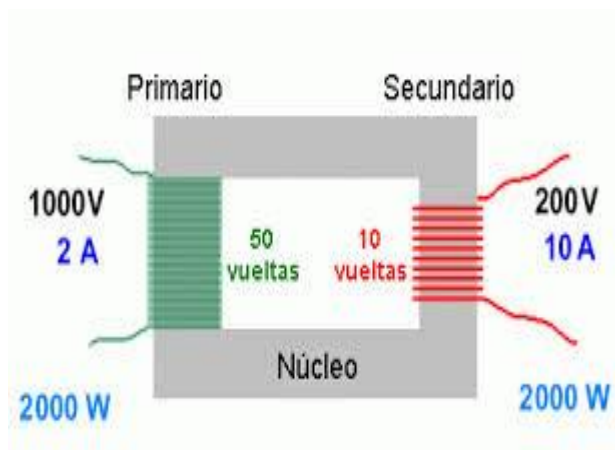


Figura 4.10 Relación de transformación

4.4 Conexiones de transformadores de potencia.

4.4.1 Conexión Estrella-Estrella.

La principal ventaja de la conexión Y-Y es que se tiene acceso a una terminal neutra en cada lado del transformador y el aislamiento eléctrico se esfuerza únicamente alrededor de 58% del voltaje de línea, así el devanado de un transformador que esté conectado en estrella tendrá menos espiras, un conductor de mayor sección proporcionando devanados mecánicamente fuertes y su construcción menos costosa en comparación a su equivalente conectado en delta, por tales razones esta conexión se considera beneficiosa cuando han de conectarse dos sistemas de tensiones altas y en determinados casos es ventajoso que no existe desplazamiento de fase entre las tensiones de las bobinas primaria y secundaria. (Mancera, Velasquez, & Villacrés, p21. 2019)

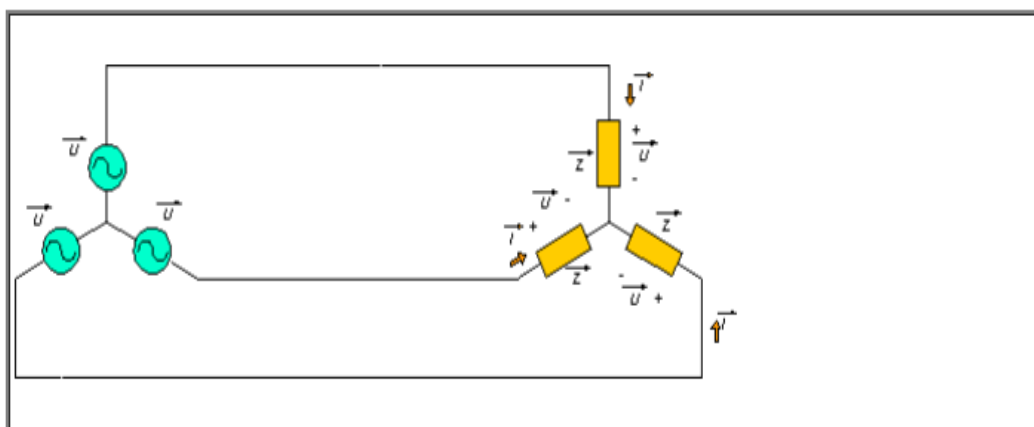


Figura 4.11 Conexión Estrella-Estrella

A continuación, se muestra una tabla en la cual se describen las principales ventajas y desventajas de la conexión Estrella-Estrella de los transformadores.

Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de la conexión Estrella-Estrella

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se puede usar neutro en primario y secundario. • Buen funcionamiento para pequeñas potencias. • El aumento de sección de conductores favorece la resistencia mecánica a los esfuerzos de cortocircuito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay desequilibrio los voltajes en las fases del transformador se pueden desequilibrar severamente. • Los neutros negativos son muy inestables si no se conectan a tierra. • La construcción de los arrollamientos es más dificultosa y su coste más elevado.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.4.2 Conexión Delta-Delta.

Se utiliza esta conexión cuando se desean mínimas interferencias en el sistema. Además, si se tiene cargas desequilibradas, se compensa dicho equilibrio, ya que las corrientes de la carga se distribuyen uniformemente en cada uno de los devanados. La conexión delta-delta de transformadores monofásicos se usa generalmente en sistemas cuyos voltajes no son muy elevados especialmente en aquellos en que se debe mantener la continuidad de unos sistemas. Esta conexión se emplea tanto para elevar la tensión como para reducirla. En caso de falla o reparación de la conexión delta-delta se puede convertir en una conexión delta abierta-delta abierta. (Transformadores-trifásicos, 2020, p.3)

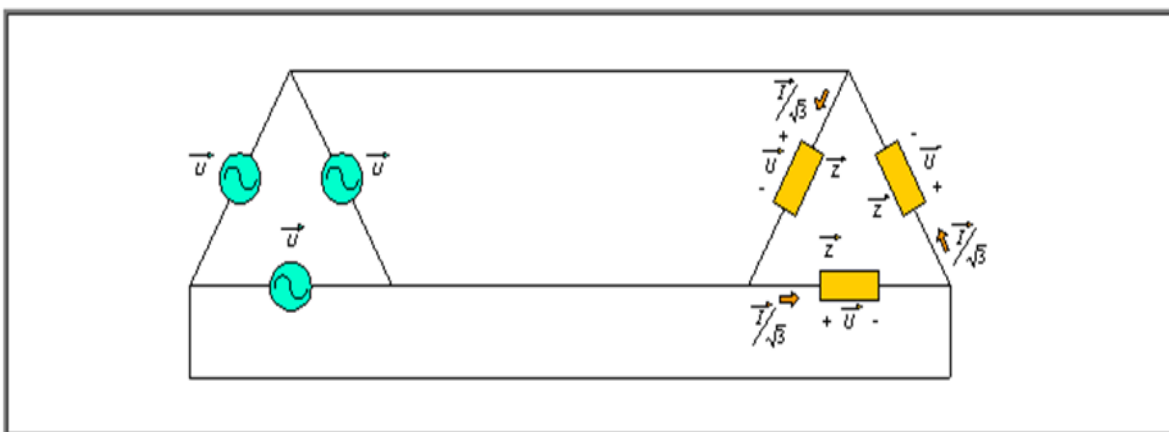


Figura 4.12 Conexión Delta– Delta

A continuación, se muestra una tabla en la cual se describen las principales ventajas y desventajas de la conexión Delta-Delta de los transformadores.

Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de la conexión Delta-Delta

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No tiene desplazamiento de fase. • No tiene problemas con cargas desequilibradas o armónicos. • Los desequilibrios en el secundario se reparten igualmente entre las fases del primario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los voltajes de terceros armónicos pueden ser muy grandes. • No dispone de salida neutro en primario ni secundario, que limita su utilización. • Cuando opera con altas tensiones de línea, los costos de diseño de las bobinas son mayores.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.4.3 Conexión Estrella-Delta.

La conexión estrella-delta es contraria a la conexión delta-estrella; por ejemplo, en sistema de potencia, la conexión delta-estrella se emplea para elevar voltajes y la conexión estrella-delta para reducirlos. En ambos casos, los devanados conectados en estrella se conectan al circuito de más alto voltaje, fundamentalmente por razones de aislamiento. En sistemas de distribución esta conexión es poco usual, salvo en algunas ocasiones para distribución a tres hilos. (Chapman, 2012, p. 94)

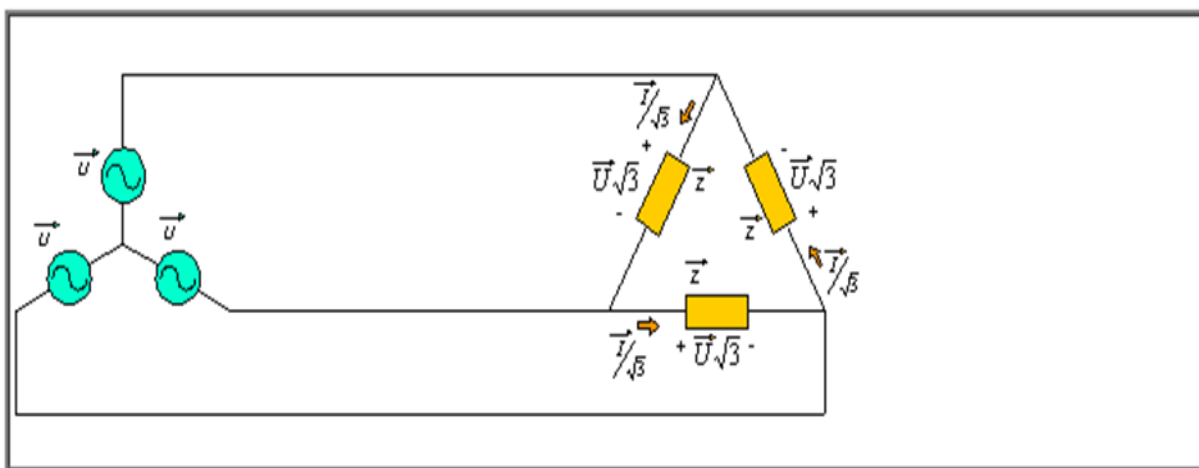


Figura 4.13 Conexión Estrella– Delta

A continuación, se muestra una tabla en la cual se describen las principales ventajas y desventajas de la conexión Estrella-Delta de los transformadores.

Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de la Conexión Estrella-Delta

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No presenta problemas con los terceros armónicos. Se consume en el delta. • Conveniente para transformadores reductores de tensión. Por las configuraciones. • Es estable con respecto a cargas desequilibradas, el delta redistribuye. 	<ul style="list-style-type: none"> • El voltaje del secundario se retrasa 30 grados respecto al primario y no permite conectar con otro transformador. • No se cuenta con neutro en el secundario. • El transformador no funciona si hay un defecto en una de las fases.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.4.4 Conexión Delta-Estrella.

Chapman (2012) Menciona: “La conexión delta-estrella, de las más empleadas en los sistemas de potencia para elevar voltajes de generación o de transmisión, en los sistemas de distribución (a 4 hilos) para alimentación de fuerza y alumbrado” (p.94).

En subestaciones industriales las transformadoras reductoras usualmente se conectan en Delta-estrella.

La aplicación principal de esta conexión tiene efecto en transformadores reductores de tensión para alimentar convertidores sincrónicos trifásicos y, al mismo tiempo, proporcionar en el lado de la estrella interconectada, un neutro para la distribución de corriente continua. A causa de la interconexión en el secundario, se puede tener una corriente continua muy desequilibrada sin que produzca efectos nocivos en la característica magnética del transformador (Carrillo, 2011)

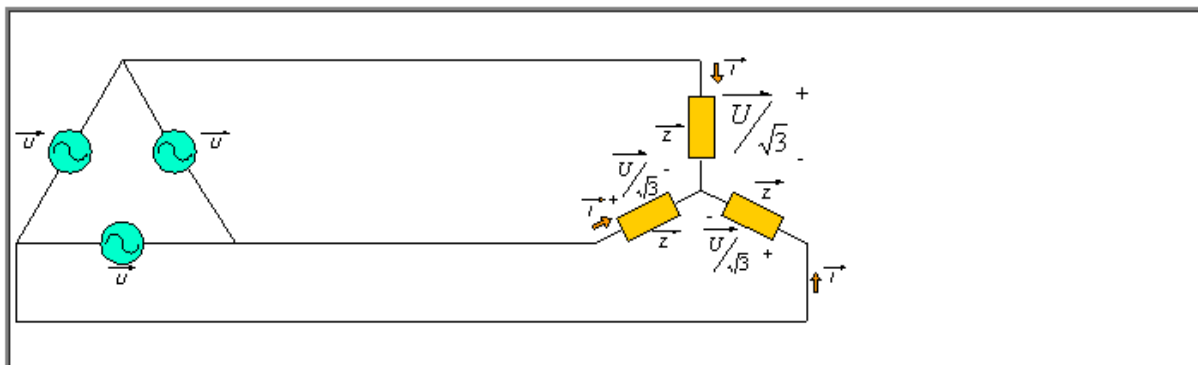


Figura 4.14 Conexión Delta– Estrella

A continuación, se muestra una tabla en la cual se describen las principales ventajas y desventajas de la conexión Delta-Estrella de los transformadores.

Tabla 4.5 Ventajas y desventajas de la conexión Delta-Estrella

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos. • Es muy útil para elevar el voltaje a un nivel muy alto. • Al producirse un desequilibrio en la carga, no motiva asimetría del flujo por producirse un reparto entre las tres columnas de primario. 	<ul style="list-style-type: none"> • La falla de una fase deja fuera de servicio al transformador. • No se dispone de neutro en el primario para conectarlo a tierra. • El devanado en delta puede ser mecánicamente débil.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.4.5 Conexión del transformador de potencia en media tensión.

4.4.5.1 Media tensión.

En Honduras se manejan diferentes niveles de tensión eléctrica, dependiendo del nivel puede ser utilizado en transmisión o en distribución. A continuación, se presenta una tabla con los valores de tensiones.

Tabla 4.6 Niveles de tensión eléctrica en Honduras

Niveles de Tensión eléctrica en Honduras		
Nivel de Tensión	Rango de tensión	Uso general
Baja tensión	Menor a 1.0 kV	Industrial, Comercial
Media tensión	1.0 kV – 34.5 kV	Distribución
Alta tensión	69 kV – 230 kV	Transmisión

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Para la conexión del transformador de potencia en la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras en el lado de media tensión es necesario realizar una extensión de línea, desde la línea que actualmente suministra energía al plantel industrial, para lo cual se requiere instalar un poste de concreto de 40' con todos sus accesorios como crucetas, cortacircuitos, pararrayos. Del cortacircuitos se transportará la energía eléctrica a través de conductor 1/0 XLP hasta los conos de alivio que se deben instalar junto al transformador en el lado de alta, para luego conectar las tres fases y el neutro a los respectivos bornes de conexión del primario a una conexión Delta.

A continuación, dos imágenes de referencia de la conexión en media tensión bajando del poste de distribución y la conexión con conos de alivio en el transformador de potencia.

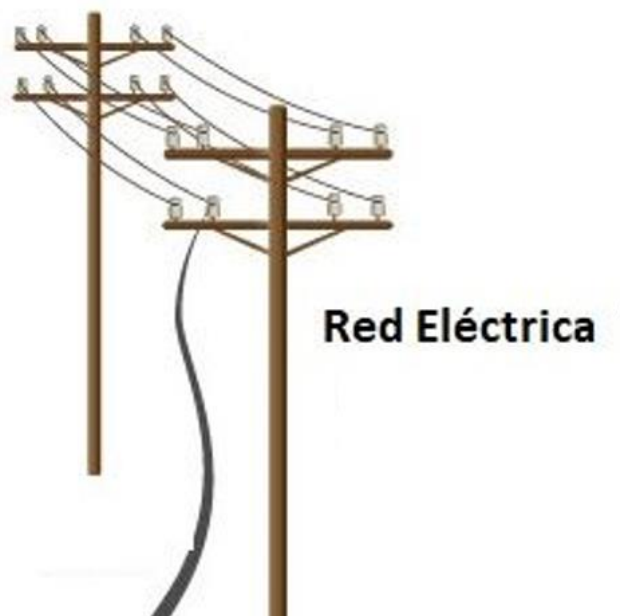


Figura 4.15 Conexión en líneas de media tensión

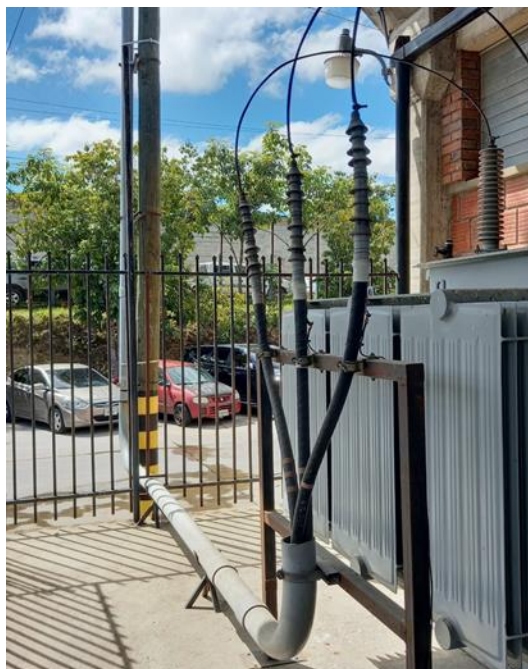


Figura 4.16 Conexión Transformador a Media tensión

4.4.5.2 Corta Circuito.

Dispositivo de seguridad destinado a interrumpir automáticamente, mediante fusión de uno de sus elementos (fusible), el paso de la corriente eléctrica por un circuito cuando la intensidad de la corriente que circula por el mismo rebasa cierto valor.

El porta fusibles tiene internamente un elemento fusible calibrado para que con determinada corriente alcance su punto de fusión e interrumpa el paso de la corriente eléctrica a través de él. Para reestablecer es necesario reponer el elemento fusible y volver a conectar. Los porta fusibles son por lo general de operación unipolar, en caso de fundirse únicamente una fase, esta es repuesta y no necesariamente se tienen que abrir las demás. (Hernandez, Higuera, Duque, Vargas, & Mera, 2020)

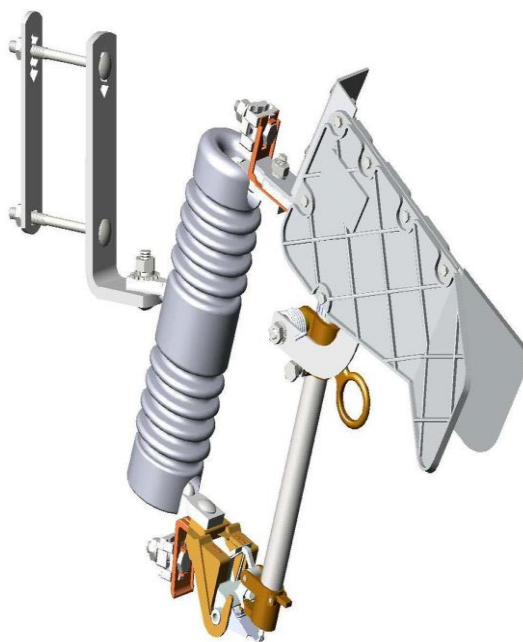


Figura 4.17 Corta circuito rompe arcos

4.4.5.3 Pararrayos.

En los sistemas eléctricos de distribución y transmisión deben instalarse pararrayos para evitar daños a los equipos por las descargas atmosféricas, actualmente los pararrayos de polímero han sustituido a los de porcelana.

Los pararrayos son dispositivos de seguridad que limitan rápida y eficazmente las sobretensiones que pueden aparecer en las redes de transmisión tras el impacto de un rayo y como consecuencia de las maniobras o de otros sucesos que provocan la aparición de corrientes transitorias. Si no se dispusiera de estos dispositivos, las sobretensiones podrían producir daños en los valiosos equipos de la red de Alta Tensión. Por esta razón, las compañías eléctricas los instalan sistemáticamente como medida de precaución.

(Skytt & Gleimar, 2020)



Figura 4.18 Pararrayo de polímero

4.4.5.4 Conos de alivio.

Los conos de alivio son utilizados en las conexiones de media tensión para reducir el esfuerzo eléctrico de los conductores. El método geométrico (cono de alivio) consiste en formar una continuación del blindaje electrostático con el diámetro ampliado del conductor, esta aplicación puede ser obtenida por medio de aplicación de cintas, elastómero preformado. (Guerra, 2010)

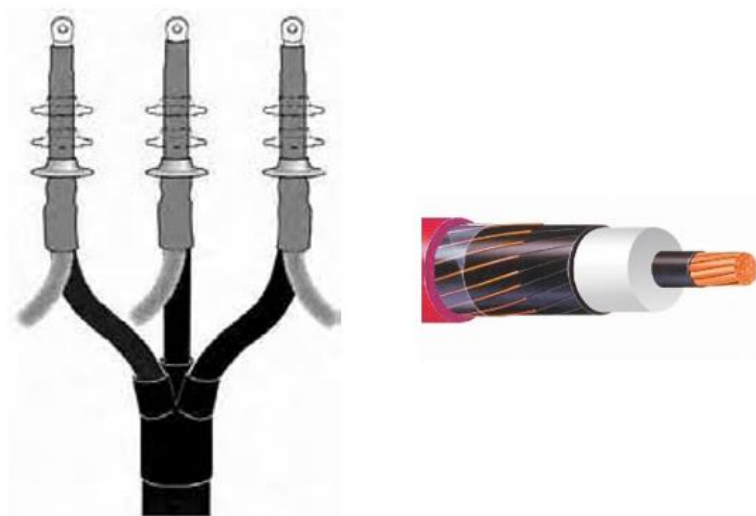


Figura 4.19 Conos de alivio

4.4.5.5 Cable XLP.

Cable mono conductor formado por conductor de cobre suave o aluminio duro 1350 con elementos bloqueadoras de humedad, con pantalla semiconductora sobre el conductor y aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), pantalla sobre el aislamiento extruida, pantalla metálica a base de alambres de cobre y cubierta de policloruro de vinilo altamente deslizable (PVC-RAD). Cable de potencia monopolar de 5kV a 35kV.

(Conductores Monterrey, 2015)

Tabla 4.7 Especificaciones y Características del Cables XLP

Especificaciones y Características Cables XLP	
Niveles máximos de operación	5 kV a 35kV (media tensión).
Nivel de aislamiento	100% y 133% (Categorías I y II).
Temperatura máxima en operación	90°C.
Temperatura máxima en operación emergencia	90°C.
Temperatura máxima en operación en cortocircuito	250°C.
Aplicaciones principales	Alimentación primaria plantas industriales y edificios con subestación.
Instalación	Conduit y ducto.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

En la tabla 4.7 se muestran especificaciones técnicas y características de los conductores XLP que se deben considerar al momento de diseñar e implementar una instalación en media tensión tal como se debe ejecutar en la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras.

4.4.5.6 Conexión del transformador de potencia en baja tensión.

En la Nueva subestación eléctrica Novem, Honduras la conexión del transformador de potencia en el lado de baja tensión será Estrella utilizando conductores Flexibles H07RN-F 4x240mm² capaz de soportar 425Amp por fase por consiguiente se deberán instalar 13 conductores, los cuales podrán soportar 5,525Amp, representando un 37% arriba de la corriente nominal del transformador que es de 5,026Amp. Se recomienda este margen considerando los picos de corriente que pueden producirse, además garantizamos que no exista calentamiento en los conductores y por consiguiente se eliminan las pérdidas excesivas por calor en el transformador.

En la figura 4.20 se muestra una referencia de la conexión en baja tensión 460V que tendrá el transformador de potencia. Los conductores viajarán a través de bandejas hasta el interruptor de transferencia para luego distribuir a un barraje de cobre capaz de soportar 5,500Amp y a dichas barras será donde se conectarán las diferentes cargas.



Figura 4.20 Conexión baja tensión transformador de potencia

4.5 Compensación de energía reactiva.

En la actualidad los costos de operación de las industrias se incrementan continuamente. La compensación de potencia reactiva juega un papel importante en la planificación y explotación de los sistemas eléctricos industriales. Su objetivo principal consiste en proporcionar una colocación apropiada de los dispositivos compensadores u otra variante técnica segura y económicamente factible; trayendo consigo una mejora del factor de potencia en los sistemas eléctricos, provocando de esta manera beneficios en el funcionamiento de las máquinas y disminución de las pérdidas, lo que se traduce en una mejoría de la disponibilidad y eficiencia del sistema .A partir de este criterio resulta de gran importancia abordar la compensación de reactivo como una tarea de preparación y toma de decisiones bajo criterios múltiples, obteniéndose cada día nuevas vías que ofrezcan soluciones óptimas dentro de la compensación. (Vargas, 2010,p.3)

Brevemente explicaremos las tres potencias eléctricas, para tener una mejor idea sobre lo que significa potencia reactiva y porque es necesario su compensación.

4.5.1 Potencia activa.

Potencia activa o potencia absorbida (P). Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo efectivo (útil); es decir es la potencia que el circuito utiliza para hacer funcionar los elementos que se conecten al circuito. En resumen, es la cantidad de potencia “útil” que consume un equipo eléctrico, la realmente consumida por los circuitos y, en consecuencia, cuando se habla de demanda eléctrica, se hace referencia a esta potencia. (Herrera, 2019,p.12)

La potencia activa se calcula con la ecuación:

$$P = V.I.\sqrt{3}.FP \quad (\text{Ecuación 4.1}) \text{ Cálculo de potencia activa}$$

Donde:

P= Potencia Activa(W)

V= Tensión (V)

I= Corriente (A)

FP= Factor de Potencia $FP = \cos\varphi$ (Ecuación 4.2) Cálculo de factor de potencia

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (\text{Ecuación 4.3}) \text{ Cálculo del coseno del ángulo}$$

4.5.2 Potencia reactiva.

La potencia reactiva (Q) no es una potencia(energía) realmente consumida en la instalación ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica donde existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa con la letra Q y se mide en voltamperios reactivos (Var). La compañía que suministra la energía eléctrica, realiza mediciones de la energía reactiva y si se superan ciertos valores, incluye penalización por reactiva en la factura eléctrica (Imergia, 2020)

La potencia reactiva se puede calcular con las dos ecuaciones que se muestran:

$$Q = V.I.\sqrt{3}.\text{Sen} \varphi \quad (\text{Ecuación 4.4}) \text{ Cálculo de potencia reactiva}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (\text{Ecuación 4.5.}) \text{ Cálculo potencia reactiva}$$

Donde:

Q= Potencia Reactiva(VAR)

V= Tensión (V)

I= Corriente (A)

S= Potencia Aparente (VA)

4.5.3 Potencia aparente.

Potencia aparente (S). Conocida como la potencia compleja de un circuito eléctrico de corriente alterna (cuya magnitud se conoce como potencia aparente y se identifica con la letra S), es la suma vectorial de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo (conocida como potencia promedio, activa o real, que se designa con la letra P (W)) y la potencia utilizada para la formación de los campos eléctrico y magnético de sus componentes, que fluctuará entre estos componentes y la fuente de energía (conocida como potencia reactiva, que se identifica con la letra Q (Var)). En conclusión, la potencia aparente representa la potencia total desarrollada en un circuito. (Herrera, 2019,p.12)

La potencia aparente se puede calcular con las dos ecuaciones que se muestran:

$$S = V \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad (\text{Ecuación 4.6}) \quad \text{Cálculo de potencia aparente}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{Ecuación 4.7}) \quad \text{Cálculo de potencia aparente}$$

Donde:

S= Potencia Aparente (VA)

V= Tensión (V)

I= Corriente (A)

P= Potencia Activa (W)

Q= Potencia Reactiva(VAR)

Como se ilustra en la figura 4.21 el factor de potencia está asociado directamente a la potencia reactiva en un circuito de corriente alterna. Mientras mayor sea la diferencia entre los ángulos del voltaje y la corriente, el factor de potencia será más bajo, lo que implicará una mayor cantidad de potencia reactiva en el circuito.

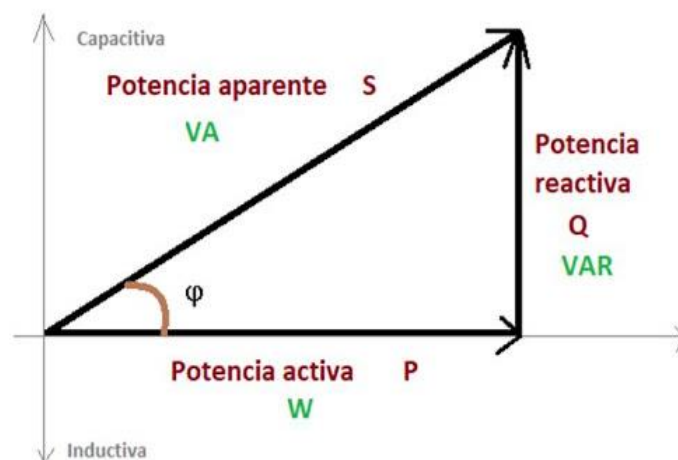


Figura 4.21 Triangulo de potencias

Las potencias eléctricas y factor de potencia (FP) son variables eléctricas que inciden a nivel industrial en el cálculo del costo de la energía eléctrica consumida; para su obtención generalmente se utilizan medidores digitales o analizadores de calidad (PQA) que emplean diferentes algoritmos o metodologías para el cálculo de la energía eléctrica, encontrándose diferencias importantes al comparar los registros obtenidos para cada una de las variables medidas. El presente artículo realiza un estudio experimental para obtener las variables eléctricas a partir de lo estipulado en la metodología señalada por norma IEEE Std 1459-2010, que se toma como referente para comparar valores para potencia reactiva que varían hasta un 40% y potencia aparente y factor de potencia hasta un 20%. Error que se atribuye a que algunos equipos de medida digitales no analizan el sistema trifásico como único y real sino como la suma de tres sistemas independientes e ideales. (Daza, Buriticá, & Garzón, 2015,p.41)

4.5.4 Formas de compensación de energía reactiva.

4.5.4.1 Compensación global.

Caso (2009) Determina que: “Se denomina compensación global ya que el banco de condensadores se instala agrupando su efecto sobre el total de las cargas alimentadas por la barra principal como se puede apreciar en la figura 4.22” (p.34).

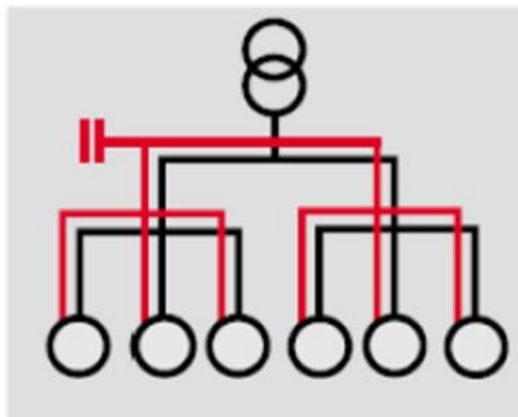


Figura 4.22 Compensación global de energía reactiva

Ventajas de la compensación global:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación.
- Descarga el centro de transformación (potencia activa disponible KW).
- Sencillo de instalar y económico.
- Se instala un solo equipo.

4.5.4.2 Compensación parcial.

Cabrera (2007) indica que la compensación parcial: “Consiste en la instalación de un grupo de condensadores en cada sección de la instalación. En caso de tener una instalación eléctrica dividida en secciones, entonces se compensa cada parte por separado” (p.15).

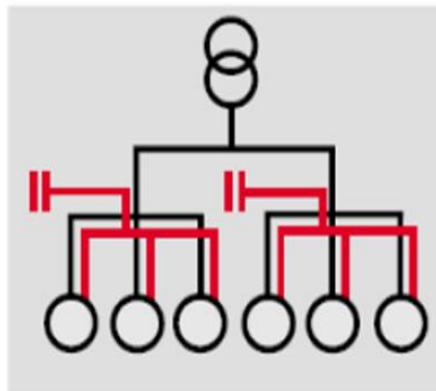


Figura 4.23 Compensación parcial de energía reactiva

Ventajas de la compensación Parcial:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta en los niveles 1 y 2.
- Descarga el centro de transformación (potencia activa disponible KW).
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables disminuyen.

4.5.4.3 Compensación individual.

Cabrera (2007) afirma que la compensación individual: “Consiste en la instalación de un condensador en los bornes de cada receptor de carácter inductivo”(p.15).

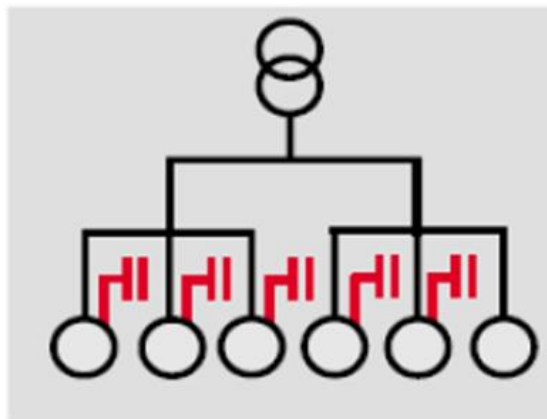


Figura 4.24 Compensación individual de energía reactiva

Ventajas de este tipo de compensación:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva (I_r) se abastece en el mismo lugar de su consumo.
- Descarga el centro de transformación (potencia activa disponible KW).
- Las pérdidas por efecto Joule en todos los cables se suprimen totalmente.

4.5.5 Tipos de compensación de energía reactiva.

4.5.5.1 Compensación fija.

Este tipo de compensación no es muy conveniente para industrias grandes que cuentan con gran cantidad de cargas inductivas y capacitivas ya que en esos casos la potencia reactiva varía constantemente, nunca se mantiene fija.

Es aplicado para potencias constantes, donde no exista variación. Como son motores eléctricos de gran potencia, o un circuito con un número determinado de carga, se calcula la potencia reactiva total e instala el banco de condensadores fijos. Y esta inyecta reactancia capacitiva para mejorar el factor de potencia inicial del sistema. (Robles, 2019,p.27)

4.5.5.2 Compensación automática.

Cabrera (2020) sostiene que la compensación automática: “Es aquella en la que suministramos la potencia reactiva, según las necesidades de la instalación. Debe utilizarse cuando nos encontramos ante una instalación donde la demanda de reactiva sea variable” (p.15).

Según la ITC'BT 43 apartado 2.7(Instrucción Técnica Complementaria para Baja Tensión), se podrá realizar la compensación de la energía reactiva, pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.

Para compensar la totalidad de una instalación, o partes de la misma que no funcionen simultáneamente, se deberá realizar una compensación automática, de forma que asegure un factor de potencia condensado con variaciones no superiores al más o menos 10% del valor medio medido en un tiempo determinado.

4.5.5.3 Compensación sugerida.

Después de exponer las formas y tipos de compensación y teniendo en cuenta el tipo de receptores que serán instalados en el plantel Novem, Honduras, la forma de compensación de energía reactiva debería ser global de tipo automática.

Se sugiere la compensación global, puesto que las instalaciones eléctricas del plantel Novem, Honduras, cuentan con gran cantidad de cargas inductivas como ser motores, transformadores. Tratar de compensar cada parte de la instalación implicaría un desembolso económico mayor debido a él gran número de equipos inductivos en el plantel industrial Novem. Para controlar automáticamente la compensación se implementará un controlador inteligente de factor de potencia de 12 etapas marca Siemens modelo BR6000-R12 que energizara o no a los capacitores dependiendo del valor del factor de potencia, que debe mantenerse lo más cercano a

1 se debe tener en consideración que el valor mínimo permitido es 0.90, un valor menor acarrea penalización económica por parte de ENEE.



Figura 4.25 Controlador de Factor de Potencia

El banco de capacitores mostrado en la siguiente figura es una demostración de implementación de capacitores activados por controlador inteligente y por etapas.



Figura 4.26 Banco de Capacitores

4.6 Sistema de transferencia automática de energía eléctrica baja tensión.

Un sistema automático de transferencia de energía eléctrica está compuesto por un conjunto de elementos de control y fuerza que nos brindan la oportunidad de alimentar la carga desde dos o más fuentes diferentes sin la intervención o manipulación humana. Para el funcionamiento automático es imprescindible elementos como ser PLC (Controlador Lógico Programable), Interruptores de transferencia automáticos, Relés vigilantes de tensión y fuentes de voltaje DC tipo UPS.

Para realizar la transferencia automática de energía eléctrica, en la planta industrial Novem, Honduras, es necesario mantener monitoreada la tensión (V) suministrada por la ENEE con un relé monitor de fases, al momento que ocurre una interrupción en el servicio, se deben de iniciar una serie de ordenes o señales que inmediatamente abrirán el interruptor de transferencia automática de energía eléctrica de ENEE y a su vez arrancara el generador de emergencia que tardara aproximadamente 6 segundos en alcanzar las revoluciones nominales de 1800rpm.

La tensión (V) del generador de emergencia también será monitoreada por otro relé monitor de fases y una vez que se encuentre en el valor requerido 480VAC y su frecuencia con un valor de 60HZ, se enviara una orden eléctrica de cierre al interruptor de transferencia de acople, seguidamente se cerrara el interruptor de transferencia del generador para alimentar las cargas, el interruptor de acople solamente podrá cerrarse si y solo si el interruptor de transferencia de ENEE está abierto y viceversa, existiendo bloqueos eléctrico, mecánico y en programa lógico entre ambos interruptores, para garantizar que ambas tensiones no se encuentren en ningún instante.. De esta forma con generación de emergencia se reactiva el suministro de energía eléctrica a la sección del plantel Novem, Honduras para la cual se diseña esta transferencia.

Cuando el servicio de energía eléctrica de ENEE se reestablezca, el monitor de fases detectara la presencia de tensión y para esperar y garantizar que tensión y frecuencia sean estables se darán 2 minutos para iniciar automáticamente la transferencia de energía al sistema

de ENEE. Pasado ese tiempo por medio de señal eléctrica se dará la orden de apertura al interruptor de transferencia acople y seguidamente la orden de cierre al interruptor de transferencia de ENEE, posteriormente se producirá la apertura del interruptor de transferencia del generador, de esta forma se abastece nuevamente a la sección del plantel con el sistema normal de ENEE.

Para el enfriamiento del motor del generador, se dejará arrancado en vacío sin carga por espacio de 6 minutos, luego automáticamente se producirá el paro.

El circuito de alimentación de la distribución eléctrica de ENEE a través de la línea L335 con un nivel de media tensión de 34.5kV trifásico. Según las cargas proyectadas se estima un transformador de potencia reductor de 4,000 kVA que bajara el nivel de tensión de 34,500VAC a 460VAC. El generador de emergencia se dimensiona para 2,600 kVA/2,080 kW, soportando una corriente de 3,131.02 A. El transfer de sistema de ENEE se implementara para soportar una corriente de 5,000A, igual que el interruptor de acople. En la sección 4.7 se podrá observar el diagrama unifilar donde se podrá validar el procedimiento explicado. En la imagen 4.27 se aprecia de forma esquemática un sistema de transferencia de energía eléctrica.

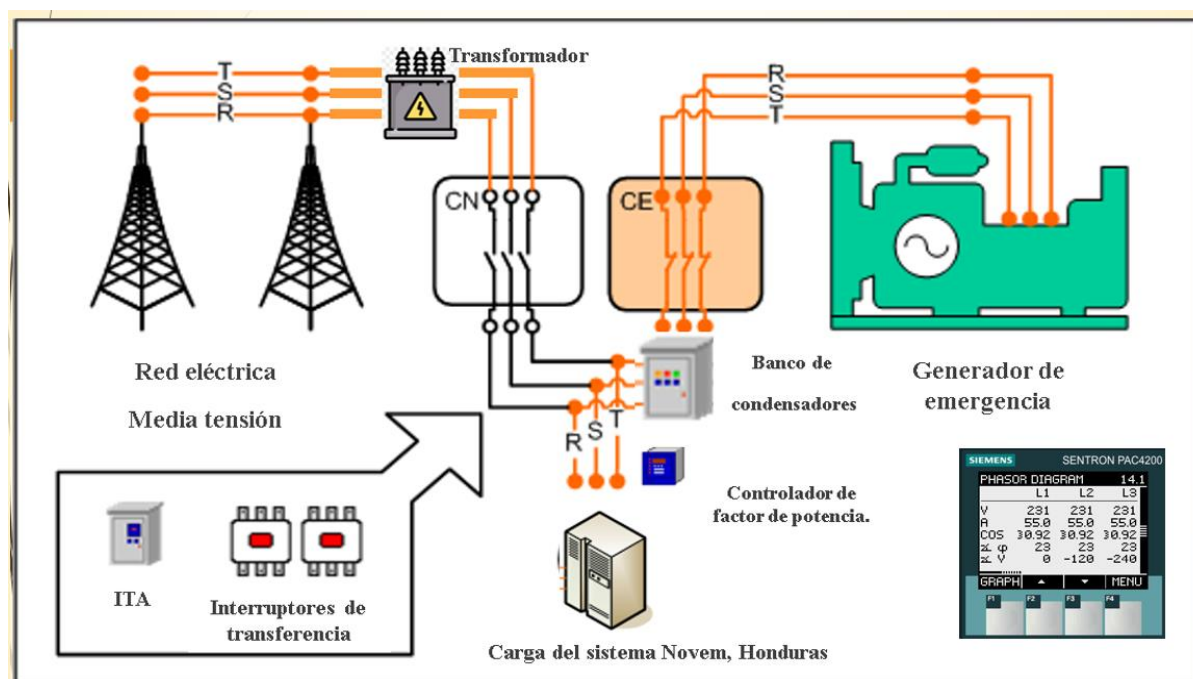


Figura 4.27 Esquema de transferencia de energía eléctrica

4.6.1 Opción Transferencia manual de energía eléctrica.

Para garantizar el continuo flujo de energía eléctrica al plantel Novem, Honduras, también el sistema de transferencia que se diseña, tendrá la opción de ser operado manualmente, solamente en caso que la operación automática presente algún problema en su funcionamiento, o cuando se requiera realizar Mantenimiento a ciertos equipos.

La operación manual se activa simplemente conmutando la perilla “Auto/Manual” a posición manual, seguidamente realizar la apertura manual del interruptor de transferencia de energía ENEE, posteriormente realizar el arranque manualmente del generador desde su tablero de control, en el tablero de control del generador de emergencia también se deberán verificar que sus revoluciones hayan alcanzado el valor nominal de 1800rpm, tensión 480VAC y una frecuencia de 60HZ. Confirmados estos valores se procederá a realizar el cierre manualmente del interruptor de acople y posteriormente el cierre del interruptor de transferencia del generador de emergencia, de esta forma se abastece de energía eléctrica al plantel de Novem, Honduras con generación de emergencia.

En modo manual, cuando la energía eléctrica de ENEE retorna. el primer paso es abrir manualmente el interruptor de transferencia de acople y posteriormente cerrar el interruptor de transferencia de suministro de ENEE, luego abrir el interruptor de transferencia del generador, 6 minutos después apagar el generador de emergencia ya que el fabricante recomienda que permanezca arrancado y sin carga durante ese tiempo.

4.6.2 Interruptores de transferencia.

Es muy importante tener en consideración que el diseño de la transferencia de energía eléctrica debe de realizarse automáticamente al momento de interrumpirse el fluido eléctrico, por lo tanto, elegir el interruptor de transferencia con funcionamiento automático y que se adecue al diseño es primordial y esencial, para lograr el funcionamiento requerido.

Un interruptor automático de transferencia es en esencia un sistema de relevación automatizado que asociado a una subestación y un generador provee un servicio eléctrico constante y eficaz, sin la intervención de un operador humano. La transferencia se activa cuando el servicio normal se suspende, conmutando a un servicio auxiliar, según sea la necesidad de la instalación eléctrica, la transferencia puede llegar a ser un sistema sumamente complicado; en la mayoría de los casos una transferencia básicamente se compone de dos interruptores, un sistema de control, y una barra común. (Taltique, 2006,p.1)



Figura 4.28 Interruptor de transferencia

Los interruptores sugeridos para el diseño e implementación de la transferencia automática de energía en la nueva subestación eléctrica industrial Novem, Honduras son marca Siemens 3WL1216-4BB34-1AA2 el cual se observa en la figura 4.28, estos son de accionamiento automático de montaje fijo 3 polos, Tamaño 2, IEC In=1600A hasta 690V, AC 50/60 Hz Icu=100kA a 500V Conexión frontal arriba/abajo taladro doble Disparador de sobreintensidad ETU 15 Prot. LI ajustable 0,5-1in Con accionamiento manual, con acumulador con activación mecánica Sin 1.º disparador auxiliar sin 2.º disparador auxiliar 2NA.

La utilización de estos interruptores se basa en el sistema de montaje y distribución se realiza en barras de cobre dimensionadas para soportar la potencia que entregara el transformador. Para las barras de cobre se diseñarán gabinetes aislados a los cuales se les integrarán protecciones tipo seccionadores con fusibles para alimentar las diferentes cargas.

Para realizar la transferencia es muy importante mencionar que en el diseño se agrega un tercer interruptor de transferencia automático de 5,000Amp, llamado interruptor de acople, aparte de los interruptores de transferencia de ENEE y de generador, debido a que el interruptor de generador debe ser de 3200Amp para su protección. En diagrama unifilar mostrado en página 60 se pueden apreciar los tres interruptores de transferencia mencionados.

En la figura 4.29 se ejemplifica el tipo de montaje del interruptor de transferencia 3WL que es en barras de cobre, tal como se implementara en este proyecto.



Figura 4.29 Interruptor 3WL montaje en barras

La importancia del interruptor de transferencia me incentiva a compartir otra definicion.

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad del Circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, y esta es su función principal, bajo condiciones de corto circuito. Sirve para insertar o retirar de cualquier circuito energizado, máquinas, aparatos, líneas aéreas o cables. El interruptor es, junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación, su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia. El interruptor debe ser capaz de interrumpir corriente eléctrica de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde la corriente capacitiva de varios cientos de amperes y las inductivas de varias decenas de kilo amperes (corto circuito). (Mar & Vidal, 2011)

4.6.3 Relé monitor de fases.

Un relé de falta de fase es un dispositivo de protección muy utilizado en sistemas trifásicos. Su función es la de monitorear las líneas de alimentación trifásicas (L1 L2 L3 o R S T y Neutro) para detectar una desconexión o caída de tensión en alguna de ellas y señalar tal condición. La falta de alguna de las fases de alimentación es una condición de riesgo en la alimentación de cualquier tipo de cargas, especialmente de motores. Si falta una fase por fallos en la provisión de energía, la acción de un elemento de protección como un fusible o desperfectos en un elemento de conmutación como un contactor, el motor funciona en una condición de desequilibrio que puede ocasionar sobre corrientes, recalentamiento o vibraciones. La falta de neutro también es una situación de riesgo, ya que puede provocar sobretensiones que pueden dañar los bobinados. (Tolocka, 2017,p.1)

Los relés monitores de fases que se recomienda para el diseño de subestación eléctrica Novem, Honduras son marca Siemens de la familia SIRIUS 3UG3013-1BR, a continuación, una breve descripción del producto: relé de vigilancia analógico Pérdida y secuencia de fase subtensión ajustable Desequilibrio 20% fija 3 x 160 hasta 690 V AC 50 a 60Hz Histéresis 5% fija Retardo 0-20 s 2 conmutados, bornes de tornillo, Producto sucesor de 3UG3013-1B. (Siemens,2018, p.1)



Figura 4.30 Relé monitor de fases

4.6.4 Medidor de energía.

La tecnología de medición de energía evoluciona año con año. Para el monitoreo interno de la energía eléctrica, se incluye en el diseño de la nueva subestación eléctrica un medidor de nueva tecnología marca siemens SENTRON PAC4200. Es medidor universal con varias interfaces de comunicación indicaciones de texto multilingüe control de la calidad de red ampliable mediante módulos opcionales registro de perfil de carga registro preciso de la energía, exportación de gráficas y otros beneficios.

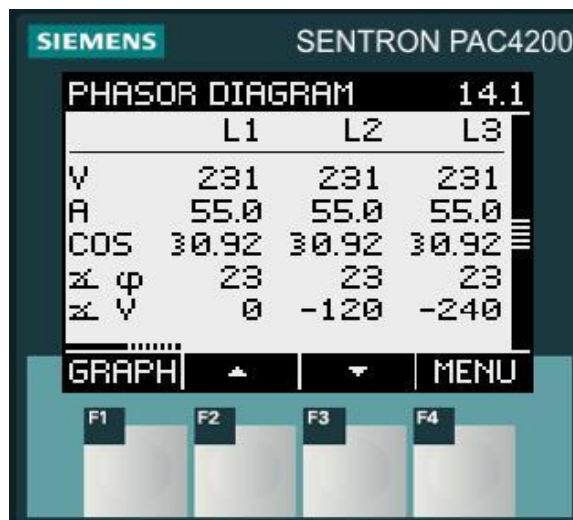


Figura 4.31 Medidor de energía Siemens SENTRON PAC4200

El medidor universal Siemens SENTRON PAC4200 se usa para registrar y mostrar todos los parámetros de red importantes en las distribuciones de energía de baja tensión. Este medidor universal Siemens SENTRON PAC4200 es apto como un dispositivo independiente o integrado en un sistema de gestión de energía universal. Además del registro de energía, también es posible con este medidor universal controlar de forma permanente la calidad de red. El medidor universal Siemens SENTRON PAC4200 detecta armónicos hasta el 31 orden e indica el grado de distorsión con el factor THD. Los datos operativos y del sistema se registran en la memoria interna para la valoración del estado del sistema. También se puede registrar el perfil de carga durante un largo periodo con el medidor universal Siemens SENTRON PAC4200 y analizarlo posteriormente. Contadores de impulsos de gas, agua y aire comprimido u otros portadores de energía pueden ser conectados a las entradas y salidas digitales del medidor. Gracias a la interfaz de Ethernet, una interfaz RS-485 opcional o Profibus y Gateway de Ethernet a RS-485 (opcionalmente disponible), es posible la integración en sistemas existentes. El medidor se maneja a través de las cuatro teclas de la parte frontal. La gran pantalla 72 x 54 mm

dispone de varias indicaciones definibles por el usuario, tales como gráficos de barras, listas, o histogramas. El uso en ambientes húmedos o polvorientos, no representa problemas debido al tipo de protección IP65 (parte frontal). Con la ayuda del software SENTRON power manager que se incluye en el envío, se puede configurar el medidor universal Siemens SENTRON PAC4200 de forma fácil y rápida. Por otra parte, los valores de medición actuales pueden ser observados y los datos guardados (formato CSV) en la memoria interna pueden ser seleccionados. (Siemens, 2020)

El software de monitorización de energía power manager ofrece, en combinación con aparatos de medida SENTRON, una solución de gestión de la energía que aumenta la transparencia de consumos y reduce los costes energéticos.

El software Power Manager ofrece diferentes beneficios como ser:

- ✚ Reportes integrados fáciles de usar
- ✚ Función de reporting es parte integral de Power Manager, con vista propia
- ✚ La creación de los informes no precisa de Excel
- ✚ Informes disponibles en formato xls, pdf y csv
- ✚ Creación manual y controlada por tiempo
- ✚ Plantillas para:
 - Imputación de costes
 - Distribución de frecuencias
 - Consumos de energía absolutos y totales
 - Análisis de desviaciones
 - Evaluaciones anuales
 - Informes estándar
- ✚ Email con el informe generado distribuible vía servidor SMTP Server (con/sin login), sin necesidad de MS Outlook
- ✚ Todo basado en web (creación, generación y visualización)
- ✚ del punto de datos en el árbol de proyectos
- ✚ Selección del punto de datos en el árbol de proyectos

A continuación, se muestra una tabla en la cual se describen las características/funciones como beneficios del software Power Manager.

Tabla 4.8 Características y funciones del software Power Manager

Características/Funcion	Beneficios
Ajustes de proyectos preconfigurados.	Rapida puesta en marcha y facil familiarizacion.
Visualización en forma de característica del perfil de carga y las variables medibles.	Deducción de las medidas de ahorro de energía posibles.
Informes para imputar consumos y costes a centros de costes cualesquiera	Localización de consumos innecesarios. Localización rápida de errores y defectos Mayor sensibilización del consumo de energía.
Monitorización de límites mediante alarmas configurables.	Adaptación de consumo de energía Evitación de picos de carga.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo del tipo de interfaces gráficas que pueden ser configuradas con el software Power Manager.



Figura 4.32 Interfaces gráficas Power Manager

4.6.5 PLC (Controlador Lógico Programable).

Estos sistemas de control en el campo de la industria tienen el nombre de autómatas programables, también llamados PLC (por sus siglas en inglés: Programmable Logic Controller controlador lógico programable). Estos PLC son dispositivos electrónicos que cumplen la función de controlar un proceso de manera automática. Un PLC se compone

de tres elementos principales CPU, Memoria interna e interfaces de entradas y salidas.

(Villancas, 2019)



Figura 4.33 PLC 214 Siemens

Para el diseño e implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem Honduras es imprescindible un PLC para realizar una automatización segura, confiable y eficaz, por esos motivos se recomienda un PLC marca Siemens 6S7 214-1AG40-0XB0 con 14 entradas digitales y 10 salidas digitales, además 2 entradas análogas, dicho PLC se aprecia en la figura 4.33 mostrada arriba.

4.6.6 Generación de emergencia-grupo electrógeno.

Los grupos electrógenos se usan como suministro de respaldo a otras fuentes de alimentación para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Sin embargo, en ocasiones poco frecuentes se puede dar el caso de requerir su utilización como fuente principal de alimentación para los SSAA (sistemas auxiliares de emergencia). La planta

de emergencia es sumamente útil, sobre todo cuando usted requiere tiempos de respaldo prolongados, ya que una de las características principales de la planta es la de ser capaz de generar energía, cuando el suministro normal falla, durante tiempos prolongados a un costo muy económico. (Viteri, Garzón, & Narváez, 2016,p.4)

Es de tener en consideración que, la planta de emergencia por sí misma, no actúa sola, es necesario de una transferencia automática u operar de manera manual para que cuando ocurra una interrupción del suministro eléctrico, opere el generador de respaldo (explicado en apartado 4.6.1), y mantener energizados las máquinas eléctricas y equipos que requieren de suministro eléctrico para su operatividad.

Teniendo en consideración que las cargas proyectadas ascienden a una potencia nominal de 2,736.28KW y en corriente nominal a 4,298.50Amp, en el diseño de la nueva subestación se incluye un generador de 2600kVA/2080KW/3131.0Amp, además con la posibilidad de instalar cargas en el futuro, la capacidad del generador es totalmente justificada. El generador será instalado bajo techo sin encapsulamiento.



Figura 4.34 Generador de emergencia

Es muy importante verificar y validar los datos del generador de emergencia para poder elegir con mayor propiedad al momento de tomar la decisión de adquirirlo por tal razón se incluye tabla de especificaciones y datos del generador seleccionado.

Tabla 4.9 Datos y especificaciones del generador de emergencia

Datos de generador de emergencia		
Capacidad: 2080kW	Modelo: C2000D6	Motor: Cummins
Voltaje: 230/480V ac	Alternador: Stanford	Modelo: Cummins QSK60
Fabricación: Inglaterra	Aislamiento: Clase H	Control: Cummins PCC3.3
Certificación: CE	Frecuencia: 60HZ	Combustible: Diesel

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.6.7 Formas de arranque de generador de emergencia.

La operación de la planta eléctrica de emergencia es muy sencilla y puede funcionar en dos modalidades:

- **Operación automática.**
- **Operación manual.**

Tanto la operación manual como automática fueron abordados en las secciones (4.6)

4.7 Diagrama unifilar subestación eléctrica.

Los diagramas unifilares representan las partes que componen a un sistema eléctrico de modo gráfico, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una visualización completa del sistema de la forma más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, rara vez es necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar o de una línea. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar que pueden ser obtenidos de la NMX-J-136-ANCE, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico. (Hernandez, 2019)

Cabe recordar que una subestación eléctrica debe ser identificada con un nombre único y además su diagrama debe proporcionar de una manera clara, precisa y concisa el arreglo de los equipos de la misma, en este caso la nueva subestación eléctrica que se diseña en Novem, Honduras su nombre propio será Subestación eléctrica #4.

A continuación, se presenta el diagrama unifilar representativo de la nueva subestación eléctrica (#4) de Novem, Honduras.

CAPITULO V. METODOLOGIA/PROCESO.

En esta sección se encuentra detallada la metodología y proceso que se sigue en esta investigación, se definirá el enfoque, método, alcance, diseño, población, tipo de muestra, la unidad de análisis y respuesta, a su vez podemos encontrar la técnica e instrumento que se aplicará para medir las variables, las fuentes de información que sustentaran y darán validez a la investigación, además se incluye la cronología del trabajo brindando detalles de las diferentes actividades realizadas, también se adjuntan aspectos de relevancia con los cuales se logra alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

5.1 Enfoque y Métodos.

5.1.1 Enfoque.

El enfoque de la investigación es un proceso sistemático, disciplinado y controlado y está directamente relacionada a los métodos de investigación que son dos: método inductivo generalmente asociado con la investigación cualitativa que consiste en ir de los casos particulares a la generalización; mientras que el método deductivo, es asociado habitualmente con la investigación cuantitativa cuya característica es ir de lo general a lo particular. El propósito del siguiente tema es el de explicar los diferentes enfoques que se utilizan en una investigación científica y que representan la clave y guía para determinar resultados congruentes, claros, objetivos y significativos. (Eumed, 2020).

5.1.2 Método.

El concepto de método alude al “camino a seguir mediante una serie de operaciones, reglas y procedimientos fijados de antemano de manera voluntaria y reflexiva, para alcanzar un determinado fin que pueda ser material o conceptual” (Pulido, 2015)

5.1.3 Enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernandez S. R., 2014, p. 4)

El enfoque aplicado en esta investigación es cuantitativo porque se recolectan datos y así mismo serán analizados, este enfoque fue seleccionado ya que permitirá recabar y analizar datos numéricos en relación a las variables determinadas, que han sido previamente establecidas.

Además, el enfoque cuantitativo es elegido porque este tiene el propósito de obtener respuestas a preguntas técnicas establecidas sobre el diseño de una subestación eléctrica transformadora reductora con transferencia automática, por consiguiente, estas respuestas también validaran las variables de la investigación.

Características y procesos del enfoque cuantitativo.

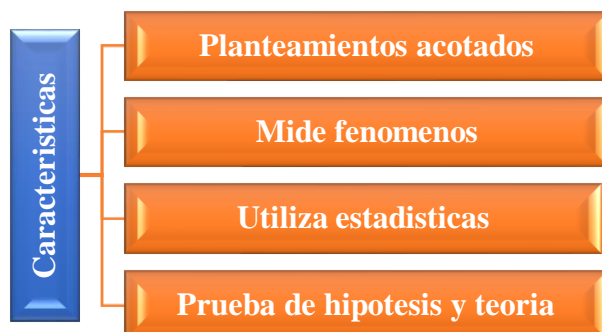


Figura 5.1 Características enfoque cuantitativo

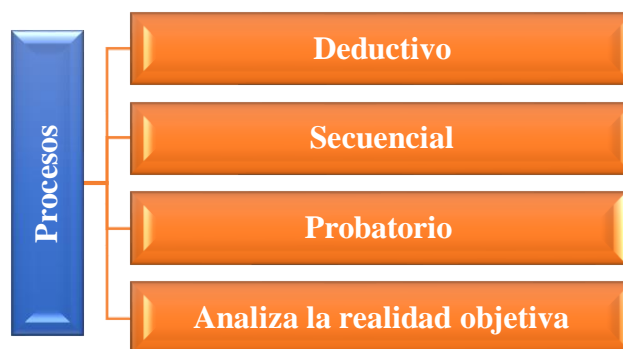


Figura 5.2 Procesos enfoque cuantitativo

5. 1.4 Método de investigación.

Para la investigación utilizaremos el método deductivo, debido a que este extrae conceptos, definiciones, conclusiones lógicas y válidas. A partir de nuestras proposiciones, está basado en la descomposición del todo en sus partes, va de lo general a lo particular y se caracteriza porque contiene un análisis. De igual manera parte de generalizaciones ya establecidas, de reglas, leyes o principios destinados a resolver problemas particulares o a efectuar demostraciones.

5.1.5 Alcance de la investigación.

Hernández Sampieri (2014) Afirma que: un estudio descriptivo busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

El alcance de la investigación es descriptivo, porque tiene como objetivo indagar aspectos técnicos de las variables, como ser capacidades de transformador de potencia kVA, generación de emergencia kW, espacio físico que ocupará la subestación eléctrica además de análisis técnico que será utilizado para discutir la factibilidad que se tendrá con las variables de la investigación que se miden de forma independiente.

5.1.6 Diseño de la investigación.

El diseño de esta investigación es transeccional no experimental ya que la recolección de datos es recopilada en un momento único.

5.1.7 Esquema de la investigación.

La investigación se realizó mediante el enfoque cuantitativo, siendo el alcance de la investigación descriptivo, el diseño de investigación utilizado es el no experimental, transeccional o transversal.

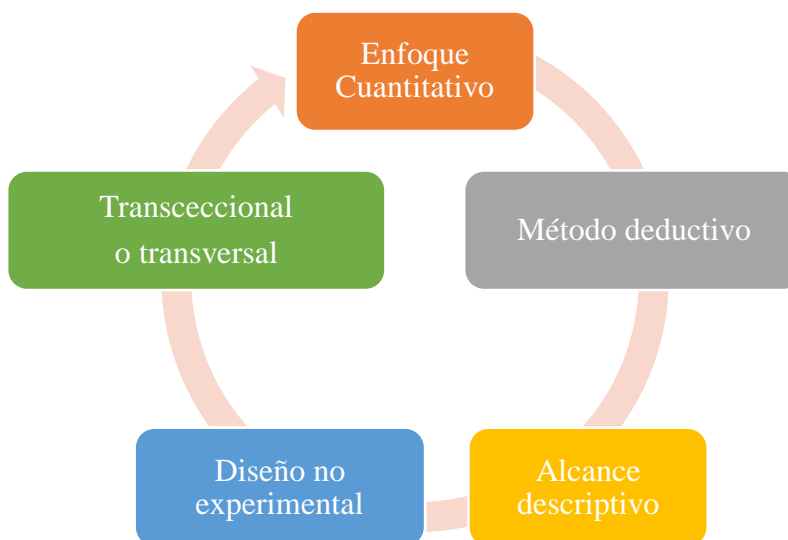


Figura 5.3 Esquema de la investigación

5.2 Población y muestra.

Luego de definir enfoque, alcance y diseño de la investigación, procedemos a la selección tanto de población como de muestra con el propósito de obtener información que se utilizará para definir el diseño de la subestación eléctrica, dicha información se obtendrá de la población que será los departamentos técnicos de Novem, Honduras con un total de 15 personas, a su vez toda la población de Novem, Honduras se verá beneficiada por dicho diseño.

Hernández Sampieri (2014) Afirma que: “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.174).

Una muestra es un conjunto de elementos seleccionados de una población de acuerdo a un plan de acción previamente establecido (muestreo), para obtener conclusiones que pueden ser extensivas hacia toda la población. Ejemplos constituyen las muestras que escogen las empresas encuestadoras en estudios de sondeos de opinión, o la selección de un grupo de artículos recibidos en una bodega para estimar las condiciones de todo un embarque. (Cecilia, 2018)

5.2.1 Tipos de muestra.

Básicamente, categorizamos las muestras en dos grandes ramas:

- las muestras probabilísticas.
- las muestras no probabilísticas.

El tipo de muestra utilizada en la investigación es probabilística aleatoria estratificada ya que son esenciales en los diseños de investigación transeccionales, tanto descriptivos como correlacionales-causales y todos los individuos que componen la población elegida tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra.

5.2.2 Esquema población y muestra.

Para la muestra de la investigación la población será delimitada seleccionando a los empleados de la empresa NOVEM CAR INTERIOR DESING, siendo la unidad de análisis los empleados del Área de Mantenimiento, Área de Gestión de proyectos y Área de Ingeniería de procesos.

La población estimada es de 15 personas y el análisis de muestra se realizó mediante la fórmula establecida, los cálculos realizados indicaron con un margen de error de 5% y un nivel de confiabilidad de 95% que la población encuestada debe ser de 15 personas.

La fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas fue aplicada para realizar el cálculo de la muestra.

$$n = \frac{z^2(p)(q)(N)}{e^2(N - 1) + z^2(p)(q)}$$

(Ecuación 5.1) Cálculo de la muestra

$$n = \frac{1.96^2(0.50)(0.50)(15)}{0.05^2(15 - 1) + 1.96^2(0.50)(0.50)} = 14.50$$

Debido a que la población es pequeña el instrumento se aplicara a las 15 personas, además se realiza la validación del tamaño de la muestra por medio de la fórmula que confirma ese valor.

Donde:

N= Población Total

n= Tamaño de la muestra

z= Nivel de confianza 1.96 (si confiabilidad es 95%)

p= Proporción positiva (50% = 0.50)

q= Proporción negativa (50% = 0.50)

e= Error máximo permitido (5% =0.05)

En la figura 5.4 se resume tipo de muestra, unidad de análisis y delimitación del universo.

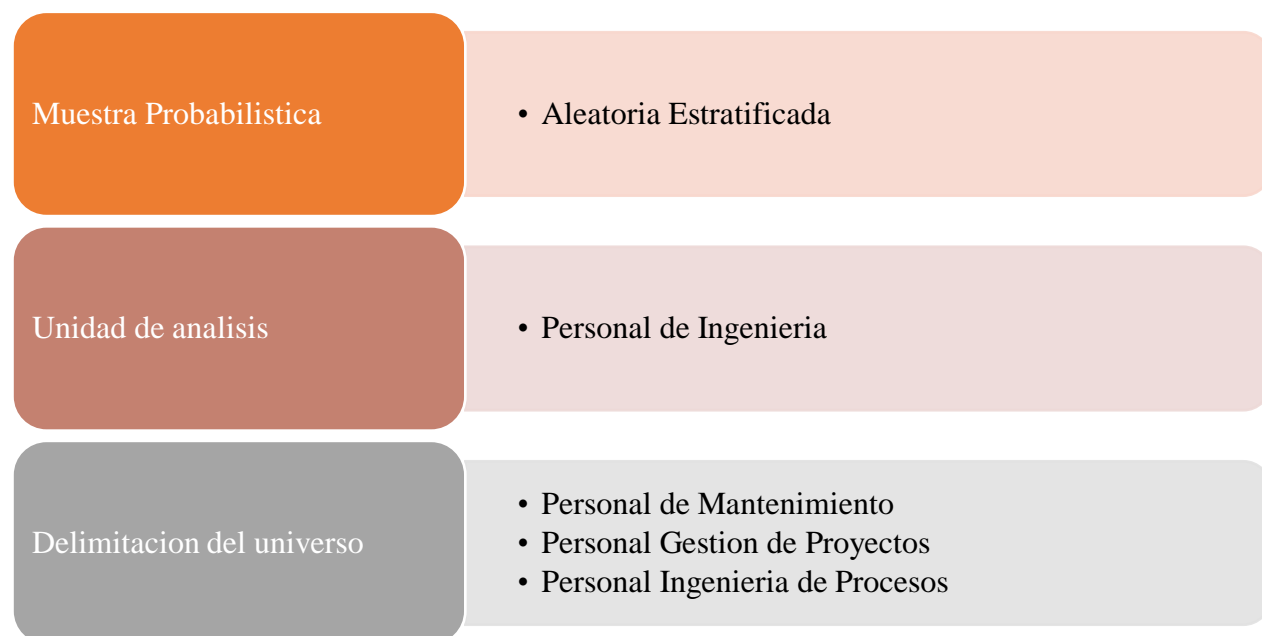


Figura 5.4 Esquema de población y muestra

5.3 Unidad de análisis y respuesta.

La unidad de análisis en la que estará focalizado este estudio son los miembros de ingeniería de Novem, Honduras que involucra los departamentos de Mantenimiento, Gestión de Proyectos e Ingeniería de Procesos a quienes se les aplicara el instrumento de una encuesta.

La unidad de respuesta será las personas que tienen conocimiento técnico y experiencia en el desarrollo de diferentes proyectos. Siendo así las personas idóneas que podrán aportar datos confiables a esta investigación.

5.4 Técnicas de instrumentos aplicados.

La técnica para la recolección de datos aplicada en la investigación es una encuesta, esta técnica de recolección de datos nos ha permitido establecer contactos con nuestras unidades de análisis utilizando la modalidad de encuesta enviada por correo electrónico a los encuestados.

5.4.1 Instrumento de la investigación.

El instrumento utilizado para la investigación es la encuesta, porque al ser utilizada como herramienta nos ayudara para que expertos en sistemas eléctricos aporten opiniones calificadas, el fin de esas opiniones es considerarlas y utilizarlas para el diseño de una subestación eléctrica en Novem, Honduras.

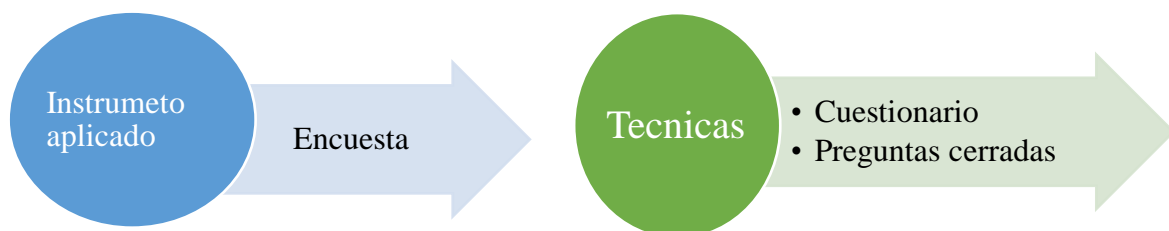


Figura 5.5 Instrumento y Técnicas

5.5 Fuentes de información.

Una fuente de información es todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento. Las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Encontramos diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda que hagamos. (Marisol, 2015)

5.5.1 Fuentes Primarias.

- ❖ Personal de Mantenimiento Novem, Honduras.
- ❖ Personal del departamento de Gestión de Proyectos Novem, Honduras.
- ❖ Personal de Ingeniería de Procesos, Novem, Honduras

5.5.2 Fuentes secundarias.

- ❖ Libro. Metodología de investigación autor Roberto Hernández Sampieri (2014).
- ❖ Libro. Fundamentos Básicos de la Estadística autor Cecilia Salazar (2018).
- ❖ Documento. Fuentes de información autor Marisol Rivera (2015).

5.6 Cronología del trabajo.

La cronología del trabajo es presentada en la tabla 5.1

Tabla 5.1 Cronograma de actividades.

Periodo de Actividades	Actividad	Desarrollo de actividades
Semana 1 del 12 al 18 octubre de 2020	Definir metodología del trabajo Proyecto Fase I y determinar tema de proyecto	Se explicó y definió toda la documentación del Proyecto Fase I y todos los lineamientos que debemos seguir y algunos conceptos de investigación.
Semana 2 del 19 al 25 octubre de 2020	Explicación conceptos para desarrollar una investigación	Recolección de datos cuantitativos. Selección de la muestra
Semana 3 del 26 octubre 2020 al 01 noviembre 2020	Entrega Avance #1	Planteamiento del problema
Semana 4 del 02 al 08 noviembre de 2020	Entrega Avance Capitulo II	Entrega de: <ul style="list-style-type: none"> • . Planteamiento del problema. • Enunciado/Definición del problema • Preguntas investigación • Hipótesis/variables

		<ul style="list-style-type: none"> • Justificación
Semana 5 del 09 al 15 noviembre de 2020	Entrega Capitulo III y IV	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos de la investigación • Marco Teórico
Semana 6 del 16 al 22 noviembre de 2020	Retroalimentación. Aprobación Instrumento de medición.	<ul style="list-style-type: none"> • Recapitulaciones manuales de forma y fondo, aplicación normas APA. • Revisión e ideas Instrumento de medición
Semana 7 del 23 al 29 noviembre de 2020	Revisión y retroalimentación Capítulo V Metodología/Proceso y Capitulo VI Resultados y Análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión Marco Teórico. • Revisión y entrega metodología/Proceso y Resultados y análisis.
Semana 8 del 30 noviembre de 2020 al 06 diciembre de 2020	Capítulos VII, VIII, IX, X	Entregar: Conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.
Semana 9 del 07 al 13 diciembre de 2020	Proyecto Finalizado	Entrega proyecto final
Semana 10 del 14 al 20 diciembre de 2020	Compromiso de desarrollo detallado	Compromisos del proyecto

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Hemos detallado todas las actividades realizadas con el fin de dar cumplimiento al proyecto de investigación, se crea un diagrama de Gantt basado en los detalles de la tabla 5.1, de esta forma se pretende visualizar y consultar las actividades con mayor rapidez.

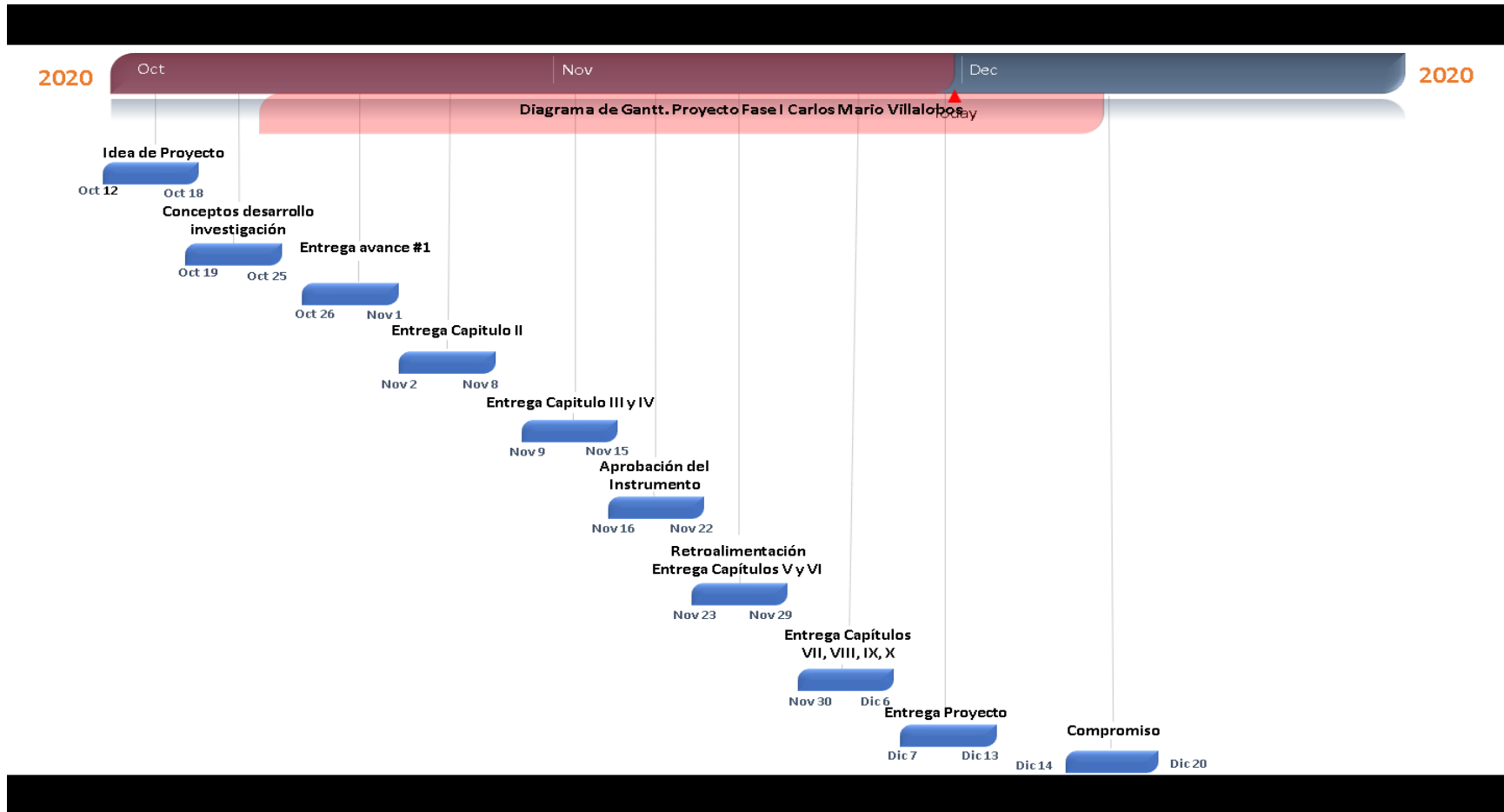


Figura 5.6 Diagrama de Gantt
(Fuente: Elaboración propia, 2020)

CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANALISIS.

En esta sección se analizarán los datos correspondientes a la encuesta aplicada donde se espera analizar los resultados a partir del instrumento de medición.

Pregunta 1.

¿Años de experiencia en sistemas eléctricos?

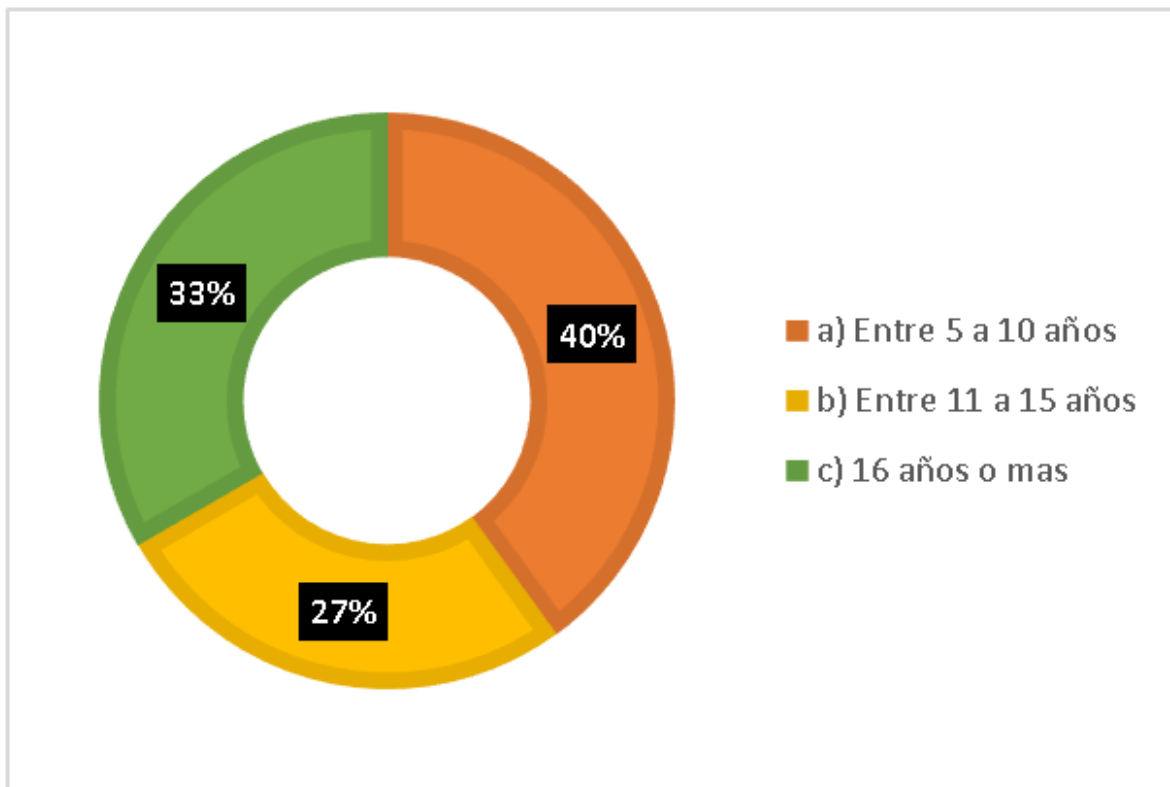


Gráfico 6.1 Años de experiencia de los encuestados.

Análisis pregunta 1.

Considerando el gráfico, observamos que todos los encuestados tienen mucha experiencia en sistemas eléctricos, lo cual nos ayudaría a validar de forma muy fidedigna los datos técnicos, esto supone un aporte muy importante para el desarrollo de la investigación.

Pregunta 2.

¿Departamento en cual trabaja?

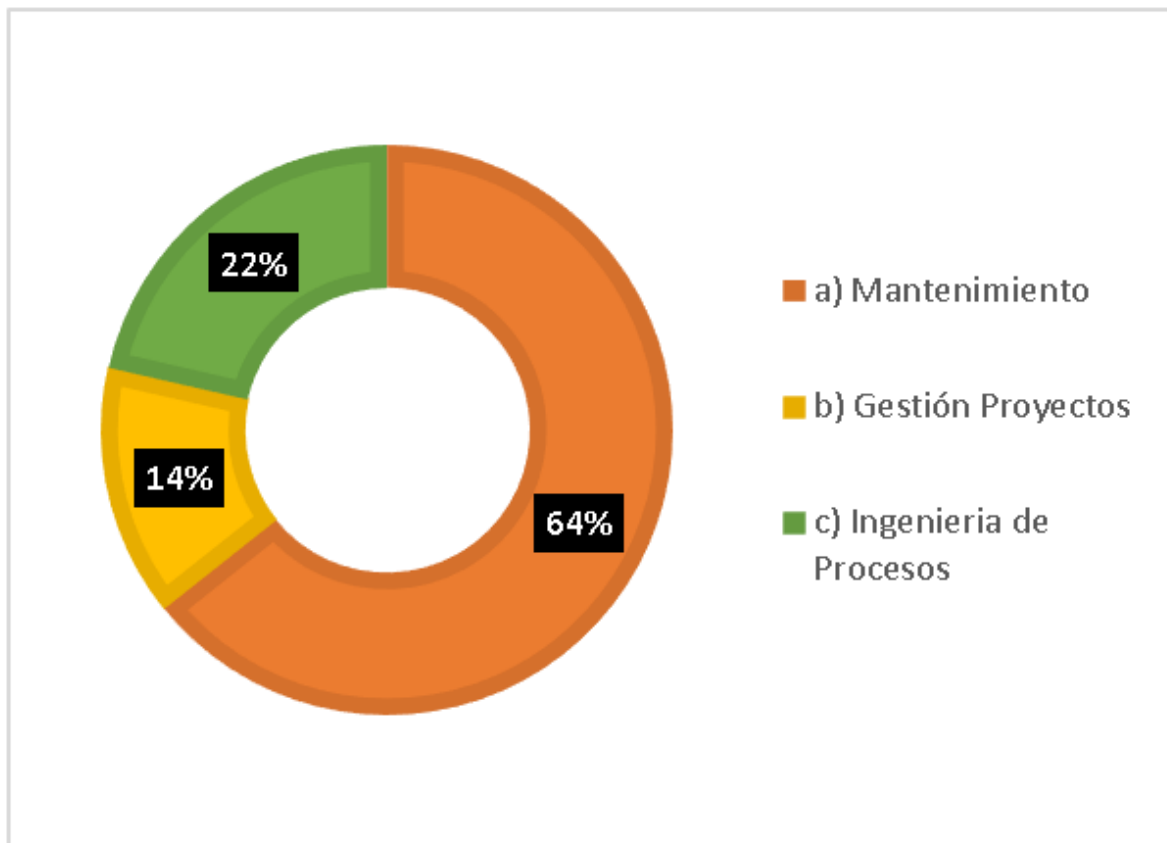


Gráfico 6.2 Departamento de procedencia de los encuestados.

Análisis pregunta 2.

Esta pregunta tiene como objetivo conocer de donde provienen los encuestados y podemos ver que las personas encuestadas pertenecen mayormente al departamento de Mantenimiento, siendo muy conveniente para la investigación ya que es el personal más especializado en instalaciones industriales de todo tipo, igualmente los departamentos de Gestión de Proyectos e Ingeniería de Procesos ayudaran a confirmar datos sobre el diseño de la subestación eléctrica Novem, Honduras.

Pregunta 3.

¿Tiene algún conocimiento sobre subestaciones eléctricas Industriales?

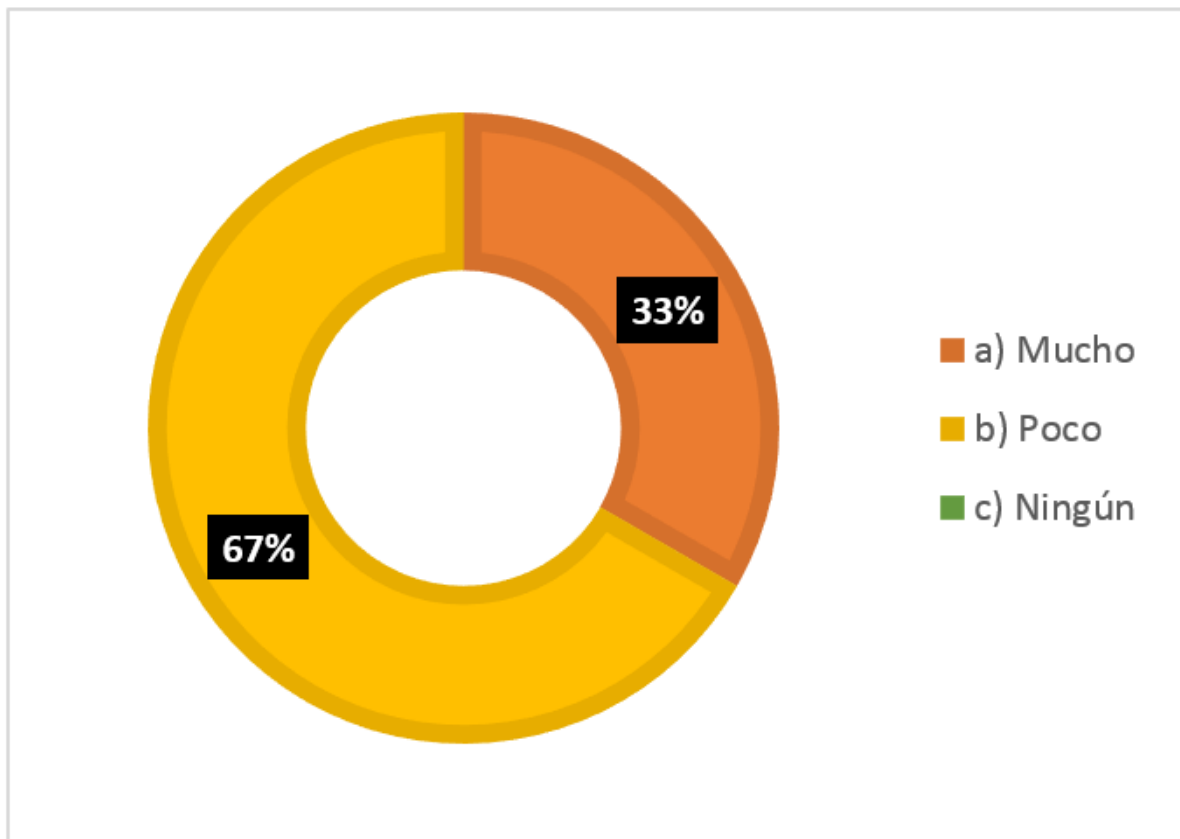


Gráfico 6.3 Conocimientos en subestaciones eléctricas industriales.

Análisis pregunta 3.

Teniendo en consideración el gráfico, se observa que los encuestados tienen conocimientos en subestaciones eléctricas industriales, esto representa una ventaja en la investigación y diseño de la subestación eléctrica en Novem, Honduras que vendrá a suplir el déficit que provocará el aumento de carga proyectada.

Pregunta 4.

¿Cree usted que las actuales subestaciones eléctrica de Novem, Honduras son capaces de soportar una mayor potencia de la actual?

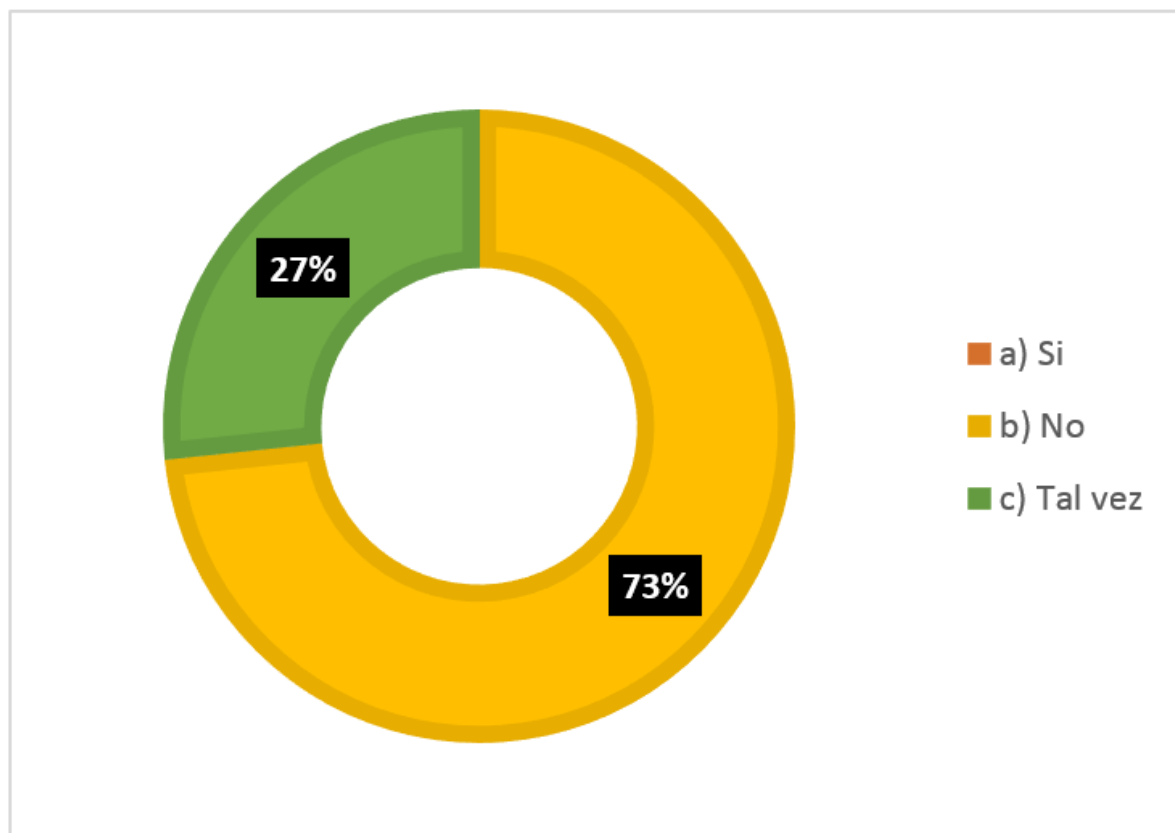


Gráfico 6.4 Capacidad de subestaciones eléctricas actuales Novem, Honduras.

Análisis pregunta 4.

La mayoría de los encuestados coinciden en esta pregunta, ya que afirman que las actuales subestaciones eléctricas de Novem, Honduras no son capaces de soportar una mayor potencia de la actual, esto afirma la necesidad de una nueva subestación eléctrica y el resto de los encuestados no lo encuentran posible, pero tampoco descartan la posibilidad.

Pregunta 5.

¿Cuál considera usted que debe ser el tipo de subestación eléctrica más apropiado a implementarse en Novem, Honduras?

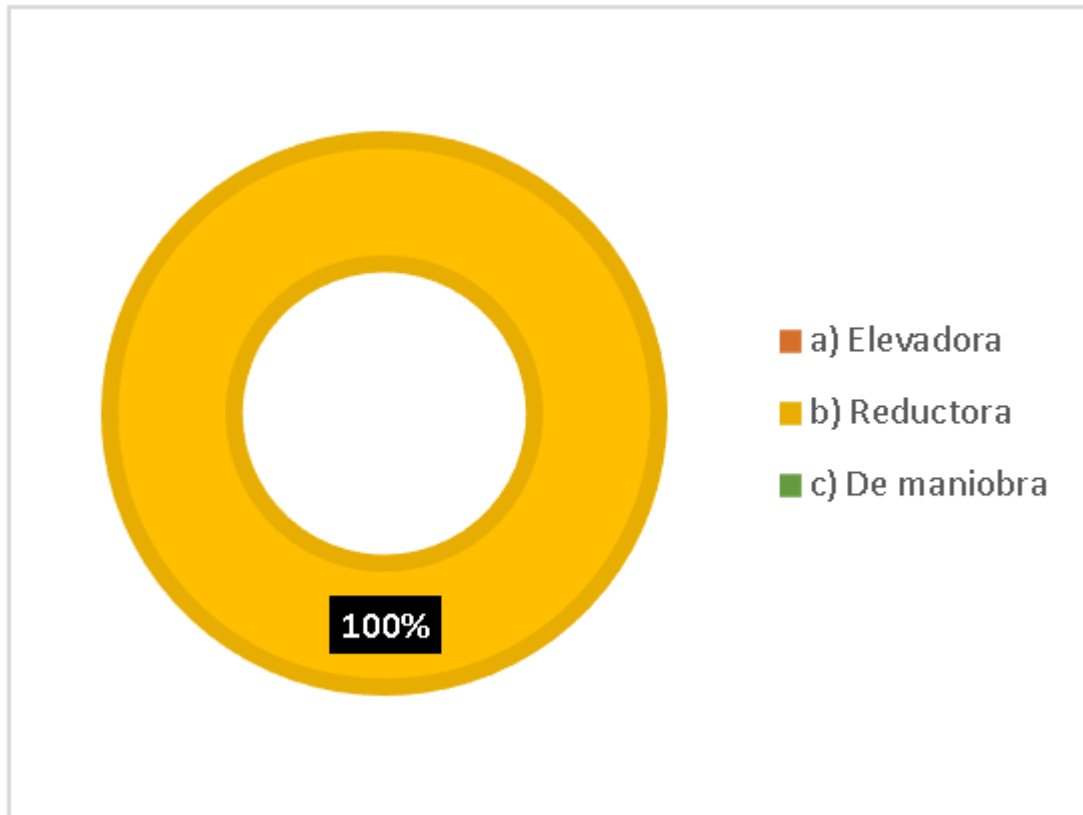


Gráfico 6.5 Tipo de subestación eléctrica Novem, Honduras.

Análisis pregunta 5.

Claramente el gráfico nos muestra que todos los encuestados consideran que el tipo de subestación eléctrica transformadora reductora es el apropiado a implementarse en Novem, Honduras porque se requiere bajar el nivel de tensión, por lo cual podemos concluir que el tipo de subestación elegido en el diseño de la subestación eléctrica es el adecuado.

Pregunta 6.

¿Considera usted que la actual capacidad en generación de emergencia instalada es capaz de abastecer energía eléctrica a la nueva carga proyectada?

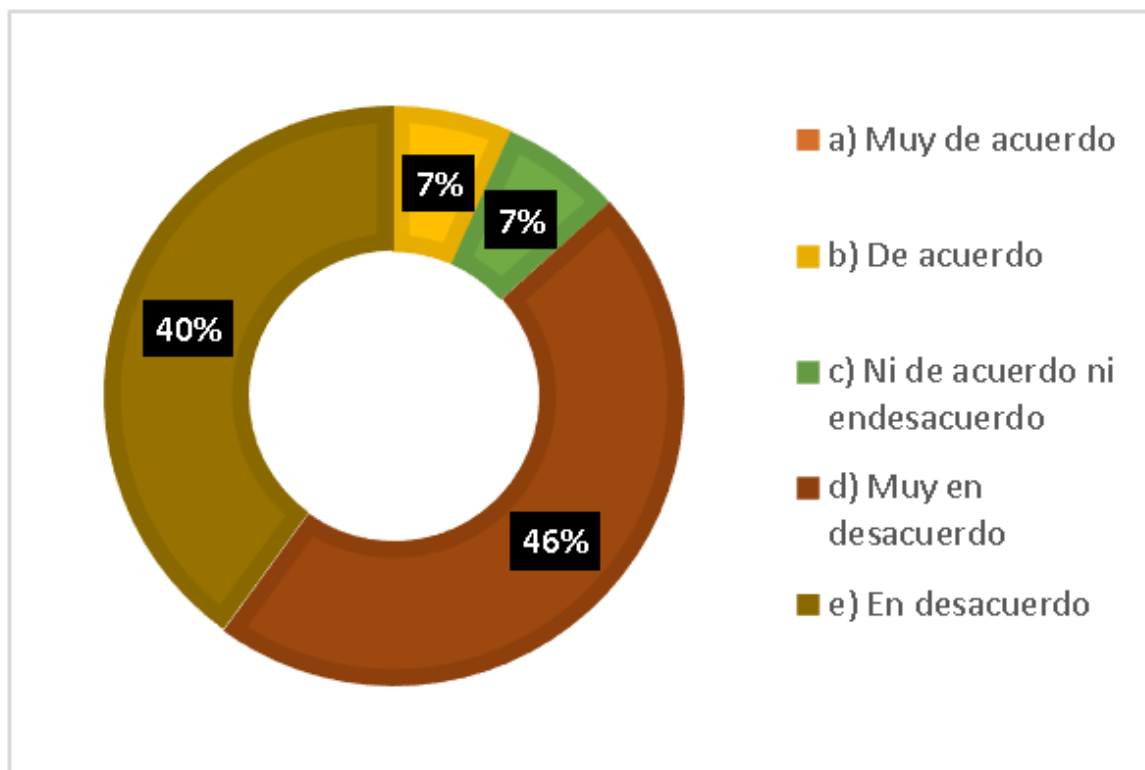


Gráfico 6.6 Capacidad de generación de emergencia Novem, Honduras.

Análisis pregunta 6.

Tal como se puede apreciar, la mayoría de los encuestados coinciden que la generación de emergencia instalada actualmente en Novem, Honduras no podrá soportar las nuevas cargas proyectadas. Confirmando que se requiere un nuevo generador de emergencia para la implementación de la nueva subestación eléctrica.

Pregunta 7.

¿Conoce los beneficios de la compensación de energía reactiva en una planta industrial?

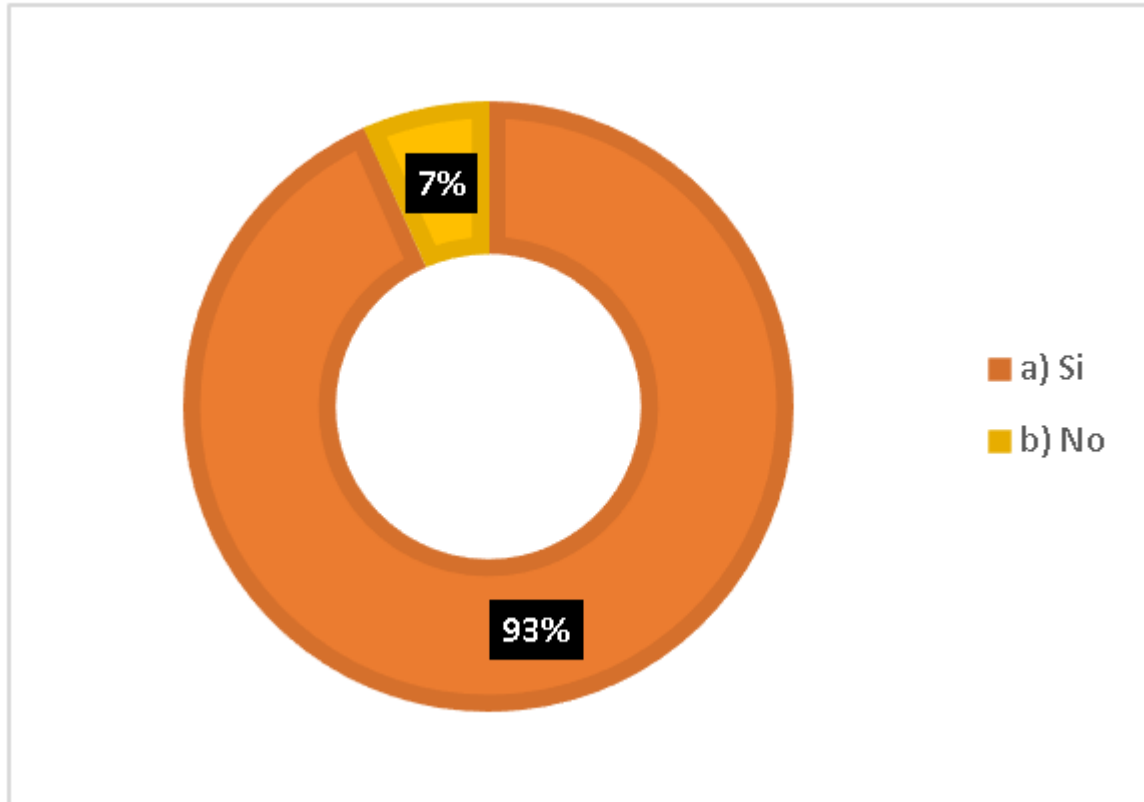


Gráfico 6.7 Compensación de energía reactiva.

Análisis pregunta 7.

Un gran porcentaje de los encuestados conocen los beneficios de la compensación de energía reactiva en una planta industrial. Es muy importante considerar la compensación de energía reactiva en el diseño e implementación de una subestación eléctrica porque ayudan a balancear todo el sistema y consigo evitar penalizaciones económicas en la facturación de la energía eléctrica.

Pregunta 8.

¿Cuál sería el rango idóneo del transformador de potencia que se requiere en la subestación eléctrica Novem, Honduras?

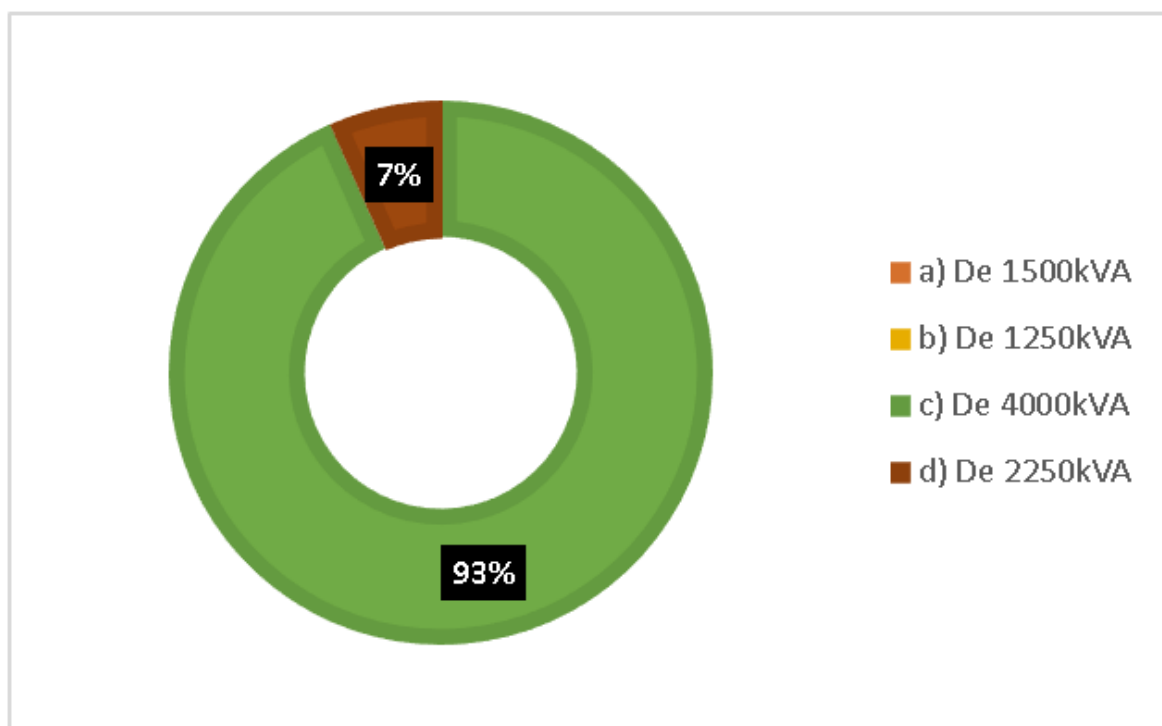


Gráfico 6.8 Capacidad del Transformador de potencia.

Análisis pregunta 8.

El gráfico nos confirma que los encuestados expresan que el transformador de potencia que se requiere en la subestación eléctrica Novem, Honduras debe ser de 4000kVA porque las cargas nominales proyectadas se acercan a ese rango, además el transformador debe quedar con un excedente para albergar cargas futuras después de su implementación.

Pregunta 9.

¿Considera que el interruptor de transferencia de accionamiento automático es el adecuado para la transferencia de energía eléctrica, de la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras?

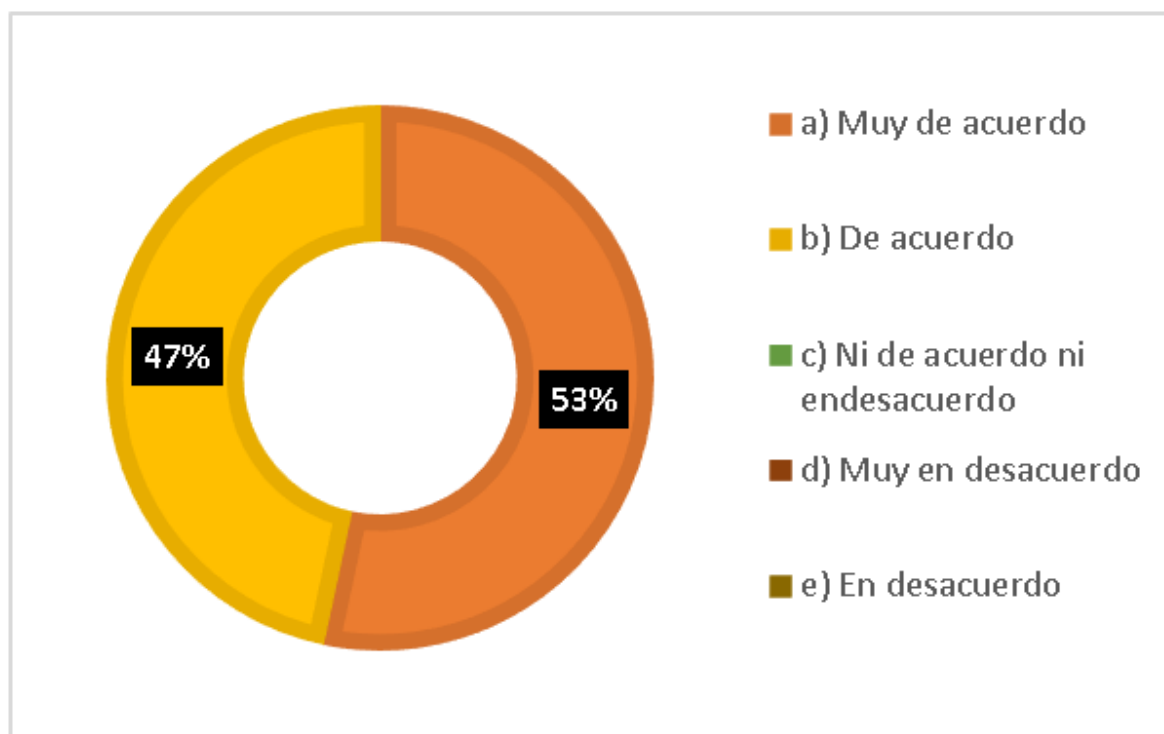


Gráfico 6.9 Interruptor de transferencia.

Análisis pregunta 9.

En esta pregunta se busca medir y aprobar que el interruptor de transferencia debe ser de operación automática. En el gráfico se observa que los expertos concuerdan que el interruptor de transferencia de accionamiento automático es el adecuado para la transferencia de energía eléctrica de la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras, implícitamente representa un gran beneficio y es que no se requerirá la intervención humana, al momento de ausencia de energía eléctrica suministrada por ENEE.

Pregunta 10.

¿Piensa que en el diseño de una subestación eléctrica el diagrama unifilar ayuda a interpretar el flujo de la energía eléctrica?

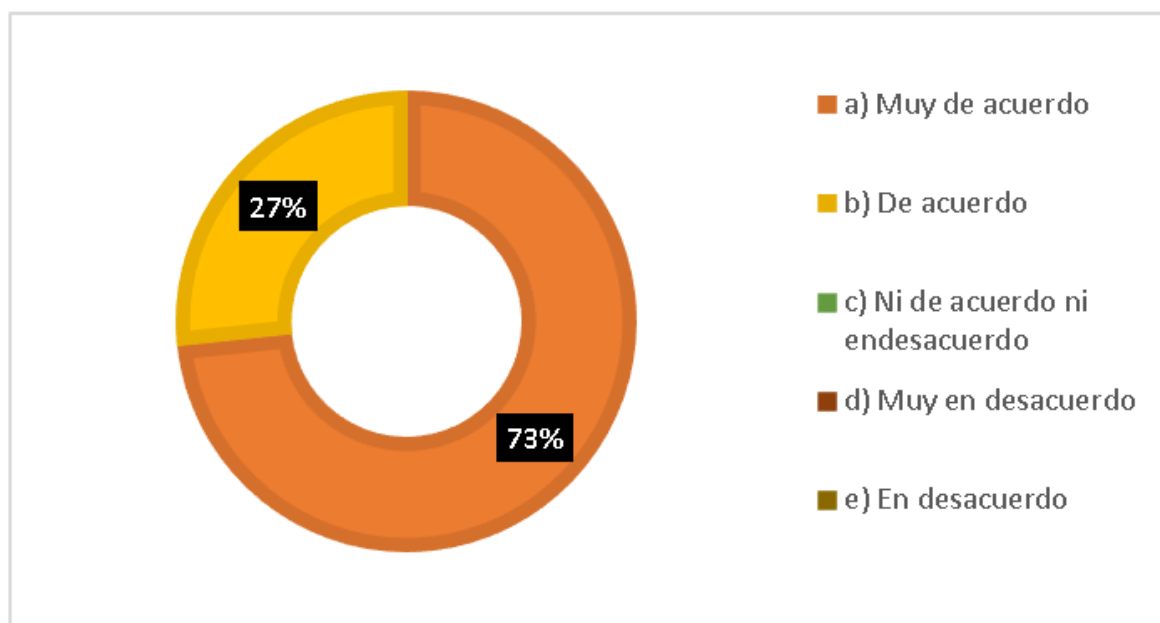


Gráfico 6.10 Diseño de subestación eléctrica.

Análisis pregunta 10.

Con esta pregunta pretendemos confirmar la importancia que tiene el diagrama unifilar en el diseño de una subestación eléctrica, para poder interpretar el flujo de la energía eléctrica en una subestación eléctrica. Este es un detalle fundamental para todo el plantel Novem, Honduras y mayormente para el personal de Mantenimiento de dicha empresa ya que constantemente realizan mantenimientos preventivos y correctivos donde el diagrama unifilar se torna esencial como lo confirman los encuestados.

Pregunta 11.

¿Cuál es el efecto que tendrá la implementación de una subestación eléctrica en Novem, Honduras?

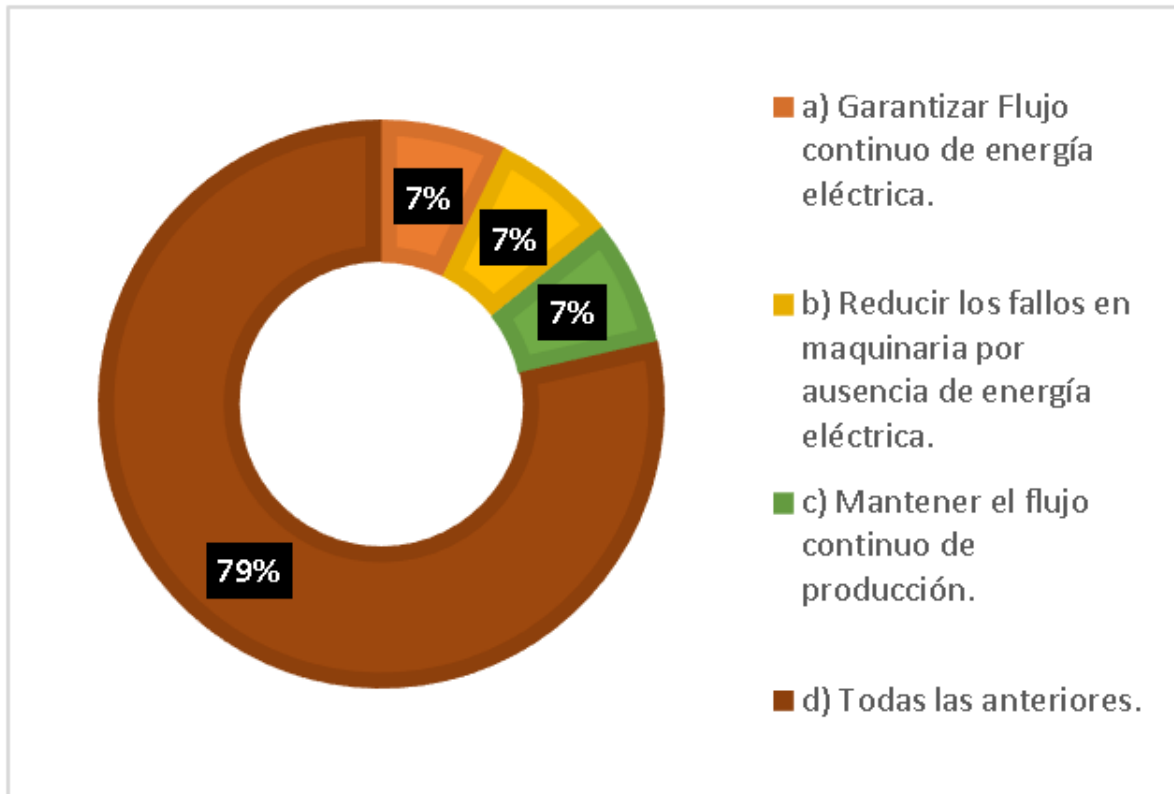


Gráfico 6.11 Efecto de implementar subestación eléctrica.

Análisis pregunta 11.

Del resultado que arroja el gráfico obtenemos que la implementación de una subestación eléctrica en Novem, Honduras trae consigo efectos positivos como mantener el flujo continuo de producción sumado a la reducción de los fallos de maquinaria, siendo un gran aporte a la confiabilidad y disponibilidad de todos los equipos y maquinaria. Lo cual garantiza a Novem, Honduras continuar siendo líder en la manufactura de piezas decorativas para interiores de vehículos de lujo.

Pregunta 12.

¿Considera que el espacio físico elegido para la nueva subestación es el más adecuado?

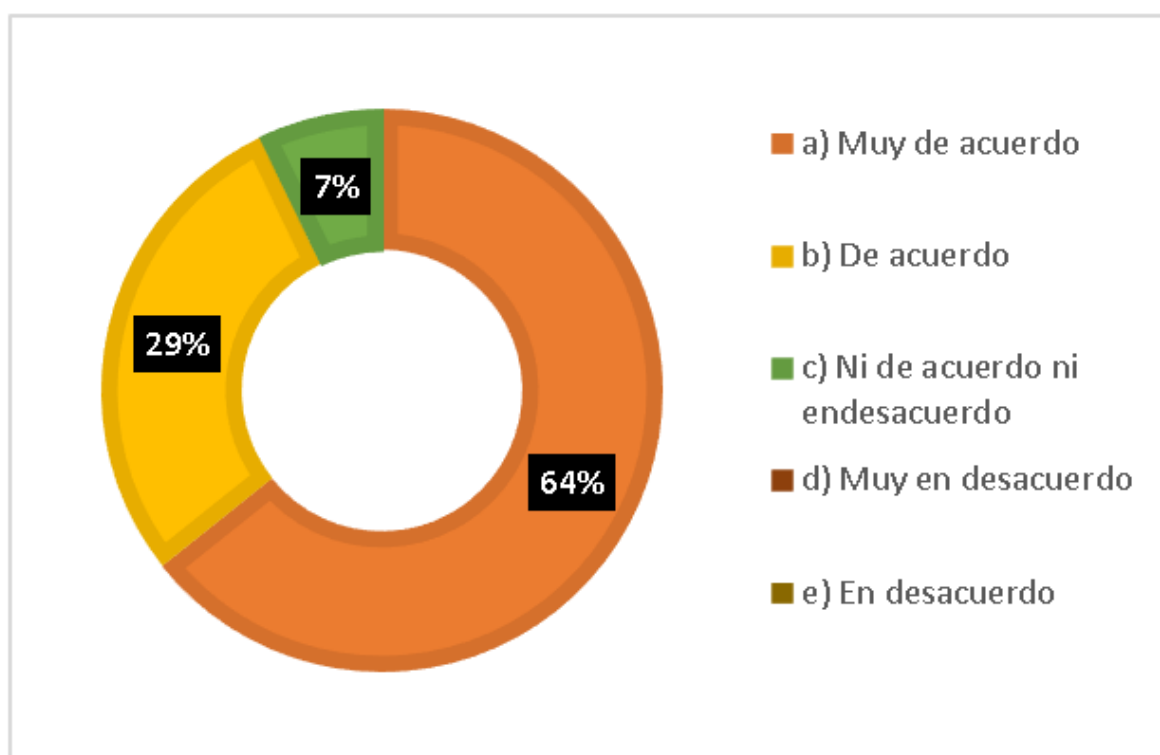


Gráfico 6.12 Ubicación de nueva Subestación eléctrica Novem, Honduras.

Análisis pregunta 12.

En esta pregunta tenemos como resultado que la mayoría de encuestados está muy de acuerdo en que el espacio físico elegido para la nueva subestación eléctrica es el más conveniente, por la cercanía a la mayoría de equipos a los cuales abastecerá energía eléctrica reduciendo los costos en conductores eléctricos, sin poner en riesgo ni sacrificar ningún dato técnico que pueda derivar en un problema futuro.

CAPÍTULO VII: VIABILIDAD.

7.1 Viabilidad Operacional.

La implementación de este proyecto es viable operacionalmente por que el incremento en cargas y demanda eléctrica crecerá en un 85% respecto a lo actual, debido a que las actuales subestaciones eléctricas no son capaces de soportar las cargas proyectadas. Una vez implementada la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras será exclusiva para abastecer la energía eléctrica de los nuevos equipos y maquinarias que entraran en operación.

La nueva subestación eléctrica tendrá un funcionamiento automático, lo cual representa una ventaja para todos los usuarios y para el personal de Mantenimiento de Novem, Honduras debido a que no requerirán realizar maniobras en los interruptores de transferencias, ni arranque de generador de emergencia y prácticamente no se requiere entrenamiento especial para la operación de la subestación eléctrica, siendo necesario solamente inducción técnica.

Debido a que la nueva subestación eléctrica de Novem, Honduras contara con un medidor de energía SENTRON PAC4200 y con su software Power Manager será posible monitorear todos los parámetros del sistema eléctrico e incluso crear perfiles de carga, lo cual facilitara el análisis completo de las cargas, además permitirá proponer mejoras e identificar fallos en el sistema eléctrico.

7.1.1 Análisis Costo Beneficio Banco Capacitores vs Penalización ENEE.

En una subestación eléctrica industrial, la implementación del banco de capacitores es totalmente necesaria, sin embargo, ciertos inversionistas lo consideran un gasto innecesario. La importancia de un banco de capacitores se ve reflejada una vez realizado el primer cobro de consumo de energía eléctrica, en donde se manifiesta un cargo adicional por penalización de energía reactiva.

En este apartado se presenta un análisis costo-beneficio entre banco de capacitores vs penalizaciones de ENEE. A continuación, se presenta tabla de estado de resultados mensual por egresos en penalización de ENEE.

Tabla 7.1 Estado de resultados

Flujo de caja	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Ingreso	USD 0.00	USD 0.00	USD 0.00	USD 0.00	USD 0.00
Egreso	USD 5,410.69	USD 5,518.91	USD 5,629.28	USD 5,741.87	USD 5,856.71
Total	USD 5,410.69	USD 5,518.91	USD 5,629.28	USD 5,741.87	USD 5,856.71

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Tal como se observa en la tabla 7.1 no se tiene ningún ingreso, solamente el egreso mensual que representa la penalización de ENEE por generación de energía reactiva. En el caso que no se implementara el banco de capacitores, dicho valor es incremental en un 2% mensual considerando las variaciones en el precio de la energía eléctrica, en este caso se considera una variación ala alza por precaución.

Tabla 7.2 Calculo de la VAN y la TIR

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
Inversión inicial	-USD 17,500.00						
Flujo de caja	-USD 17,500.00	USD 5,410.69	USD 5,518.91	USD 5,629.28	USD 5,741.87	USD 5,856.71	USD 28,157.46
VAN	USD 11,275.60						
TIR	18%						

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Considerando que la VAN es positiva y que la TIR es 18% siendo mayor a la tasa de descuento 5%, por tanto, podemos decir que la inversión del banco de capacitores es totalmente factible. Se puede observar en el flujo de caja que en 5 meses la inversión se recupera y ya no se estaría pagando la penalización por energía reactiva. Es muy importante

conocer que esta inversión sería directamente de la empresa y no se necesitaría de un banco para financiarla.

En resumen, podemos decir que el costo de instalación del banco de capacitores es de USD 17,500.00 dicha inversión solamente ocurrirá en una ocasión y que se desembolsara al momento de la implementación de la nueva subestación eléctrica, dicho costo se habrá recuperado en el cuarto mes y posteriormente el beneficio por penalización será de USD 5,631.49 mensual.

7.2 Viabilidad Económica.

Financieramente para Novem, Honduras invertir en este proyecto es viable debido a que se ha adquirido maquinaria, equipos y acondicionamiento de salas especiales para la migración del proceso de aplicación de brillos a las piezas decorativas de madera para vehículos de lujo, por consiguiente, se vuelve una necesidad prioritaria proveer la energía eléctrica a estas secciones y de esta forma poner en marcha todo el nuevo proceso productivo.

Entendiendo que, realizando la inversión para la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras, dicha empresa será capaz de generar beneficios para todo el grupo Novem, ya que se podrá lanzar al mercado productos con mejores acabados y producidos con menores costos económicos, pudiendo de esta forma migrar a un proceso productivo más rentable.

Diseñar una sub estación eléctrica transformadora reductora, con transferencia automática para planta industrial Novem, Honduras significa un alto costo económico, pero es de destacar que para la implementación de la nueva subestación eléctrica, se deben cumplir con objetivos como seleccionar la subestación adecuada, dimensionar correctamente el transformador de potencia, así como seleccionar los interruptores de transferencias con accionamiento automático y un generador de emergencia ,realizando la selección adecuada de todos esos elementos, se podrá brindar servicio eléctrico estable, seguro y continuo, lo cual garantizara una producción permanente para Novem.

La implementación de una nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras, incrementará positivamente la eficiencia en la calidad del producto final, ya que el nuevo proceso es prácticamente realizado automáticamente por la maquinaria de alta tecnología que a través de programas mantendrá todos los parámetros operativos dentro de los rangos requeridos y permitidos, contrario al proceso anterior que estaba muy expuesto a la intervención y error humano.

7.3 Viabilidad de Mercado.

Es viable en el mercado porque a Novem, Honduras le permitirá lanzar una nueva tecnología en su proceso industrial que se podrá desarrollar continuamente aun y cuando existan interrupciones en el servicio eléctrico con la implementación de la nueva subestación eléctrica, de esta forma se podrán satisfacer las expectativas de los clientes actuales, como también crear oportunidades con potenciales clientes, el proyecto también es viable ya que ayudara a Novem a mantenerse un paso por delante respecto a la competencia de este rubro.

Toda la línea de producción se verá beneficiada ya que se pronostica una mayor eficiencia respecto a la actual, debido a que al cambiar de proceso de producción se reducirán los costos de manera significativa en materia prima y mano de obra. Además de aportar prestigio a la empresa ya que se cumplirá con las expectativas de los clientes que son los fabricantes de vehículos de lujo.

Sabemos que el sistema eléctrico nacional distribuido por ENEE logró implementar y poner en operaciones la subestación eléctrica de conmutación de energía eléctrica. La Subestación Amaratéca, ubicada en el Valle de Amaratéca, Distrito Central construida a un costo aproximado a los 400 millones de lempiras fondos financiados por el BID, es responsable de fortalecer el suministro eléctrico nacional. Según autoridades de la ENEE, Amaratéca está ubicada en una zona estratégica, en donde convergen las líneas de transmisión de la Central Hidroeléctrica General Francisco Morazán -El Cajón-, la Central Térmica de LUFUSSA y en un futuro el Proyecto Hidroeléctrico de

Patuca, hecho que consolidará a la recién inaugurada Subestación como la subestación de mayor soporte de la Red Eléctrica Nacional, eficientando el suministro de energía en un 6%. Las obras construidas forman parte de los refuerzos necesarios en la red de transmisión y subtransmisión en niveles de 230, 138, 69, y 34.5 kV. para asegurar el transporte necesario en el suministro de la demanda energética del país. Así mismo se mejorará el servicio de energía en las zonas de influencia del proyecto, aumentando la capacidad de electricidad suministrada en el nivel de 138 kV. El proyecto incluye dos bahías en arreglo de interruptor y medio para 230-kV; Una bahía en anillo para 3 alimentadores en 138-kV; Una bahía en 34.5-kV en arreglo de barra principal y barra de transferencia par 4 salidas de líneas de distribución a 34.5-kV. (ENEE, 2017)

Afortunadamente, la nueva subestación eléctrica Amarateca dispone de la línea L335 en 34.5kV que abastece todo el sector industrial, comercial y altos consumidores de la zona, lo cual brinda la seguridad para la extensión de la línea en el sistema eléctrico interno de Novem, Honduras y a su vez será capaz de ser más competitiva en el mercado global ya que no tendrá interrupciones de fluido eléctrico y la producción será constante.

CAPÍTULO VIII: APLICABILIDAD.

8.1 Análisis de Mercado.

Debido a la implementación de la nueva subestación eléctrica con transferencia automática y con generador de emergencia, Novem, Honduras tendrá un sistema eléctrico más robusto, esto supone una gran ventaja ya que se reducirán los desechos por paros prolongados en la producción por interrupciones del fluido eléctrico, además para la operatividad de la subestación eléctrica no será necesaria la intervención humana, esto permite una reducción de costos de operación.

Los costos de mantenimiento durante dos años están cubiertos por el fabricante del generador y por la compañía Siemens que es el proveedor mayoritario ya que se logra un acuerdo de dos años de garantía en repuestos y accesorios, incluyendo mantenimientos preventivos trimestrales durante los dos años posteriores a partir de la puesta en marcha de la nueva subestación eléctrica.

8.1.1 Análisis de la Demanda.

Las subestaciones eléctricas industriales son la forma más eficaz para suministro de energía eléctrica para los sectores: industrial, comercial y altos consumidores a nivel mundial, así como nacional. Las industrias hondureñas debido a sus exigencias productivas, cambios de tecnologías en sus procesos, además de sus altos consumos de energía eléctrica requieren imperiosamente la implementación de sus propias subestaciones eléctricas, con el fin de garantizar de una forma segura, eficiente y eficaz el fluido eléctrico continuo en los planteles industriales.

La demanda nominal actual de energía eléctrica de Novem, Honduras es de 3.2MW, para el segundo semestre del año 2021 está proyectado un incremento de 2.7MW en la demanda nominal, para lo cual se debe implementar una nueva subestación eléctrica con

transferencia automática, de esta forma se suplirá la energía eléctrica a todos los equipos que deben entrar en operación y con ello poder lanzar un nuevo producto al mercado mundial.

Monitorear la demanda y consumo de energía eléctrica en Novem es muy importante, así como para el análisis de este proyecto, por lo cual mostramos una imagen donde se aprecia el consumo histórico de energía eléctrica en kW/h, tomando un promedio mensual del año fiscal que inicia el 01 de abril y finaliza el 31 de marzo del siguiente año, además se incluye grafico del consumo mensual transcurrido en el año fiscal 2020-2021.

Se puede observar que existe un consumo de energía eléctrica menor a lo habitual durante los meses de marzo, abril y mayo 2020 debido al cierre del plantel Novem, Honduras por el confinamiento a causa de la pandemia COVID 19. Se considera que los consumos actuales se incrementarán para el segundo semestre del año 2021, debido a la puesta en marcha de la nueva maquinaria y equipos que serán abastecidos por la nueva subestación eléctrica.

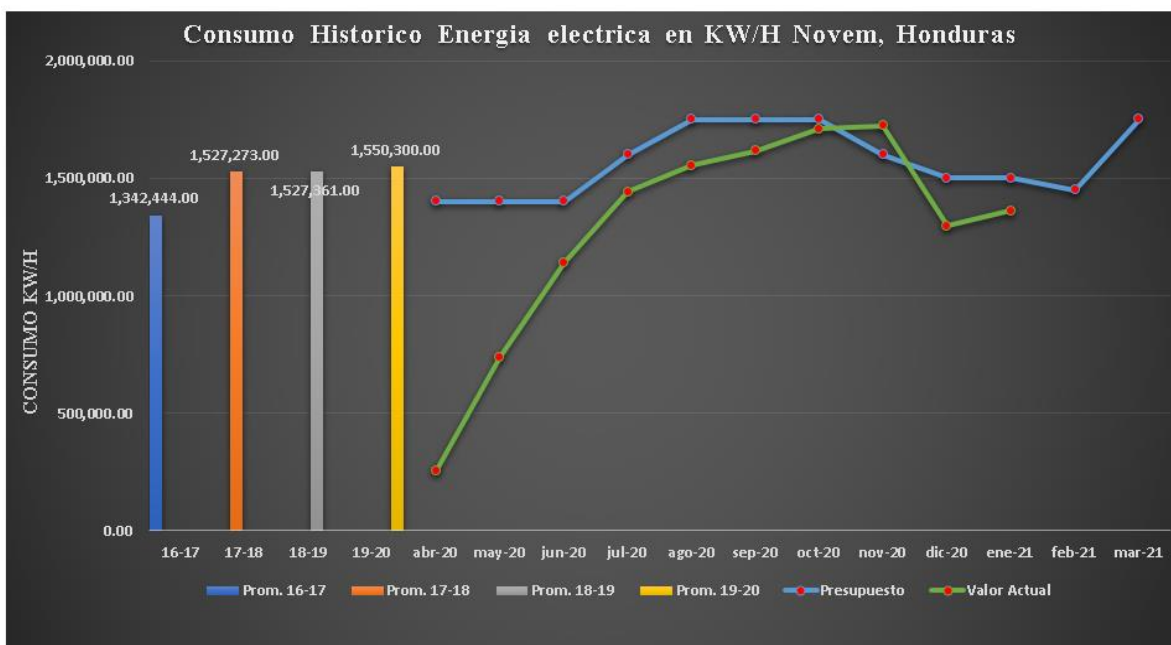


Figura 8.1 Consumo histórico KW/h Novem, Honduras

Como se puede observar en la gráfica, el consumo de kW/h promedio mensual es considerablemente alto, llegando hasta 1,750,000 kW/h, por lo tanto, es un consumo que requiere constante monitoreo, para ser analizado mensualmente y poder determinar las razones por las cuales se producen incrementos en el consumo. Conociendo estos consumos es posible tomar decisiones técnicas y administrativas en Novem, Honduras con el fin de

aumentar la capacidad del sistema eléctrico, como está ocurriendo con la implementación de la nueva subestación eléctrica.

También es importante conocer el costo económico que representan los kW/h consumidos de la imagen anterior, por tal razón muestro la siguiente imagen donde se puede apreciar el costo económico en moneda hondureña (HLN) que tienen los kW/h consumidos históricamente durante los últimos años en Novem, Honduras.

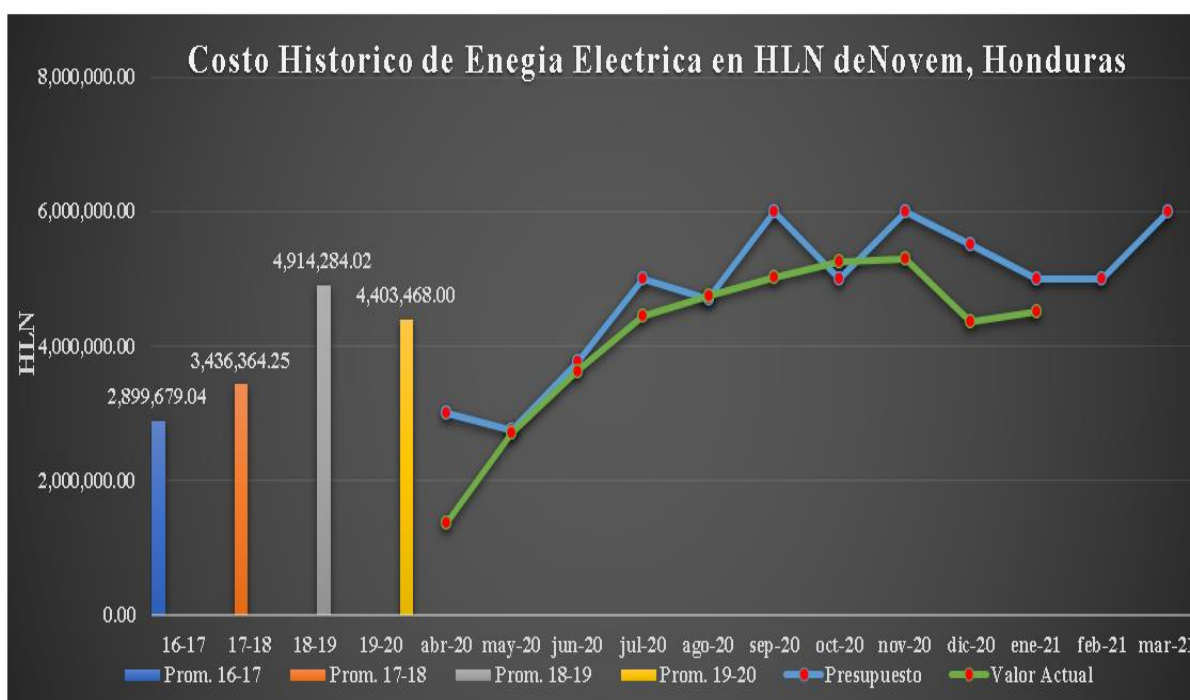


Figura 8.2 Costo Histórico energía eléctrica Novem, Honduras

En la gráfica de la figura 8.2 podemos visualizar los promedios del costo mensual de la energía eléctrica en Novem, Honduras, costos que paulatinamente han incrementado aun y cuando las variaciones de los kW/h no son tan significativas, esto se debe a que el costo del kW/h trimestralmente cambia su valor impactando fuertemente en el pago de la factura eléctrica. Los valores actuales incluso ascienden a los HLN 6,000,000.

El mercado automotriz es un rubro muy demandante y exigente debido a que cada año los fabricantes de automóviles deben lanzar al comercio nuevos modelos de vehículos. Esto obliga a los diferentes suplidores de partes de vehículos, como lo es Novem a migrar a nuevas tecnologías como también a generar de forma permanente innovaciones para poder

competir exitosamente y siempre estar a la vanguardia en la producción de piezas decorativas para vehículos de lujo

Invertir en implementar la nueva subestación eléctrica incrementara el consumo de energía eléctrica en Novem, Honduras afortunadamente este proyecto reducirá los paros en la producción, también la generación de desechos en las piezas ya que en las interrupciones del fluido eléctrico el generador de emergencia tardara unos pocos segundos en reestablecer la energía eléctrica, logrando potenciar como también optimizar la producción, esto conlleva un aumento en la producción y en las ventas, siendo un punto muy satisfactorio para todo el grupo Novem como para los grandes fabricantes de vehículos.

8.1.2 Análisis de la Oferta.

Considero que realizar evaluación de la oferta es muy importante, porque permitirá conocer los puntos fuertes y débiles para generar estrategias que puedan mejorar la ventaja competitiva, que se obtendrá con la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras. En este proyecto se ofertará la ampliación de la línea en media tensión, transferencias de energía eléctrica, generador de emergencia y obra civil, donde podremos observar los montos económicos de cada etapa.

En el análisis de oferta para la implementación de la nueva subestación eléctrica es necesario evaluar factores importantes como precio del producto, tecnología, disponibilidad y tiempos de entrega de accesorios e insumos. Esto ayudara a realizar un buen análisis económico y técnico.

Es fundamental el profundo análisis realizado sobre los proveedores e instaladores de líneas de media tensión (34.5kV), así como los distribuidores de interruptores de transferencias, paneles de distribución, banco de capacitores para corrección de factor de potencia, también generador de emergencia, obra civil, mano de obra y otros elementos importantes en la implementación de la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras, de esta manera se puede obtener equipo confiable y de alta calidad que garantice el funcionamiento adecuado de la subestación eléctrica.

Partiendo de la consigna en utilizar componentes marca Siemens para mantener un estándar en el sistema eléctrico, además de los buenos resultados en el pasado con estos productos, se analizaron minuciosamente los precios de la oferta, determinando que la oferta de DIMECA (Distribuidora Mesoamericana S. de R.L) será con la oferta que se implementara el proyecto, por tanto DIMECA que es el representante de Siemens en Honduras, será la empresa que proveerá e instalara todos los equipos relacionados con la extensión de línea en media tensión 34.5kV, además paneles de distribución, interruptores de transferencia, barras de cobre para distribución de energía eléctrica, banco de capacitores para corrección del factor de potencia, conductores eléctricos y otros elementos necesarios para la instalación de la nueva subestación eléctrica industrial en Novem, Honduras.

El transformador de potencia de 4,000kVA marca WEG, manufacturado por la compañía mexicana VOLTRAN, S.A. de C.V, e importado por DIMECA (Distribuidora Mesoamericana S. de R.L), será entregado con las pruebas de aislamiento, medición de resistencia óhmica en los devanados, reporte de prueba de pérdidas de vacío y corriente de excitación, además tendrá 12 meses de garantía después de la puesta en marcha.

Para el generador de emergencia también se mantendrá el standard con los ya existentes en Novem, Honduras, por lo cual será Modelo: C2000D6, Motor Cummins Modelo QSK60 fabricado en Inglaterra y distribuido por la compañía Cummins único representante en Honduras.

La obra civil donde se instalará la subestación eléctrica, estará a cargo de la compañía CONSTRUYO con sede en Tegucigalpa.

Una vez con todos los equipos, materiales e insumos en el plantel de Novem, Honduras, será el personal de ingeniería y técnico de Siemens El Salvador que ejecutará todas las instalaciones, este es un proyecto llave en mano, pero también supervisado y administrado por personal de Mantenimiento e Ingeniería de Proyectos de Novem, Honduras, además todo el proyecto se adquiere con dos años de garantía en repuestos y de funcionamiento, a partir de la puesta en marcha.

8.1.3 Análisis de Precios.

Para la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras es importantísimo realizar un análisis de precios adecuado, para poder realizar y lograr las mejores negociaciones con los proveedores en el precio de los equipos e insumos que se requieren ya que es una inversión significativamente alta.

Este proyecto contiene una gran cantidad de detalles de infraestructura, equipos y accesorios. En cuanto a lo económico se debe ser muy cuidadoso y meticuloso ya que es una fuerte inversión económica y un detalle por pequeño que parezca y que no sea considerado puede llegar a tener incidencia en la operatividad óptima de la nueva subestación eléctrica industrial en Novem, Honduras.

También para facilitar la comprensión de los valores de los precios, a continuación, se presentan una serie de tablas, cada una comprende el artículo requerido, además se observa la descripción del artículo o producto con sus respectivos precios, los cuales se presentan en dólares de Estados Unidos de América (USD) ya que esa es la moneda con la cual Novem, Honduras estará implementando el proyecto.

ARTICULO 1:

Suministro de cables, terminales y sus accesorios.

Tabla 8.1 Precios de cables transformador a barras/Generador a barras

Cables Flexibles Transformador-Barras/generador Barras				
Pos.	Descripción	Cantidad	Calibre	Precio USD
1	Cables Flexibles Transformador-Barras (Cubriendo 5026.38A +20% = 6031.65A del Trafo) serian 13 tramos de cable si se utilizara Calibre 4x240mm para cubrir el amperaje solicitado, considerando que el traslado del cable será subterráneo medidas según el lay out realizadas por mantenimiento Novem.	170 metros	4x240mm ² H07RN-F	\$ 25,463.00
2	Cables Flexibles Generador-Barras (Cubriendo 3010.59A del Generador) serian 7 tramos de cable si se utilizara Calibre 4x240mm para cubrir el amperaje solicitado, considerando que el traslado del cable será subterráneo o aéreo, medidas según el lay out realizadas por mantenimiento Novem.	116 metros	4x240mm ² H07RN-F	\$ 17,375.00
3	Accesorios de instalación: terminales de ojo, tornillería, cinta aislante y demás	1	1	\$ 4,000.00
Total				\$ 46,838.00

Cables Flexibles para conectar Maquinaria desde Subestación 4				
Pos.	Descripción	Cantidad	Calibre	Precio USD
4	Gabinete Krauss	262 metros	4x120mm ² H07RN-F	\$ 17,778.00
5	Chiller 1	130 metros	4x150mm ² H07RN-F	\$ 11,192.00
6	Gabinete ONI	115 metros	4x240mm ² H07RN-F	\$ 17.225.00
7	Buffer Station KM#1	128 metros	4x50mm ² H07RN-F	\$ 3,926.00
8	CMM Metering Unit KM#1	128 metros	4x50mm ² H07RN-F	\$ 3,926.00
9	Buffer Station KM#2	128 metros	4x50mm ² H07RN-F	\$ 3,926.00
10	Inyectora 1100Toneladas (Se alimentará del Nuevo Panel)	47 metros	4x185mm ² H07RN-F	\$ 5,129.00
Total, USD.				\$ 63,102.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

12 semanas aproximadas

Precio:

Suministro de cables, terminales y sus accesorios USD.109, 940.00 (Ciento Nueve Mil Novecientos Cuarenta Exactos)

ARTICULO 2:

Suministro de Banco de Capacitores de 500 kVAR y sus accesorios.

Tabla 8.2 Precio de Banco Capacitores

Pos	Descripción	Cantidad	Precio unitario USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Banco de capacitores con 500kVAR a 480V instalados y distribuidos de la siguiente manera dos grupos con su seccionador principal de 400A cada uno Una etapa fija de 200kVAR con sus respectivas bobinas de descarga y fusibles de protección Diez etapas automáticas controladas por regulador de reactivos automático cada etapa con su protección de fusibles, bobina de descarga y contactor especial para la conexión de cargas reactivas.	1	\$ 17,500.00	\$ 17,500.00
Total, USD.				\$ 17,500.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

Diseño, fabricación y pruebas de rutina para banco de capacitores su entrega es de 12 semanas.

Precio:

El precio del banco de capacitores puesto en Amaratéca incluyendo transporte terrestre, gastos de introducción y gastos de agente aduanero será de USD 17,500.00 (Diez y Siete Mil Quinientos Exactos).

ARTICULO 3:

Tablero general, barras, seccionadores, interruptores de transferencia y sus accesorios.

Tabla 8.3 Precio de Tablero, Barras, Seccionadores, interruptores de transferencia

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Tablero general de distribución 480/277V que contiene: Interruptor de transferencia automática 5000A con interruptores de potencia montaje fijo motorizados capacidad interruptiva 100KA con un interruptor de 3200A aguas arriba del interruptor de planta. Sistema de barra trifásico 5 hilos 5000A. Conectados a la barra general del tablero estarán conectados los siguientes interruptores de potencia con capacidad interruptiva de 100KA 1-1250A 3-1600A	1	\$ 267,462.00	\$ 267,462.00
2	TABLERO DE DISTRIBUCION, 480/277V. Que contiene: Sistema de barra trifásico 5 hilos 1600A Tres seccionadores de fusibles bajo carga de 630A con fusibles de 630A.	1	\$ 7,843.00	\$ 7,843.00
3	TABLERO DE DISTRIBUCION, 480/277V. Que contiene: Sistema de barra trifásico 5 hilos 1600A Dos seccionadores de fusibles de 400A Dos seccionadores de fusibles de 250A	1	\$ 7,232.00	\$ 7,232.00
			Total, USD.	\$ 282,537.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega: Su entrega es de 16 - 17 semanas después de recibir el anticipo.

Precio: El precio del Tablero general, barras, seccionadores, interruptores de transferencias y sus accesorios será de USD 282,537.00 (Doscientos Ochenta y Dos Mil Quinientos Treinta y Siete Dólares Exactos)

ARTICULO 4:

Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador
Incluidos sus materiales y mano de obra.

Tabla 8.4 Precio de Extensión de línea en media tensión 34.5kV

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario, USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador incluidos sus materiales y mano de obra.	1	\$ 9,200.00	\$ 9,200.00
Total, USD.				\$ 9,200.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

Diseño, fabricación y pruebas de rutina de tablero general. Entrega es de 12 semanas después de recibir el anticipo.

Precio:

El precio de Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador incluidos sus materiales y mano de obra será de USD 9,200.00 (Nueve mil doscientos dólares con 00/100 exactos)

ARTICULO 5:

Cotización de mano de obra: para la instalación y conexiones de Transformador a barras, instalación banco de capacitores, conexión de Generador a barras, despliegue de escalerilla de 500mm de ancho desde la Subestación 4 hasta el área de PUR.

Tabla 8.5 Precio de Instalación Transformador, barras gabinetes, banco capacitores, conexión de generador

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario, USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Instalación y Pruebas del Transformador Cotización de mano de obra: para la instalación y conexiones de Transformador a barras, instalación banco de capacitores, conexión de Generador a barras, despliegue de escalerilla de 500mm de ancho desde la Subestación 4 hasta el área de PUR.	1	\$ 37,375.00	\$ 37,375.00
			Total, USD.	\$ 37,375.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

Después de contar con todos los equipos en Novem Amarateca la instalación de los mismos será de 1 – 2 semanas después de recibir el anticipo.

Precio:

El precio de Cotización de mano de obra será de USD 37,375.00 (Treinta y siete mil trescientos setenta y cinco dólares con 00/100 exactos)

ARTICULO 6:

Nuevo gabinete de distribución 460 VAC.

Tabla 8.6 Precio de nuevo gabinete de distribución 460VAC

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario, USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Nuevo gabinete 460va equipado en celda 1640x800x600MM (alto x Frente x Fondo) Incluyendo (3) seccionadores NH 400A, (10) seccionadores de 160A, 30 fusible Diazed/Neozed 25A con sus bases y accesorios, conexión a barra de cobre de 1250A e interruptor 3VL de 1000A	1	\$ 9,257.00	\$ 9,257.00
2	Cable Flexible 4x240mm ² H07RN-F	355mts.	\$ 149.78	\$ 53,171.90
Total USD.				\$ 62,428.90

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

Diseño, fabricación y pruebas de rutina de tablero general. Entrega es de 12 semanas después de recibir el anticipo.

Precio: El precio de nuevo gabinete 460vac será de USD 62,428.90 (Sesenta y dos mil cuatrocientos veintiocho con 90/100).

ARTICULO 7:

Transformador de potencia 4,000kVA.

Tabla 8.7 Precio de transformador de potencia.

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario, USD	PRECIO TOTAL, USD
1	Capacidad: 4000 kVA Tipo de enfriamiento: ONAN Tensión Primaria: 34500 V Derivaciones: + / - 2 x 2.5 % Conexión Primaria: Delta Tensión Secundaria: 480 / 277 Conexión Secundaria: Estrella Fases y frecuencia: 3 fases / 60 Hz MSNM / Elevación de temperatura: 1000 / 65 ° C Ubicación Boquillas AT-BT: Tapa Pared Servicio: Exterior Devanado AT-BT CU-CU Impedancia: entre 4 y 7 % Norma aplicable IEEE Acabado: Gris ANSI 70	1	\$ 71,761.00	\$ 71,761.00
Total, USD.				\$ 71,761.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Precio

El precio para el transformador puesto en Amarateca incluyendo transporte terrestre, gastos de introducción y gastos de agente aduanero será de:

HNL 1,740,000.00 (Un Millón Setecientos Cuarenta Mil Lempiras Exactos)

Nota:

El tiempo de fabricación es de 4 meses aproximadamente, entre el segundo pago (30%) y el tercer pago (20%) sólo transcurrirán 6 semanas. Por el caso de exoneraciones de sugerimos tramitar dos órdenes de compra.

ARTICULO 8:

Generador de emergencia.

Tabla 8.8 Precio de generador de emergencia

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio unitario, USD	PRECIO TOTAL, USD
1	<p>Cummins Genset Model Cummins C2000 D6, 2000kW Standby, 2080kW Prime, Diesel, Open Emergency Standby Power (ESP) Emissions Level: No Certification Local Codes and/or Regulation: CE Output Voltage: 480/277, 3 Phase, Wye, 4 Wire</p> <p>Cummins Engine Cummins QSK60G6 Engine Air Cleaner - Duty Rating: Normal Duty (Ship Loose) Engine Coolant Heater: 208/240/480V - Minimum 4C (40F) Ambient Temperature Applications</p> <p>Sub-Base Anti-Vibration Mounts Standard AVMs</p> <p>Cummins Main Generator Cummins Onan P7LVF, 6 Leads, 60 Hertz (Hz), 480V, 125C, Emergency</p>	1	\$ 369,800.00	\$ 369,800.00
			Total USD.	\$ 369,800.00

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

GARANTIA:

Tiene vigencia de tres **(3) años o 600 horas** lo que ocurra primero, en aplicación de Emergencia (Standby).

Transferencia 5 años. Garantía, por cualquier desperfecto de fábrica, ensamble, componentes, incluye: repuestos, viaje y mano de obra.

FORMA DE PAGO:

POR ACORDAR

TIEMPO Y LUGAR DE ENTREGA:

- Generador Modelo C2000D6 tiene un tiempo de entrega de 20 semanas
- Transferencia Modelo OTPC3000 tiene un tiempo de entrega de 16 Semanas
- Entrega en instalaciones del cliente, cliente garantiza libre acceso para grúa.

ARTICULO 9:

Obra civil del proyecto.

Tabla 8.9 Precio de obra civil

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario USD	Precio Total USD
1	Obra Civil	1	\$ 22,357.45	\$ 22,357.45
Total, USD				\$ 22,357.45

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Entrega:

La ejecución de la obra civil es de 4 semanas después de recibir el anticipo.

Precio:




El precio de obra civil será de USD 22,357.45 (Veinte y dos mil treientos cincuenta con 45/100).

8.1.3.1 Resumen de Precios.

Para un análisis más rápido también presentamos una tabla con el resumen de todos los precios expuestos en las tablas anteriores y algunas condiciones comerciales.

Tabla 8.10 Resumen de Precios subestación eléctrica

ARTICULO	DESCRIPCION	PRECIO TOTAL USD
1		Suministro de cables, terminales y sus accesorios \$ 109,940.0
2		Suministro de Banco de Capacitores de 500 kVAR y sus accesorios \$ 17,500.00
3		Tablero general, barras, seccionadores, Transfers y sus accesorios \$ 282,537.0

4		<p>Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador Incluidos sus materiales y mano de obra.</p>	<p>\$ 9,200.00</p>
5		<p>Cotización de mano de obra: para la instalación y conexiones de Transformador a barras, instalación banco de capacitores, conexión de Generador a barras, despliegue de escalerilla de 500mm de ancho desde la Subestación 4 hasta el área de PUR.</p>	<p>\$ 37,375.00</p>
6		<p>Nuevo gabinete 460 VAC incluyendo 355mts 4x240mm²</p>	<p>\$ 62,428.90</p>

7		Transformador de Potencia 4,000kVA	\$ 71,761.00
8		Generador 2600kVA Standby 120/240Vac, Marca: Cummins Onan Modelo: C2000D6 Incluye: Tanque Cilíndrico metálico, 1500Gals, externo cilíndrico	\$ 369,800.0
9		Obra Civil	\$ 22,357.45
		Sub total	\$ 986,138.35
		Descuento	\$ 20,759.20
		Gran Total USD	\$ 962,140.15

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

TIEMPO DE ENTREGA:

ver cada ítem, Tablero general **16 -17** semanas aproximadamente.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS**FORMA DE PAGO:**

30% anticipo pagadero en mayo 2021, 20% de avance de proyecto pagadero en junio 2021, 25% del proyecto pagadero en julio 2021, 25% del proyecto pagadero contra entrega de todo el proyecto. Para mantener estos precios se necesita contar con el pedido en mayo 2021, ya que Siemens aumenta precios en julio.

GARANTIA: 2 años

PRECIO: Se entienden en dólares y no incluyen impuesto sobre venta.

8.1.4 Análisis de la Comercialización.

La implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras, no se podrá comercializar directamente como un producto o servicio, en cambio su comercialización será a través del producto manufacturado que son las piezas decorativas para automóviles de lujo, por consiguiente, el volumen de ventas también incrementará, permitiendo una comercialización más rápida y eficiente, logrando de esta forma satisfacer las exigencias y expectativas de los clientes de Novem, así como generar nuevas oportunidades de mercado.

La nueva subestación eléctrica será un elemento importante para la comercialización del producto de Novem, Honduras porque ayudará a brindar seguridad y certeza en el cumplimiento de los pronósticos de producción y ventas, lo cual se verá reflejado en márgenes mayores de las utilidades para la empresa, hecho que a su vez permitirá a los altos directivos del grupo Novem negociar nuevos y mejores proyectos que se podrán desarrollar y lanzar al mercado global con todas las garantías de éxito.

8.2 Estudio Técnico.

En el siguiente apartado se presentará todo el estudio técnico requerido para la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras.

8.2.1.1 Transformador de Potencia.

La implementación de la nueva subestación eléctrica industrial en Novem, Honduras requerirá un transformador de potencia de 4,000kVA, conexión delta 34.5kV en el primario y conexión estrella 460VAC en el secundario. Para la conexión en alta se instalarán fusibles de protección con una ampacidad de 65Amp, luego por cada fase se utilizarán conos de alivio y cable XLP hasta llegar a los conos de alivio continuo a los bornes del secundario del transformador. Para su conexión en secundario se realizará con conductores Flexibles H07RN-F 4x240mm² capaz de soportar 425Amp por fase por consiguiente se deberán instalar 13 conductores, los cuales podrán soportar 5,525Amp que a través de un arreglo en bandejas subterráneas hasta llegar a los gabinetes que albergarán las barras de cobre para la distribución de la energía eléctrica.

En la siguiente figura se puede apreciar en el interior del transformador de potencia los devanados eléctricos y con sus bornes de conexión en el exterior. Los que se aprecian de color ocre/amarillo, tanto en primario como en secundario.

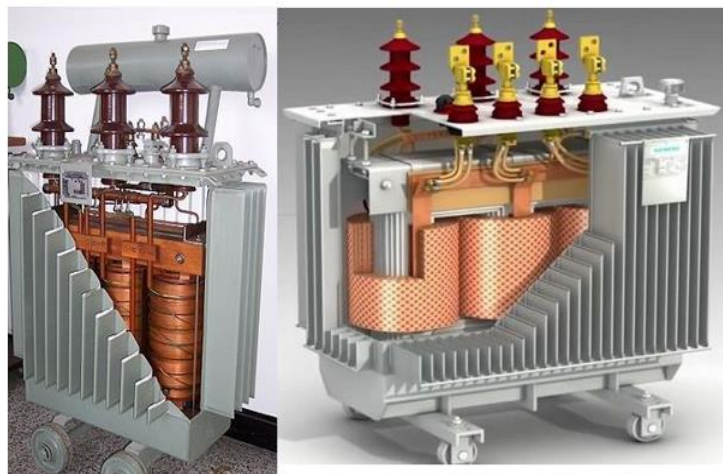


Figura 8.3 Transformador de potencia

La conexión eléctrica del transformador de potencia es delta-estrella ya que brinda mayores ventajas para el sistema eléctrico de Novem. Dicha conexión se puede observar en la siguiente figura.

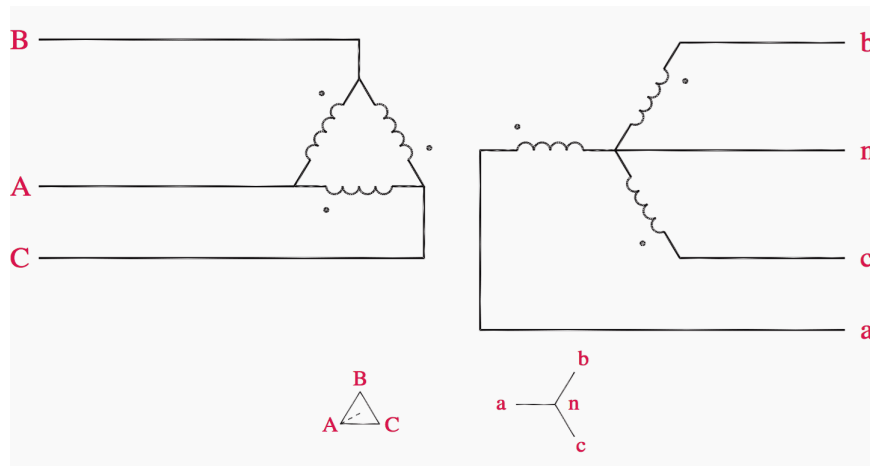


Figura 8.4 Conexión Delta-Estrella transformador de potencia

Para la conexión en media tensión se presenta una imagen con el tendido eléctrico, sus fusibles de protección y los conos de alivio que interconectan con cable XLP color rojo y que son transportados por tubería hasta los bornes en primario del transformador. Este será el método que utilizaremos para la extensión de línea para la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras, tal como se muestra en la figura 8.5.



Figura 8.5 Conexión en media tensión

En los bornes de conexión del primario del transformador de la siguiente figura se observan los conos de alivio de color negro y conectados con terminales de ojo. Esta será la

forma como se conectara el primario del transformador de potencia que se utilizara en la implementacion de la nueva subestacion electrica.



Figura 8.6 Conexión Primario de transformador de potencia

Otra forma de conexión de un transformador de potencia, con sus conos de alivio llegando a los bornes del primario y la salida del secundario por medio de conductores en bandejas metálicas. Se incluye la figura 8.7 para ilustracion ya que en nuestro caso utilizaremos la opcion salida de conductores subterránea en el secundario.



Figura 8.7 Conexión primario/secundario de transformador de potencia

8.2.1.2 Interruptores de Transferencias.

Los interruptores de transferencia serán 3WL1216-4BB34-1AA2 ya que su montaje es tipo barras adaptándose perfectamente a la aplicación del diseño que se implementa en este proyecto, dichos interruptores tienen una capacidad de soportar 5,000Amp y una capacidad interruptiva de 100kA, además estos interruptores de transferencia cuentan con bloqueo mecánico, eléctrico y en programa lógico, para garantizar que las tensiones del servicio de ENEE como la tensión del generador nunca coincidan.

En la figura 8.8 presentamos un diseño esquemático de las barras que están alojadas y debidamente aisladas en un gabinete donde se instalan y se interconectan los interruptores de transferencias.

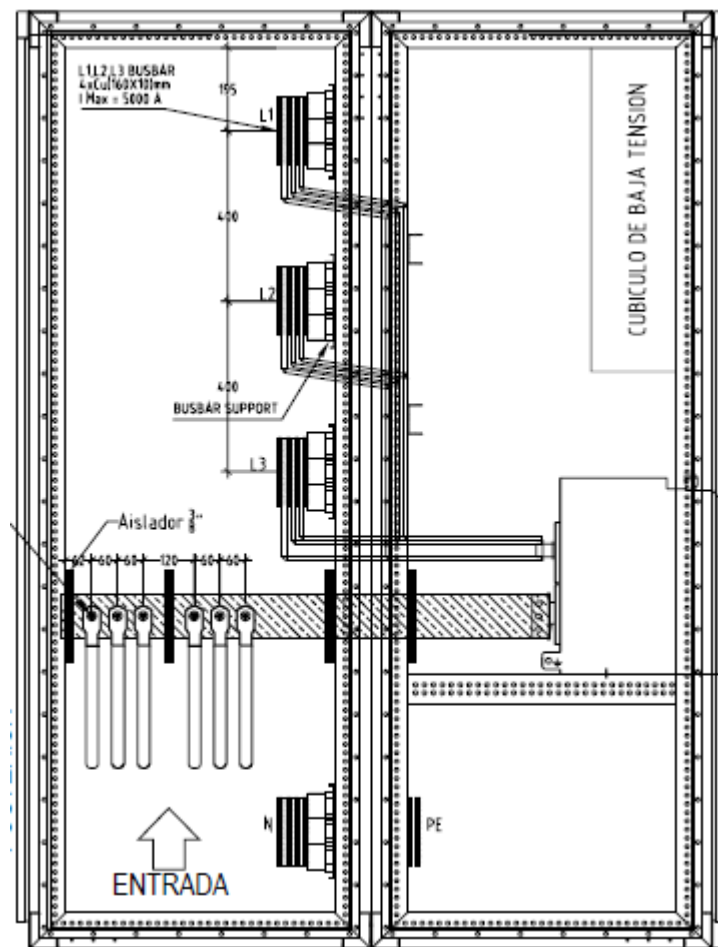


Figura 8.8 Vista lateral de barras de interruptor de transferencia 3WL1216-4BB34-1AA2

En la imagen que presentamos a continuación, se puede apreciar la vista frontal del interruptor de transferencia y las barras de cobre que lo interconectan, en este caso se observa de forma clara y muy específica que ya están ensamblados e instalados, de esta forma se logra comprender de manera más eficaz, este tipo de método es muy empleado para transferencias en subestaciones eléctricas industriales.



Figura 8.9 Vista lateral de barras de interruptor de transferencia 3WL1216-4BB34-1AA2

Con las dos imágenes anteriores pudimos conocer y comprender el método de conexión en barras de cobre, que justamente es el que se implementará en las transferencias de energía eléctrica de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras

8.2.1.3 Banco de Capacitores.

El banco de capacitores es un elemento importante en el diseño e implementación de la nueva subestación eléctrica ya que mantendrá el factor de potencia dentro de rangos permitidos, evitando de esta forma las penalizaciones de la ENEE por generación de energía reactiva. Se establece un banco de capacitores de 500kVAR de 12 etapas, un controlador inteligente ordenará el funcionamiento de los capacitores cuando sea necesario.

El banco de capacitores que se observa en la figura 8.10 es utilizado en subestaciones eléctricas industriales, siendo muy similar al que se implementará en este proyecto, con la salvedad que será de mayores dimensiones tanto físicas como en su capacidad de potencia.



Figura 8.10 Banco de capacitores

Se determina que el banco de capacitores que se implementara tendrá una potencia de 500kVAR debido a la gran cantidad de cargas inductivas que se conectarán, como ser: motores, transformadores y solenoides. Con una potencia activa máxima proyectada de 3,618HP, un valor mínimo de factor de potencia permitido de 0.90 y el objetivo a alcanzar es de 0.95, partiendo de esos datos se procede a realizar el cálculo de la potencia del banco de capacitores utilizando la siguiente ecuación:

$$QC = K.P$$

(Ecuación 8.1) Cálculo de potencia banco de capacitores

Donde:

QC = Potencia reactiva a compensar

K = Constante multiplicadora (obtenida de tablas)

P = Potencia activa instalada

Antes de utilizar la formula, la potencia activa en HP debemos transformarla a kW utilizando la fórmula:

$$HP \times \frac{0.746kW}{1HP}$$

(Ecuación 8.2) Conversión potencia hp a kW

$$3618 \cancel{HP} \times \frac{0.746KW}{1\cancel{HP}} = 2699.02KW$$

$$QC = 0.16 \times 2699.02KW = 431.98KVAR$$

Como podemos apreciar en el cálculo realizado para el banco de capacitores tiene un valor de 431.98kVAR, basados en esos cálculos ampliaremos la capacidad a 500kVAR a 480VAC, sus capacitores instalados y distribuidos de la siguiente manera: dos grupos con su seccionador principal de 400A cada uno Una etapa fija con sus respectivas bobinas de descarga y fusibles de protección Diez etapas automáticas controladas por regulador de reactivos automático cada etapa con su protección de fusibles, bobina de descarga y contactor especial para la conexión de cargas reactivas.

La tabla mostrada en la siguiente figura tiene como propósito observar de donde se obtiene la constante K que fue utilizada en el cálculo de potencia del banco de capacitores de la ecuación 8.1.

		FACTOR DE POTENCIA DESEADO										
		0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	FP	2.70	2.72	2.75	2.78	2.82	2.85	2.89	2.93	2.98	3.04	3.18
	0.30	1.81	1.84	1.87	1.90	1.93	1.96	2.00	2.04	2.09	2.15	2.29
	0.40	1.25	1.28	1.31	1.34	1.37	1.40	1.44	1.48	1.53	1.59	1.73
	0.50	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00	1.04	1.08	1.13	1.19	1.33
	0.60	0.68	0.71	0.74	0.77	0.81	0.84	0.88	0.92	0.97	1.03	1.17
	0.65	0.54	0.56	0.59	0.62	0.66	0.69	0.73	0.77	0.82	0.88	1.02
	0.70	0.40	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.59	0.63	0.68	0.74	0.88
	0.75	0.27	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.50	0.55	0.61	0.75
	0.80	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.43	0.47	0.52	0.58	0.72
	0.81	0.21	0.24	0.27	0.30	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.56	0.70
	0.82	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.38	0.42	0.47	0.53	0.67
	0.83	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.32	0.35	0.40	0.44	0.50	0.65
	0.84	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37	0.42	0.48	0.62
	0.85	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	0.30	0.34	0.39	0.45	0.59
0.86	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.42	0.57	
0.87	0.06	0.08	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.40	0.54	
0.88	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.22	0.26	0.31	0.37	0.51	
0.89	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.16	0.19	0.23	0.28	0.34	0.48	
0.90		0.00	0.03	0.06	0.09	0.13	0.16	0.20	0.25	0.31	0.46	
0.91			0.00	0.03	0.06	0.10	0.13	0.18	0.22	0.28	0.43	
0.92				0.00	0.03	0.06	0.10	0.13	0.18	0.22	0.28	0.43

Figura 8.11 Tabla para obtener constante K

Nuestro valor $K=0.16$ debido a que el valor del factor de potencia permitido es 0.90 y nuestro valor objetivo es 0.95.

8.2.1.4 Capacitores 25kVAR.

Debido a que la potencia del banco de capacitores será de 500kVAR, se implementaran capacitores de 25kVAR, se conectaran dos capacitores por cada etapa, haciendo un total de 12 etapas que se encargaran de controlar y mantener el factor de potencia en los rangos permitidos, arriba de 0.90.



Figura 8.12 Capacitor Siemens 25kVAR

En la figura 8.12 se puede visualizar el capacitor que se utilizara, que es de la marca Siemens 4RB5250-3FC50, exclusivo para compensar energía reactiva en sistemas eléctricos industriales.

8.2.1.5 Controlador BR6000 – B44066 R6012 S230 Siemens.

El controlador BR6000 Siemens, es un controlador automático del factor de potencia, que además de ayudar a eliminar o disminuir las multas y pérdidas en su sistema por bajo factor de potencia, permite el monitoreo de los parámetros eléctricos principales de sus instalaciones. (Siemens, 2020)



Figura 8.13 Controlador de Factor Potencia Siemens BR6000

El banco de capacitores que se implementa en la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras utilizara un controlador inteligente BR6000 B44066 R6012 S230 Siemens para corregir el factor de potencia en la red eléctrica y se aprecia en la figura 8.13.

Datos generales del controlador del factor de potencia BR6000: es un aparato de control moderno con diseño innovador con una amplia variedad de funciones, presenta una interface con el usuario a través de menús con texto para máxima facilidad de operación. Símbolos indicativos y leyendas alfanuméricas en el idioma del país de uso (ocho idiomas) combinan la facilidad de manejo con una conveniente presentación de los resultados. Muestra variados parámetros de la red, almacena sus diferentes valores y una opción de rutina de prueba hace fácil analizar errores y monitorear el sistema.

Una inicialización automática está disponible lo cual reduce la puesta en marcha al mínimo.

8.2.1.6 Instalación y Conexión Controlador BR6000.

El regulador BR 6000 está diseñado para el montaje en el panel frontal de sistemas de compensación. Para ello se requiere un recorte de 138×138 mm según DIN 43700/ IEC61554. El regulador se inserta por delante y se fija con las sujeciones suministradas. El regulador debe ser instalado únicamente por personal cualificado y ser utilizado de acuerdo con las normas de seguridad vigentes.

El esquema de conexiones eléctricas del controlador BR6000 se puede observar en la siguiente figura.

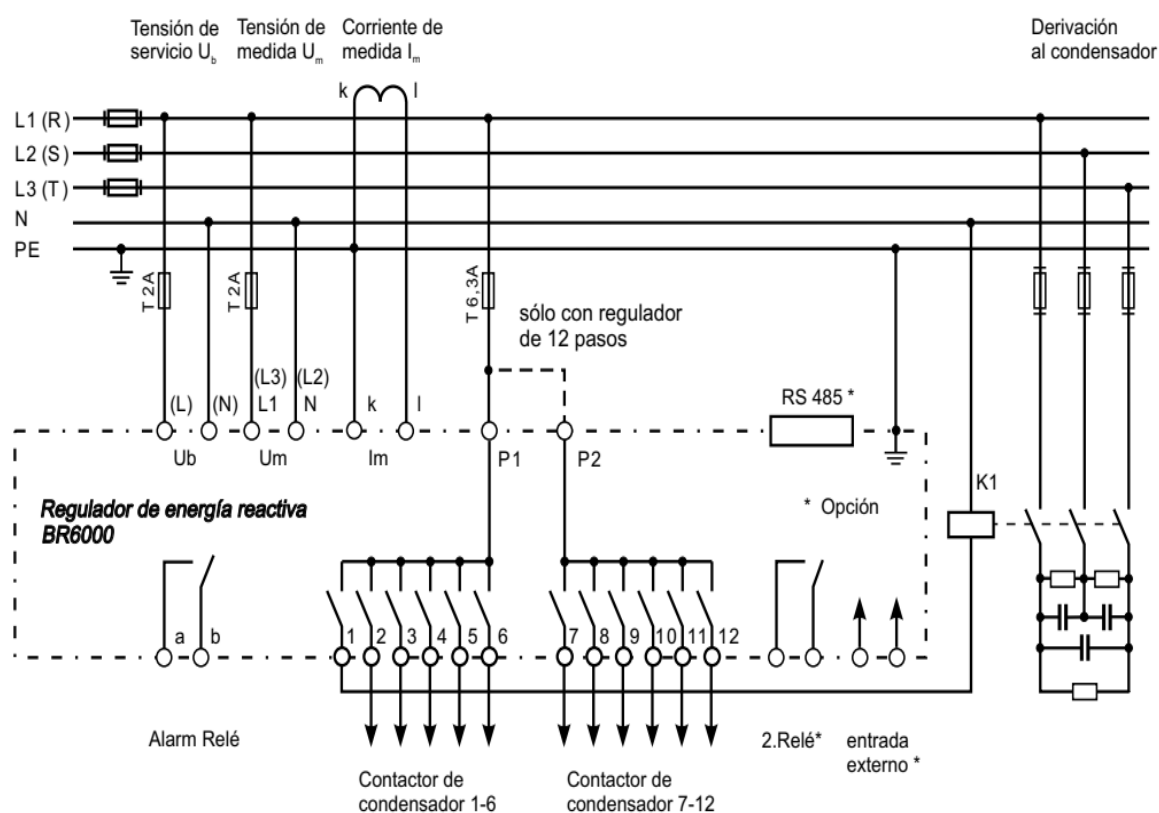


Figura 8.14 Diagrama de conexión eléctrica controlador BR6000

8.2.1.7 Salida de Alarmas/Mensajes de error Controlador BR6000.

El contacto de alarma está cerrado en funcionamiento normal y se abre al producirse un error. Al mismo tiempo aparece el correspondiente mensaje de error en el display. (en modo automático alternando con la indicación estándar). Aparecen los siguientes mensajes de error:

✚	Sub compensado	- Display y relé
✚	Sobre compensado	- Display y relé
✚	Sobre corriente	- Display y relé
✚	Tensión medición	- Display y relé
✚	Sobre temperatura	- Display y relé
✚	Sobretensión	- Display y relé
✚	Baja tensión	- Display y relé
✚	Armónicas	- Display y relé

Adicionalmente son generados varios mensajes para diferentes estados de operación. En modo experto 2 es posible el ajuste de la supresión de respuesta individual de mensajes particulares. Durante la supresión, la indicación del mensaje en el display, una posible liberación a través del relé de alarma y los efectos en el proceso de control serán prevenidos.

8.2.1.8 Modos de Funcionamiento Controlador BR6000.

Una vez conectada la tensión de servicio, en el regulador BR6000 aparece brevemente su denominación y la versión del software, y a continuación cambia al estado de funcionamiento normal (modo automático). En este modo se visualiza, mediante símbolos, en la línea superior el cos phi actual de la red y en la línea inferior los condensadores conectados en ese momento. (Indicación de funcionamiento)



Figura 8.15 Modo automático

Las potencias de los diferentes condensadores son constantemente monitorizadas. En caso de un condensador defectuoso o una gran desviación de su potencia nominal, se representa el correspondiente condensador de forma invertida.

La figura a continuación, muestra los pasos activos en kVAR y en porcentaje de la potencia total del sistema.

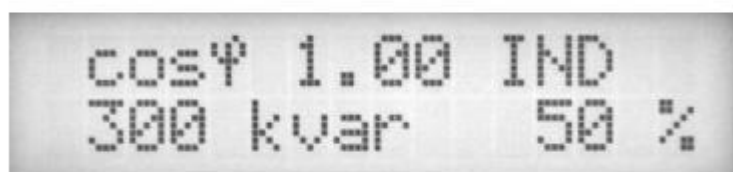


Figura 8.16 Potencia reactiva kVAR

La figura 8.17 muestra los pasos activos como un gráfico de barras en porcentaje de la potencia total del sistema.

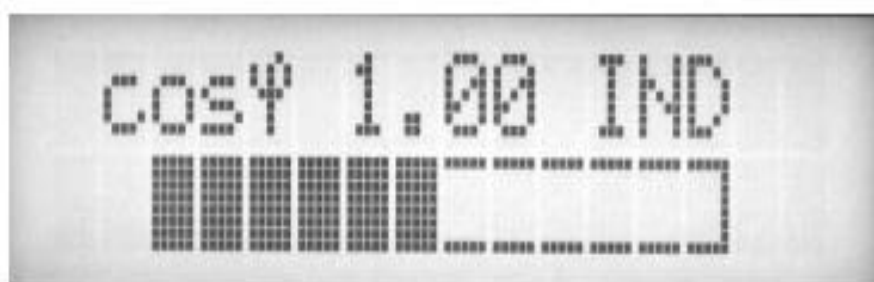


Figura 8.17 Etapas activas

Se accede a los diferentes menús pulsando repetidamente la tecla "Modo de funcionamiento": Modo automático, Programación, Modo manual, Servicio, Modo experto y vuelta al inicio. Tal como se muestra en figura 8.18.

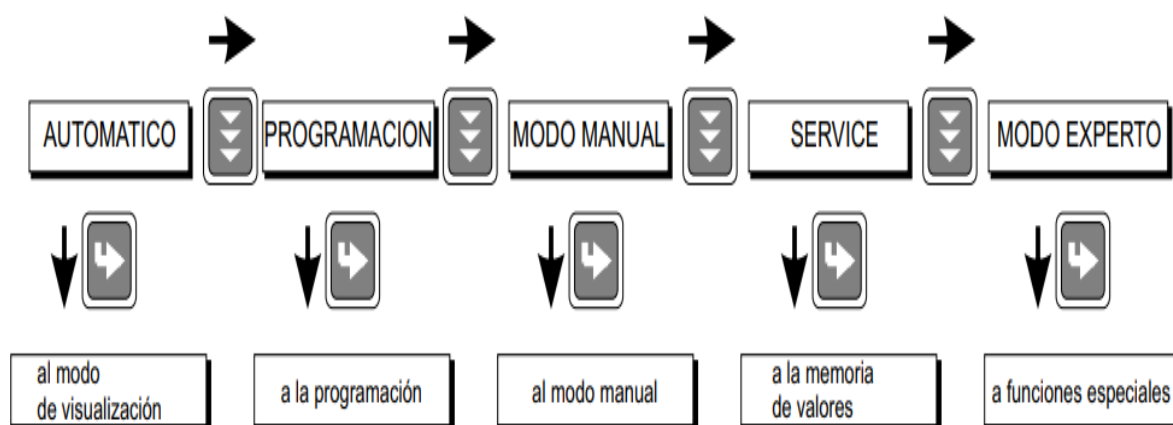


Figura 8.18 Formas de acceso

8.2.1.9 Modo Automático Controlador BR6000.

El regulador BR6000 trabaja por defecto en modo automático. En este modo, los pasos de condensador se conectan y desconectan automáticamente para alcanzar el $\cos \phi$ deseado. Esto se produce cuando la energía reactiva requerida es mayor que el valor del escalón más pequeño del condensador. En el modo automático se pueden visualizar diferentes parámetros de red, pulsando repetidamente la tecla "ENTER".

8.2.1.10 Programación Controlador BR6000.

Presionando una vez la tecla "Modo de Operación" lleva al usuario desde la operación automática al "Modo Programación". El parámetro 1 (I-Convensor) se alcanza presionando "ENTER". EL display superior siempre muestra el parámetro y parte inferior el valor ajustado. Los valores se cambian presionando la tecla (\blacktriangle / \blacktriangledown). Presionando nuevamente la tecla "ENTER" almacena el valor y lleva al usuario al próximo parámetro. Para salir del modo programación en cualquier paso, presione la tecla "Modo de Operación".

8.2.1.11 Inicialización automática Controlador BR6000.

Con la inicialización automática el BR6000 reconocerá automáticamente los parámetros del sistema de CFP. También sirve como una verificación y almacenamiento de estos parámetros - el usuario solo tiene que hacer muy pocos o casi ningún ajuste. El comienzo del proceso de inicialización se realiza desde el punto de menú "programación" presionando el botón " \blacktriangle " "AUTO-INIT(YES) a ser confirmado presionando la tecla ENTER. Como se muestra en la figura 8.19.

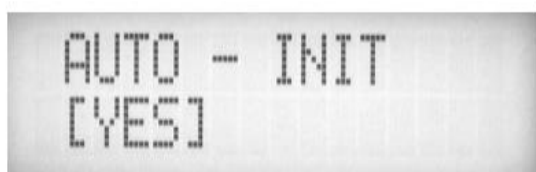


Figura 8.19 Inicialización automática

8.2.1.12 Programación Manual Controlador BR6000.

Básicamente se ingresa al modo manual y se ingresan las configuraciones deseadas, cada configuración se guarda presionando la tecla ENTER.

0 Idioma

1 I-tc primario

2 I-tc secundario

3 pasos activos

4 Serie de control

5 Modo de control: aquí se selecciona el tipo de regulación:

- ✚ Secuencia lineal - lifo ·
- ✚ Secuencia circular - fifo
- ✚ Inteligente (ajuste de fábrica)
- ✚ Inductancias anti armónicas

6 Potencia 1° paso

7 Cos phi deseado

8 Tensión de medición

9 Relación transf. tensión

10 Tiempo de conexión

12 Tiempo de descarga

13 Temp. alarma

14 Relé de mensaje

15 Temperatura del ventilador

8.2.1.13 Generador de Emergencia.

La demanda nominal proyectada es de 2,736.28kW (2.7MW), por lo cual el generador de emergencia debe ser capaz de entregar al menos una potencia de 2,080kW (2.08MW). Es muy importante conocer los datos en corrientes ya que serán requeridos para dimensionar los calibres de los conductores, estos cálculos de corriente se obtienen de la ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V FP}$$

(Ecuación 8.3) Calculo corriente

Donde:

I = Corriente

P= Potencia activa en KW

V = Tensión (Voltaje)

FP= Factor de potencia

Calculo Corriente nominal proyectada:

$$I = \frac{2736.28 \text{ KW}}{460V\sqrt{3} \cdot 0.8} = 4,298 \text{ Amperios}$$

Calculo Corriente generador:

$$I = \frac{2080.00 \text{ KW}}{480V\sqrt{3} \cdot 0.8} = 3,131.02 \text{ Amperios}$$

El generador de emergencia que se implementara en la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras es marca Cummins modelo C2000D6 como se puede visualizar a continuación.



Figura 8.20 Generador de emergencia

8.2.1.14 Control CommandPower del Generador de Emergencia.

El generador de emergencia con el PowerCommand, que es un sistema de monitoreo, medición y control de grupo electrógeno basado en microprocesador. Diseñado para satisfacer las demandas de los motores actuales.

la integración de todas las funciones de control en un solo sistema. Proporciona mayor confiabilidad y rendimiento, en comparación con el control del grupo electrógeno convencional. Estos sistemas de control han sido diseñados y probados para cumplir con el duro entorno en el que típicamente se aplican.



Figura 8.21 Control PowerCommand de generador de emergencia

En la figura 8.21 se puede observar el control CommandPower, podemos mencionar que dentro de sus características principales cuenta con una configuración multi lenguaje, reloj de tiempo real para la marca de hora de eventos y fallas, además cuenta con opción de paralelismo y sincronización, es decir conectar otro generador en paralelo.

El control PowerCommand, también es adecuado para uso en una amplia gama de grupos electrógenos diésel y de gas natural de combustión pobre, se puede configurar para cualquier frecuencia, conexión de voltaje y alimentación de 120-600VAC línea-línea. El control expuesto se incluye en el precio del generador de emergencia del proyecto.

8.2.1.15 Baterías para Arranque del Generador de Emergencia.

En las interrupciones del fluido eléctrico, el generador de emergencia debe arrancar para pasar a ser el nuevo suministro de energía eléctrica al plantel Novem, Honduras. Las baterías acumuladoras de energía juegan un papel fundamental en el arranque del generador. Por lo tanto, es importante prestar atención a este elemento, por tal razón se estipulan dos baterías con una capacidad de arranque en frío de 1125Amp y una capacidad de arranque de 1046Amp.

La capacidad de reserva de las baterías es de 335 Min. Técnicamente, capacidad de reserva es el número de minutos que un acumulador nuevo a plena carga(26.7|°C) puede descargarse continuamente y mantener un voltaje terminal o mayor a 10.5 voltios.

Las baterías acumuladoras serán marca Cummins y están incluidas en el precio de compra del generador de emergencia, las dos baterías acumuladoras de energía se pueden observar en la siguiente imagen.



Figura 8.22 Baterías acumuladoras de energía eléctrica DC

8.2.1.16 Cargador de Baterías DSE9461.

Con el objetivo de minimizar las posibilidades de fallo en el arranque del generador de emergencia, cuando sea requerido en las interrupciones del servicio de ENEE, se implementará un cargador inteligente de baterías modelo DSE9461, de esta forma las baterías acumuladoras siempre estarán con carga y disponibles para prestar su servicio.

Especificaciones del cargador inteligente de baterías DSE9461:

- ✚ Tensión de alimentación de 90 V a 305 V(1-n)
- ✚ Frecuencia de 48 Hz a 64 Hz (L-N)
- ✚ Capacidad de salida de 10 A DC a 12 V y 24 V DC
- ✚ Ondulación y ruido <1%
- ✚ eficiencia >86%
- ✚ Salida auxiliar 100 mA DC a 12V
- ✚ Protección de corto circuito
- ✚ Relé de fallo de carga



Figura 8.23 Cargador inteligente de baterías

8.2.1.17 Tanque de Combustible diésel.

El tanque de combustible diésel para alimentar el generador de emergencia, tendrá una capacidad de 1,500 galones, con una geometría cilíndrica, además deberá tener un colador de combustible montado en la entrada del tanque de combustible. La fabricación del tanque se hará con lámina de hierro de 3/32", con estructura angular, además deberá poseer visor de combustible, válvula para drenaje, válvula para alimentación de combustible al generador de emergencia, en la parte superior deberá detener un tapón de registro (tipo manola) para poder realizar la limpieza del mismo).

Elementos que Incluye el tanque de combustible:

1. Estructura angular
2. Visor transparente
3. Salidas de alimentación y retorno

4. Tapón de registro en parte superior
5. Punto de aterrizaje
6. Argollas de levante
7. Pintura verde Onan automotriz
8. Drenaje y respirador
9. Fosa para contención de derrames (obra civil de Novem)

En la figura 8.24 se aprecia una representación del tanque de combustible, con su fosa para contención de derrames en caso de que se presenten.

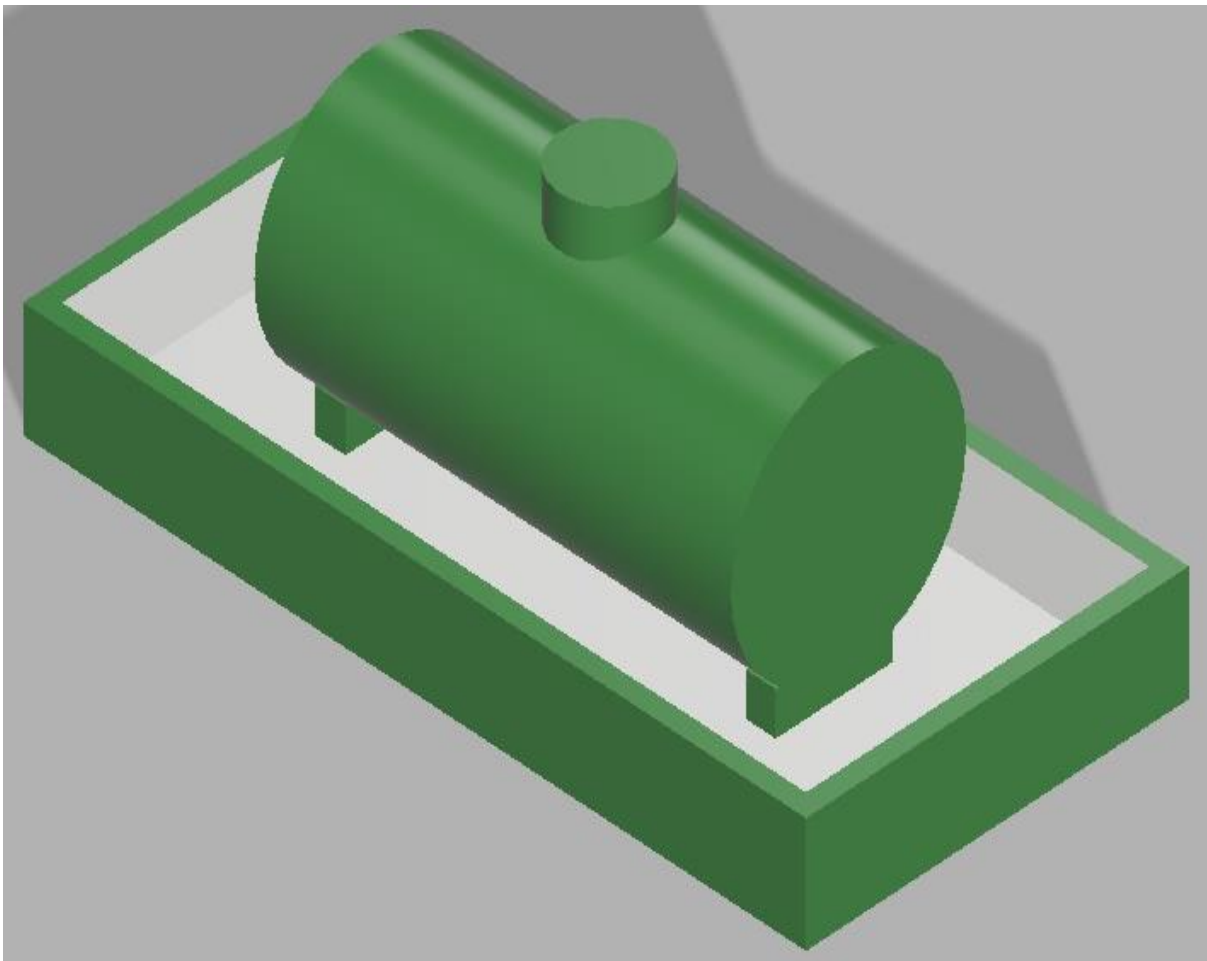


Figura 8.24 Tanque de combustible diésel
(Fuente: elaboración propia, 2021)

8.2.1.18 Automatización Subestación Eléctrica.

La nueva subestación eléctrica que se diseña para Novem, Honduras debe tener un funcionamiento totalmente automático, la intervención humana será solamente de supervisión y monitoreo, para lograr la automatización se deben utilizar diferentes elementos de control, a continuación, se describen los más importantes.

8.2.1.19 PLC Siemens S7-1200 (Controlador Lógico Programable).

El PLC Siemens S7-1200, es un controlador modular para tareas de automatización sencillas. Tiene una gama de paneles que se integran en un software de desarrollo.

El PLC para la implementación de la subestación eléctrica será Siemens y pertenece a la familia SIMATIC S7-1200, CPU 214C, su número de artículo en el mercado es 6ES7 214-1AG40-0XB0, cuenta con 14 entradas digitales, 10 salidas digitales, 2 entradas análogas, además cuenta con una memoria programable de 100 KB y conexión profinet. Dicho PLC se observa en la figura 8.25.



Figura 8.25 PLC Siemens S7-1200 CPU 214C

En la automatización de la nueva subestación eléctrica, el PLC es uno de los elementos de mayor relevancia ya que se desempeña como el cerebro que recibirá solicitudes de tareas que inmediatamente las procesa, para posteriormente brindar las ordenes que se deben ejecutar.

Las conexiones eléctricas del PLC son muy importantes ya que un error en su conexión de alimentación puede ocasionar daños al mismo, afortunadamente todos sus bornes de conexión están debidamente identificados para que personal con conocimientos técnicos pueda conectar sin mayores inconvenientes. Siempre se recomienda referirse al manual de conexiones y comprobaciones de la tensión de alimentación.

Un esquema de conexiones eléctricas del PLC se muestra en la siguiente figura para tener un grado mayor de comprensión y certeza al momento que se presente la oportunidad de realizar las conexiones eléctricas.

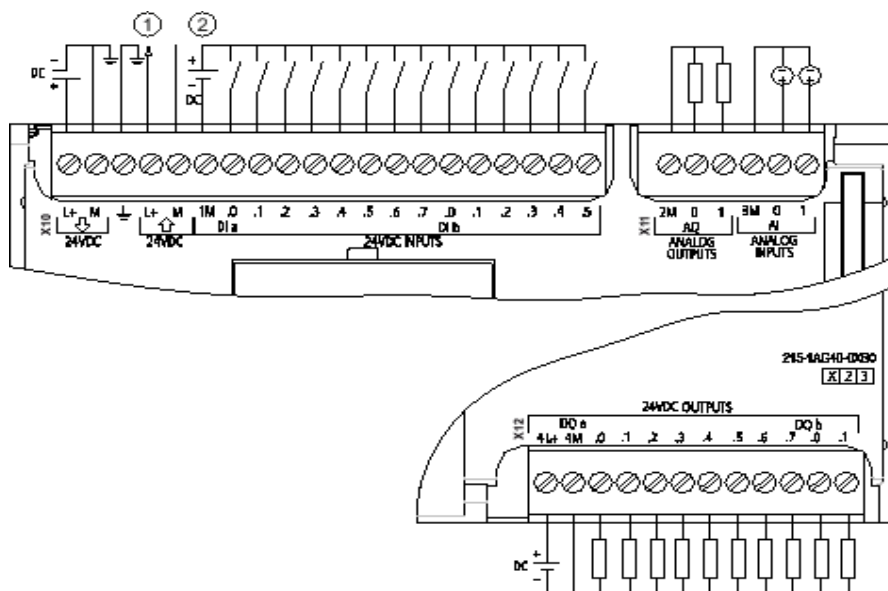


Figura 8.26 Esquema de conexión eléctrica PLC

8.2.1.20 Software TIA Portal de Siemens.

TIA Portal es un software que integra todos los componentes de las máquinas para controlar procedimientos y operaciones. Al ser una aplicación modular, es posible añadir nuevas funcionalidades que se adapten a las necesidades de la aplicación. Es ideal para hardware que utilizan el S7-1200 y S7-1500. En el campo de ingeniería de producción, la plataforma de software TIA Portal es la puerta de entrada a la automatización en la Empresa Digital. Todo esto hace de TIA Portal un elemento

central en el camino a la Empresa Digital, especialmente en las nuevas versiones V13, V14, V15, V16 con nuevas funciones para los procesos digitales. (Siemens, 2020)

TIA (Totally Integrated Automation) permite integrar todos los proyectos claves de la automatización: HMI, motores, periféricos descentralizados, control de movimiento y distribución de energía.

De forma general presentamos un resumen explicativo con imágenes de algunas interfaces, configuraciones y programación del software TIA Portal.

Como se puede apreciar en la figura 8.27, la interface que permite las acciones de abrir proyecto existente, crear nuevo proyecto, migrar un proyecto que haya sido creado en otra versión.



Figura 8.27 Interface ingreso a software TIA Portal

Una vez que se crea un nuevo proyecto y ya en el árbol del proyecto podemos configurar nuestro hardware, es decir dar de alta los elementos como ser: PLC, módulos de

entradas y salidas, HMI y todo lo que el proyecto de automatización de la subestación eléctrica Novem, Honduras requiera, tal como se aprecia en la siguiente figura.

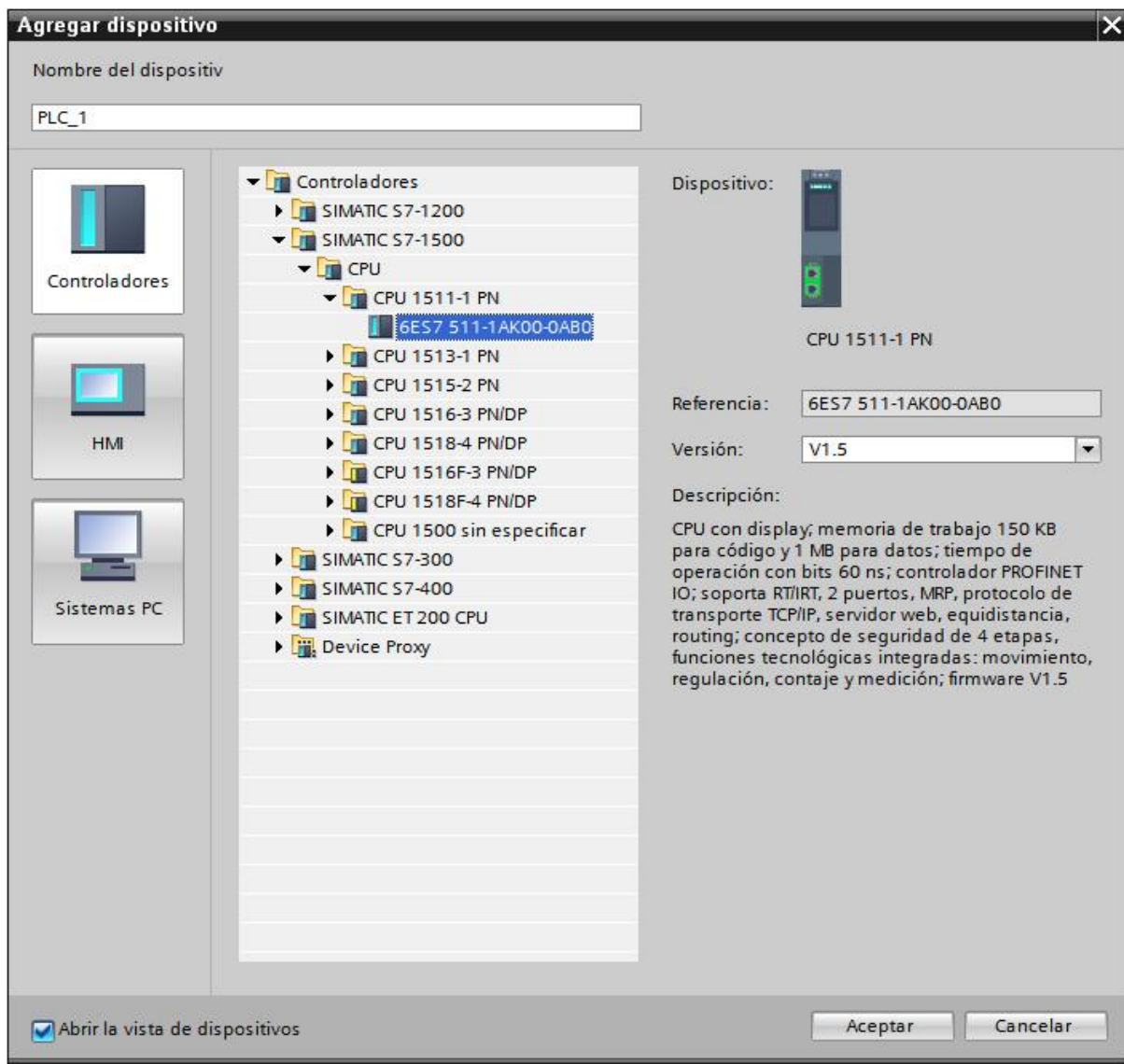


Figura 8.28 Hardware software TIA Portal

La programación lógica para la automatización de la subestación eléctrica se realizó con el software TIA Portal, ya mencionado, utilizando los lenguajes de programación (AWL, KOP, FUP) que están disponibles y con la facilidad que se puede trabajar con el que prefiera el integrador ya que el software permite conmutar en cualquier momento al lenguaje de preferencia.

Con el fin de facilitar la comprensión de los tres lenguajes de programación que fueron utilizados en la lógica de programación de este proyecto, proporcionamos en la

siguiente ilustración se muestra en un ejemplo simple, que consiste automatizar un circuito de dos entradas y una salida.

Solución en AWL

```

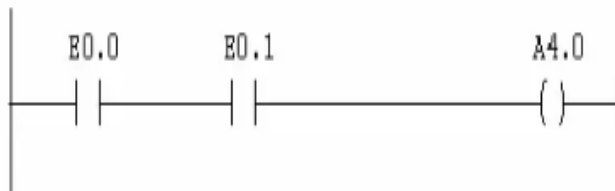
U   E   0.0
U   E   0.1
=   A   4.0

```

Solución en KOP

Segm. 1: Título:

Comentario:



Solución en FUP

Segm. 1: Título:

Comentario:

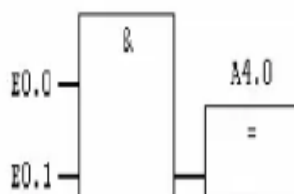


Figura 8.29 Lenguajes de programación software TIA Portal (AWL, KOP, FUP)

8.2.1.21 Sistema de Control y Mando de Subestación Eléctrica.

En el sistema de control y mando para la nueva subestación eléctrica de Novem, Honduras, se utilizan diferentes elementos de control, necesarios para poder enviar y recibir señales digitales al PLC. En este apartado mencionaremos de forma resumida los elementos de mayor relevancia.

8.2.1.22 Fuente de Voltaje AC/DC.

Las fuentes de corriente directa o fuentes de alimentación son un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, continuas (DC), esta tensión DC usualmente es utilizada para alimentar todos los equipos que componen el sistema de control.

En este proyecto la fuente de voltaje que utilizaremos será Siemens su nombre de producto es LOGOPower, es una fuente de alimentación estabilizada con una entrada de 100-240VAC y su salida es 24 VDC/2,5Amp, es lo necesario requerido para alimentar tensión a todos los elementos del sistema de control que requieren tensión DC, la fuente de tensión que se aprecia en la figura 8.30 es la que se utilizara en la automatización de la transferencia.



Figura 8.30 Fuente de tensión 24VDC

8.2.1.23 Fuente de Voltaje DC UPS.

La fuente de tensión DC UPS es un sistema de alimentación ininterrumpida, que imperiosamente se debe incluir en el control y mando para lograr la operación automática de la subestación eléctrica, ya que este componente permitirá mantener la tensión DC de control durante las interrupciones de energía del sistema eléctrico de ENEE y de esta manera poder iniciar el ciclo de conmutación a energía de generador, en otras palabras sin este componente sería imposible lograr la automatización del sistema que se está implementando.

La descripción de producto es la siguiente:

- ✚ 8EP1931-2DC21 Siemens Modulo SITOP DC-USV 24 V/6.85 A, salida DC 24V/6Amp.
- ✚ SAI sistema de alimentación ininterrumpida DC para usar junto con módulos de batería.

El módulo DC UPS es utilizado para garantizar presencia de tensión DC ininterrumpidamente se puede observar en la siguiente figura.



Figura 8.31 Módulo SITOP DC/DC UPS

8.2.1.24 Módulo de Batería.

El módulo de batería SITOP es un accesorio de modulo DC/DC UPS es un módulo de acumuladores SITOP 24 V/3,2 Ah con libres de mantenimiento, acumuladores de plomo cerrados para Módulo SITOP DC-USV 6 A y 15Amp SITOP, módulo de batería de 24V/ 3,2 Ah, con baterías selladas de plomo-ácido libres de mantenimiento, para módulos SITOP DC-SAI de 6A y 15 A. Su referencia de producto Siemens es 6PE1935-6MD11.

El módulo de baterías se interconecta con el módulo SITOP DC/DC UPS y en combinación logran mantener la tensión DC de forma permanente, a continuación, la figura del módulo de baterías.



Figura 8.32 Módulo de batería

Debido a la estrecha relación que tienen los tres elementos explicados en los tres apartados anteriores, es decir: Fuente de voltaje AC/DC, fuente de Voltaje DC UPS y módulo de batería, presentamos un diagrama de sus interconexiones eléctricas.

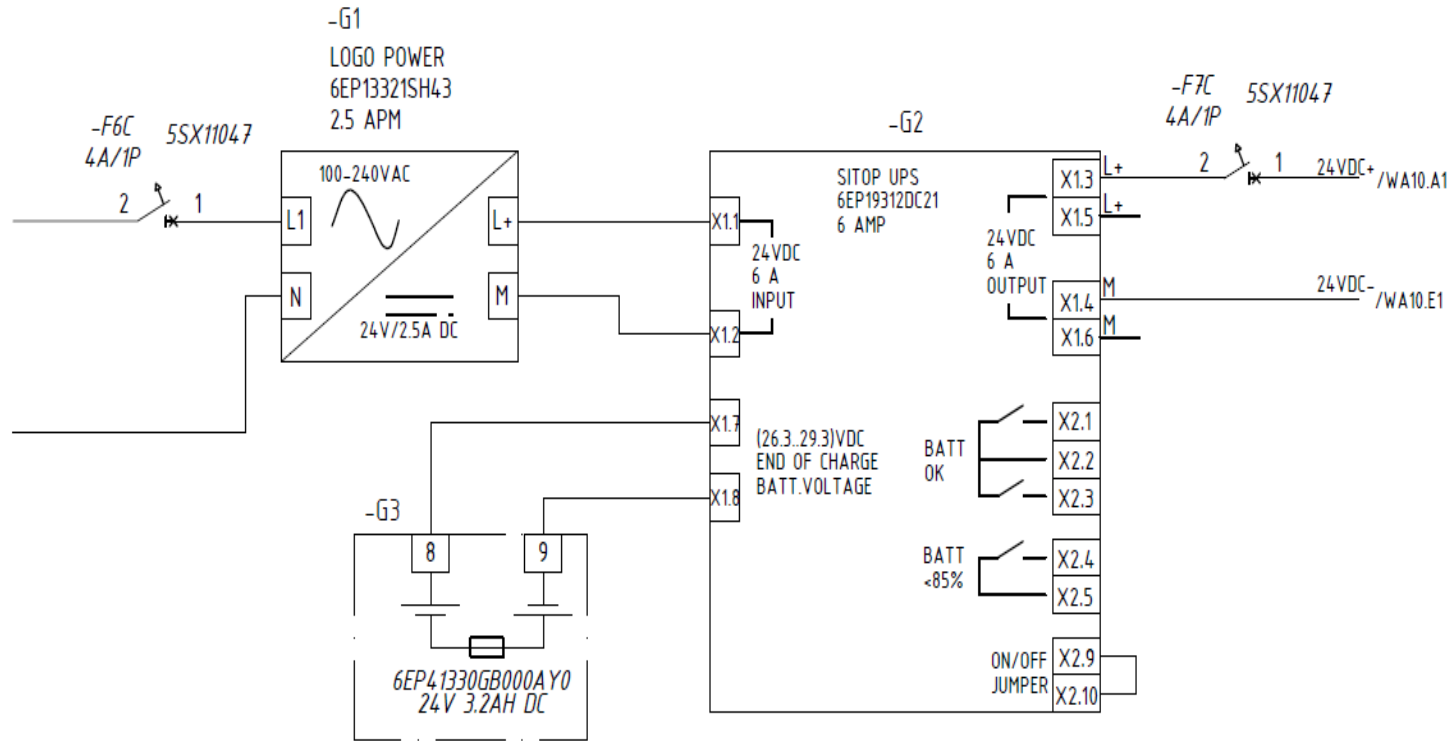


Figura 8.33 Diagrama de conexión eléctrica Fuente/UPS/Batería

Donde:

G1: Fuente de voltaje AC/DC.

G2: Fuente de voltaje DC UPS.

G3: Módulo de batería.

En el módulo G2 X13= L+ 24VDC G2 X15 L- 0V ambas líneas representan la tensión 24 VDC que alimenta todo el sistema de control.

8.2.1.25 Relé Monitor de Fases.

Relé monitor de fases, es el relé que vigila que la alimentación eléctrica tenga la correcta secuencia de fase y que todas las fases estén presentes. El relé se desconecta en caso de interrupción de una o más fases, siempre que la tensión regenerada no exceda el 85 % de la tensión fase-fase. Lo expresado se muestra de forma esquemática en la siguiente figura.

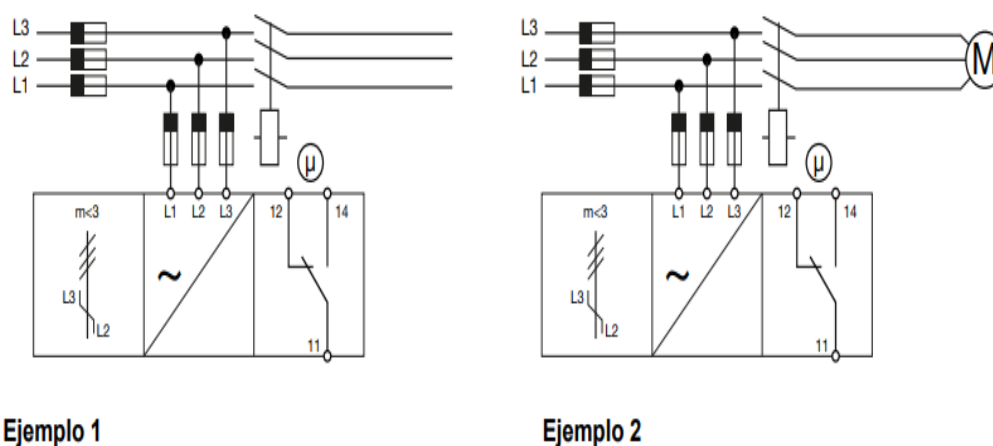


Figura 8.34 Diagrama de conexión relé eléctrica de monitor de fases

Ejemplo 1: El relé controla que la alimentación eléctrica tenga la correcta secuencia de fase y que todas las fases estén presentes.

Ejemplo 2: El relé se desconecta en caso de interrupción de una o más fases, siempre que la tensión regenerada no exceda el 85 % de la tensión fase-fase.

El relé monitor de fase utilizado en el control es Siemens de la familia Sirius, su número de referencia 3UG4513-1BR20, el relé es mostrado en la figura 8.35.

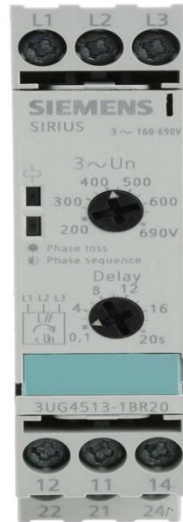


Figura 8.35 Relé Monitor de fases Siemens

Como se puede interpretar, el relé monitor de fases es otro de los dispositivos de control muy importante para lograr la automatización de la nueva subestación eléctrica de Novem, Honduras, su función será, enviar señal binaria (0-1) a una entrada del PLC cuando se interrumpa el servicio eléctrico de ENEE, el automático a su vez inicia una serie de órdenes para que se produzcan los siguientes eventos:

1. Apertura del interruptor de transferencia de ENEE.
2. Arranque del generador de emergencia.
3. Cierre de interruptor de transferencia de acople.
4. Relé monitor de fases en lado generador envía señal de presencia de energía eléctrica.
5. Cierre del interruptor de transferencia de generador de emergencia (previamente otro monitor de fases envía señal de presencia de energía)

Una vez completados los cinco eventos anteriores, el plantel de Novem, Honduras es abastecido con energía eléctrica del generador de emergencia, después de la interrupción del servicio eléctrico de ENEE.

Cuando se produzca el retorno de energía de ENEE, su relé monitor de fases enviara señal al PLC de presencia de energía de ENEE, en la programación lógica se contempla un tiempo de al menos 2 minutos para iniciar los eventos de transferencia de energía, ese tiempo es para garantizar que la tensión sea estable y no tenga fluctuaciones o peor aún que ocurra otra interrupción inmediatamente después del retorno.

Posterior a los dos minutos se iniciarán los eventos de transferencia de energía que se describen a continuación.

1. Relé monitor de fases de ENEE envía señal de presencia de energía eléctrica.
2. Apertura del interruptor de transferencia de acople.
3. Cierre del interruptor de transferencia de ENEE.
4. Apertura del interruptor de transferencia del generador de emergencia.
5. Paro del generador de emergencia. (su paro se producirá 6 minutos después del evento 4, trabajará sin carga, sugerido por el fabricante del generador)

De forma resumida se explicó el funcionamiento automático de las transferencias de energía que se implementara en la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras.

8.2.1 Análisis y determinación de la localización de la ubicación óptima del proyecto.

Se determina que la localización óptima de la nueva subestación eléctrica estará contiguo a la actual subestación 3, por la cercanía de la línea de media tensión, ubicación de los equipos que se deben energizar y la facilidad de realizar la obra civil en el sector elegido.

La ubicación de la nueva subestación eléctrica se puede apreciar circulada en color rojo, en la figura que se muestra a continuación.



Figura 8.36 Vista panorámica de ubicación de la nueva subestación eléctrica

El siguiente plano tiene como objetivo mostrar el diseño de la nueva subestación eléctrica, que incluye sus componentes más relevantes como ser transformador de potencia, paneles de transferencias, banco de capacitores, generador de emergencia y tanque de combustible.

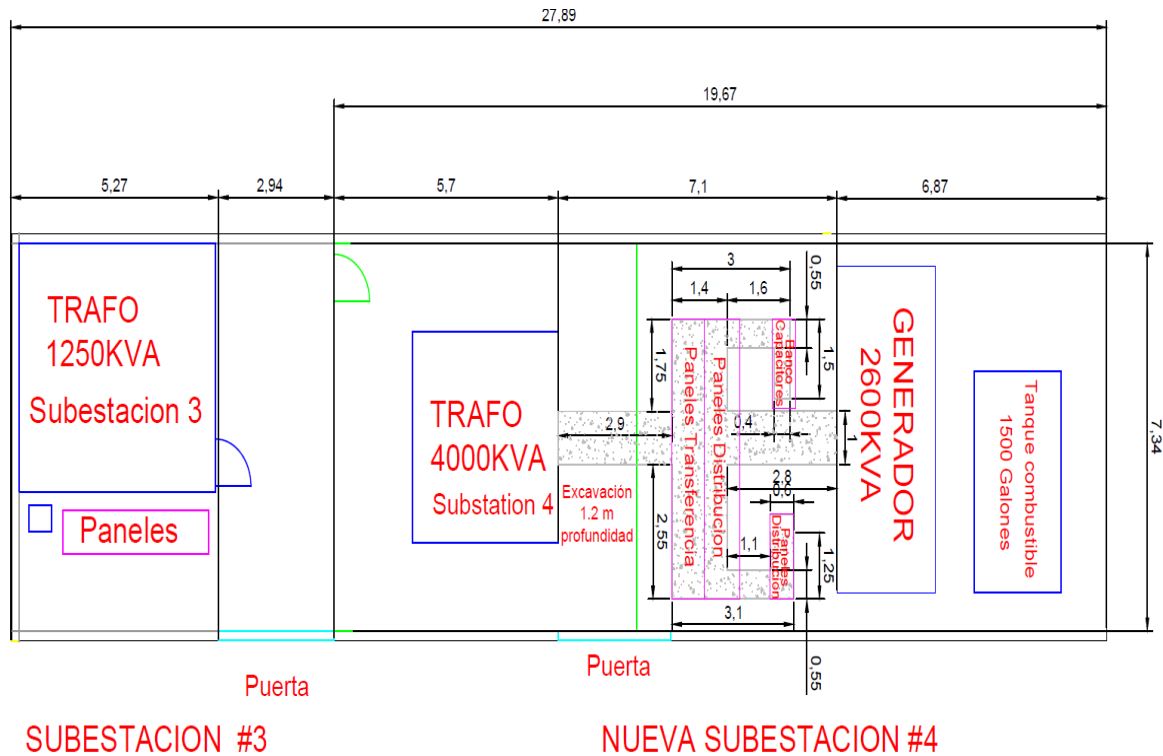


Figura 8.37 Plano Subestación eléctrica #4 Novem, Honduras
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

8.2.2 Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.

El tamaño del proyecto será de 144.15 m², espacio en el cual se podrán instalar todos los componentes necesarios distribuidos de forma estratégica para facilitar sus montajes y conexiones eléctricas. La obra civil constará de un pequeño muro perimetral de bloque con una altura de 40cm y cerrado con estructura metálica, las medidas serán: 19.64m largo x 7.34m ancho x 4.06 m alto.

8.2.2.1 Dimensiones.

Dimensiones y peso del transformador de potencia.

Tabla 8.11 Dimensiones de transformador de potencia

DIMENSIONES TRANSFORMADOR	(mm)
Frente	4000 mm
Fondo	3700 mm
Alto	2600 mm
PESO	(kg)
Núcleo y Bobinas	3947 kg
Tanque y Accesorios	4123 kg
Líquido 2 607	2216 kg
TOTAL	10,286 kg

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Como se puede apreciar en la tabla 8.11 el peso total del transformador es de 10,286 kg, por lo cual se debe considerar alquiler de grúa para el desembarque y posterior montaje.

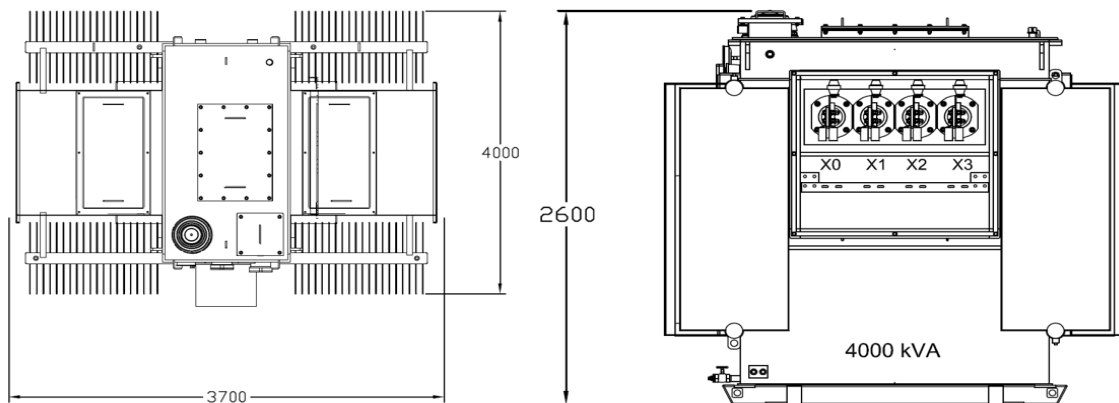


Figura 8.38 Dimensiones de transformador de potencia

Debido a que las dimensiones del transformador de potencia han sido consideradas para generar el espacio físico más conveniente donde se instalara, estas dimensiones no representar mayores inconvenientes, ni cuidados extras.

8.2.2.2 Gabinetes de Transferencias.

Los gabinetes de transferencia principal son metálicos, divididos en secciones, con una puerta de acceso para cada sección, sus dimensiones serán 2400mm ancho x 220mm alto x 800mm profundo, en la figura 8.39 se puede visualizar de forma esquemática como se verían los gabinetes.

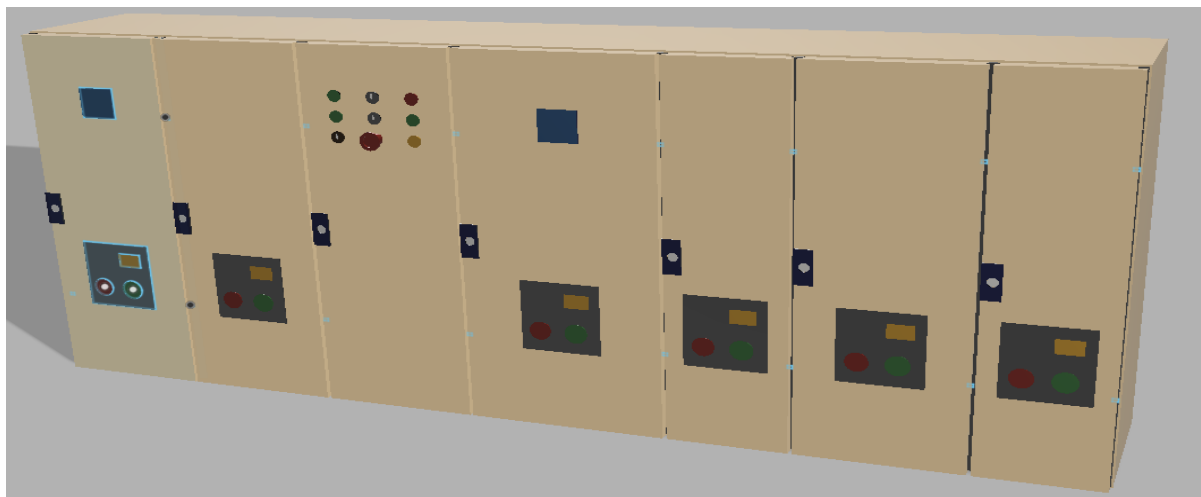


Figura 8.39 Gabinetes principales de transferencias
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Los gabinetes de transferencia secundarios son metálicos, divididos en secciones, con una puerta de acceso para cada sección, sus dimensiones serán 2400mm ancho x 220mm alto x 800mm profundo, en la figura 8.40 se puede visualizar dichos gabinetes y serán ubicados en la parte trasera de los gabinetes principales, es decir espalda con espalda.

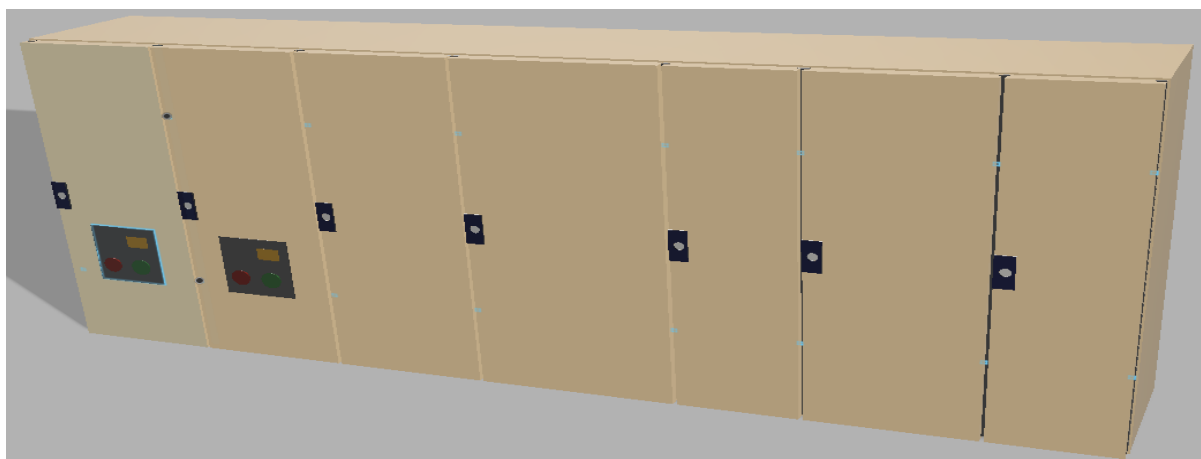


Figura 8.40 Gabinetes principales de distribución
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

También se implementarán dos tableros secundarios de distribución TBD1 y TBD2 de 220mm alto x 600mm ancho x 800mm profundo, como se puede apreciar en la figura 8.41, que representa la vista frontal de cada uno de los gabinetes de distribución.

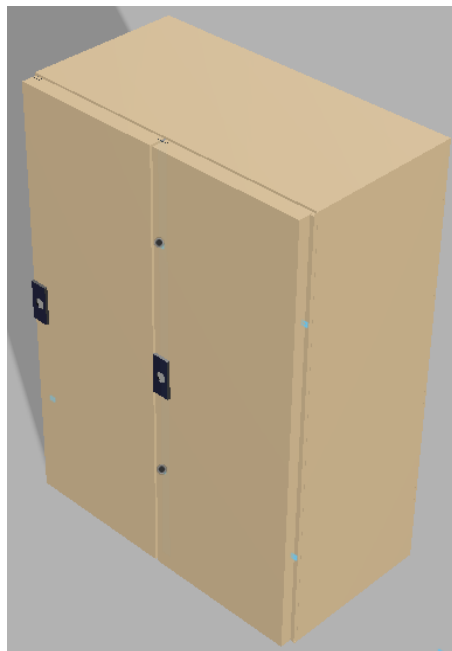


Figura 8.41 Tablero secundario de distribución TBD1
(Fuente: Elaboración propia, 2021)



Figura 8.42 Tablero secundario de distribución TBD2
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Un componente importante en el diseño e implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras es el banco de capacitores, para el cual se utilizarán dos celdas metálicas de 220mm alto x 800mm ancho x 800mm profundo, la vista frontal se observa en la próxima figura.

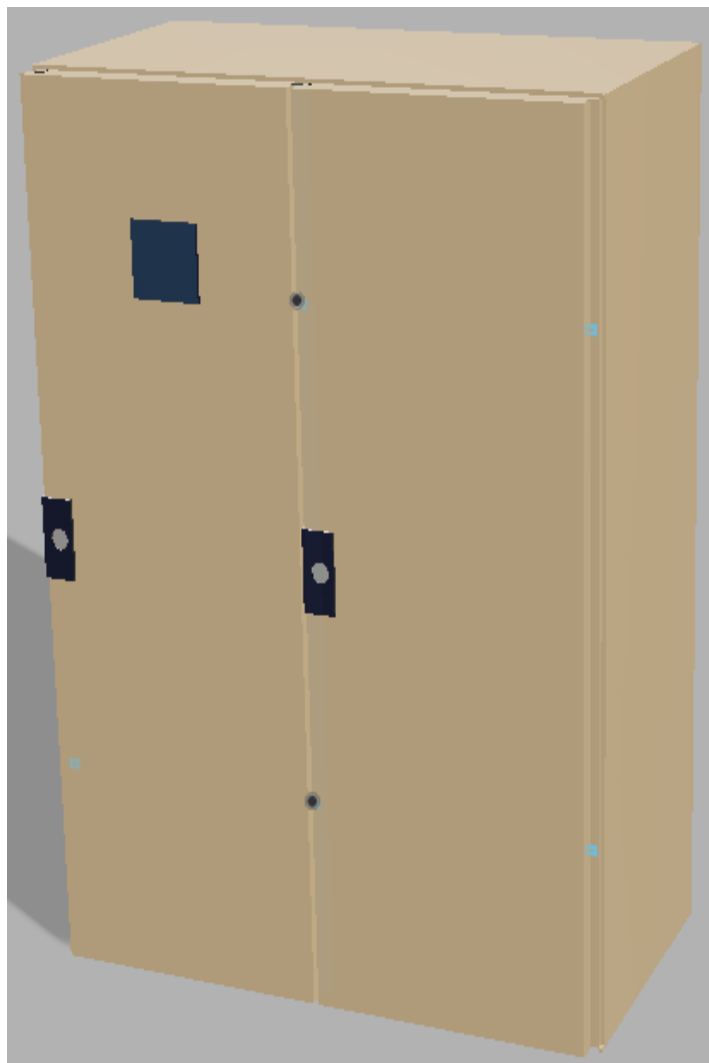


Figura 8.43 Celdas banco de capacitores
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Estos gabinetes, tableros y celdas mostrados en este apartado (8.2.2.2) son los que albergarán las barras comunes 460VAC, interruptores de transferencias, banco de capacitores y demás accesorios que se podrán observar en la creación del prototipo específicamente en el apartado 8.4.

8.2.2.3 Generador de Emergencia.

El generador de emergencia sera de la marca Cummins, para conocer sus dimensiones y peso se debe referir a la siguiente tabla.

Tabla 8.12 Dimensiones de generador de emergencia

DIMENSIONES GENERADOR EMERGENCIA	(mm)
Dimension A	6175 mm
Dimension B	2296 mm
Dimension C	2537 mm
PESO GENERADOR EMERGENCIA	(kg)
Motor	15945 kg
Devanados del generador	14880 kg
TOTAL PESO	3825 kg

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

La siguiente figura es un esquema representativo del generador de emergencia, en vista lateral con los puntos A,B,C, puntos que son referidos en la tabla anterior de las dimensiones y en parte inferior de el esquema del generador ensamblado.

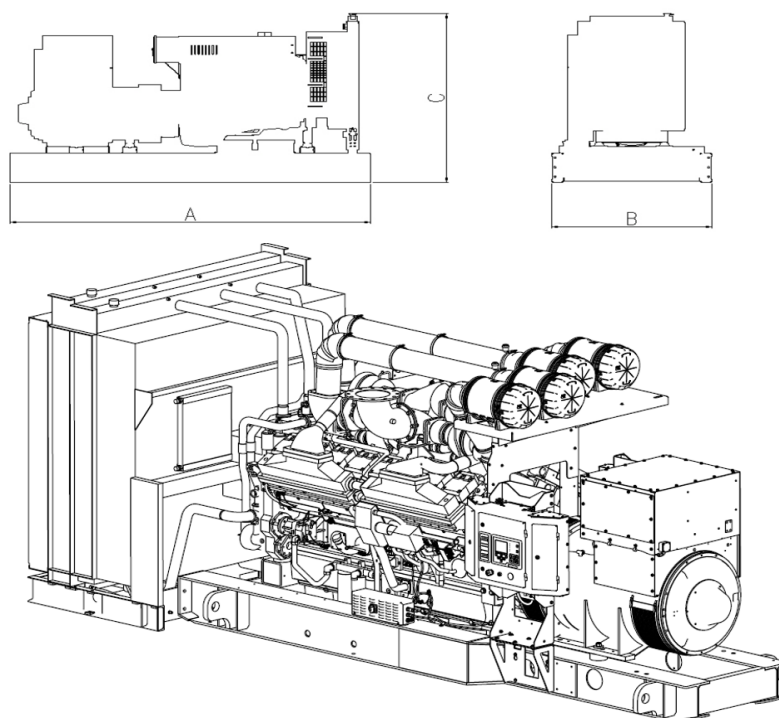


Figura 8.44 Esquema de dimensiones de generador de emergencia

8.2.3 Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos.

Los proveedores que suministrarán todos los componentes de este proyecto ya han garantizado la disponibilidad como también los tiempos de entrega, además de presentar las ofertas económicas.

A continuación, se presenta la siguiente tabla donde se analiza la disponibilidad y el costo de suministros e insumos del proyecto, donde se puede visualizar quien será el proveedor cual será el tiempo de entrega, el país de procedencia de dicho componente o suministro, así como el precio.

Tabla 8.13 Disponibilidad y costo de suministros e insumos para subestación eléctrica

Disponibilidad y el costo de los suministros e insumos						
Proveedor	Disponibilidad	Fecha entrega	País Procedencia	Suministro o insumo	Costo Suministro	Costo Insumo
Dimeca	12 semanas	21/05/2021	Alemania	Cables, terminales y sus accesorios		\$ 109,940.0
Dimeca	12 semanas	21/05/2021	El Salvador	Banco de Capacitores 500KVAR y sus accesorios	\$ 17,500.00	
Dimeca	16-17 semanas	30/06/2021	Alemania	Tablero general, barras, seccionadores, Transfers, tableros distribución y sus accesorios	\$ 282,537.00	
Dimeca	12 semanas	21/04/2021	Honduras	Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador Incluidos sus materiales y mano de obra.		\$ 9,200.0

Dimeca	12 semanas	02/07/2021	Honduras/El Salvador	Nuevo gabinete 460 VAC incluyendo 355mts 4x240mm ² y Cable Flexible 4x240mm ² H07RN-F	\$ 62,428.90	
Dimeca	21 semanas	15/07/2021	México	Transformador de Potencia 4,000kVA	\$ 71,761.00	
Cummins	20 semanas	20/07/2021	Inglaterra	Generador 2600kVA Standby 120/240Vac, Marca: Cummins Onan Modelo: C2000D6 Incluye: Tanque Cilíndrico metálico, 1500Gals, externo cilíndrico	\$ 369,800.0	
Construyo	4 semanas	30/04/2021	Honduras	Obra Civil		\$ 22,357.4
Dimeca	1 – 2 semanas	02/08/2021	Honduras/El Salvador	Mano de obra: para la instalación y conexiones de Transformador a barras, instalación banco de capacitores, conexión de Generador a barras, despliegue de escalerilla de 500mm de ancho desde la Subestación 4		\$ 37,375.0

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

8.2.4 Identificación y descripción del proceso.

A continuación, se identifica el proceso a seguir para la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras. El proceso descrito se presenta enumerado en el orden que se deben ejecutar las actividades.

1. Estudio técnico.
2. Estudio de localización.
3. Obra Civil.
4. Extensión de línea en media tensión 34.5kV.
5. Instalación equipos gabinetes de transferencia.
6. Instalar banco de capacitores.
7. Instalación Transformador de potencia.
8. Instalación Generador de emergencia.
9. Interconexión eléctrica generador a barras.
10. Interconexión eléctrica transformador a barras.
11. Energizar subestación.
12. Mediciones y pruebas de arranque.
13. Puesta en marcha del proyecto.

Después de realizados los estudios: técnico y de localización, se deben gestionar las aprobaciones necesarias que requiere el grupo Novem y posteriormente las actividades del proyecto descritas se deben ejecutara en orden cronológico, tal como fueron mostradas.

A continuación, presentamos un diagrama de bloques para identificar y describir el proceso requerido para la implementación de la nueva subestación eléctrica que se implementara en Novem, Honduras, en este diagrama se puede validar cronológicamente cada una de las actividades

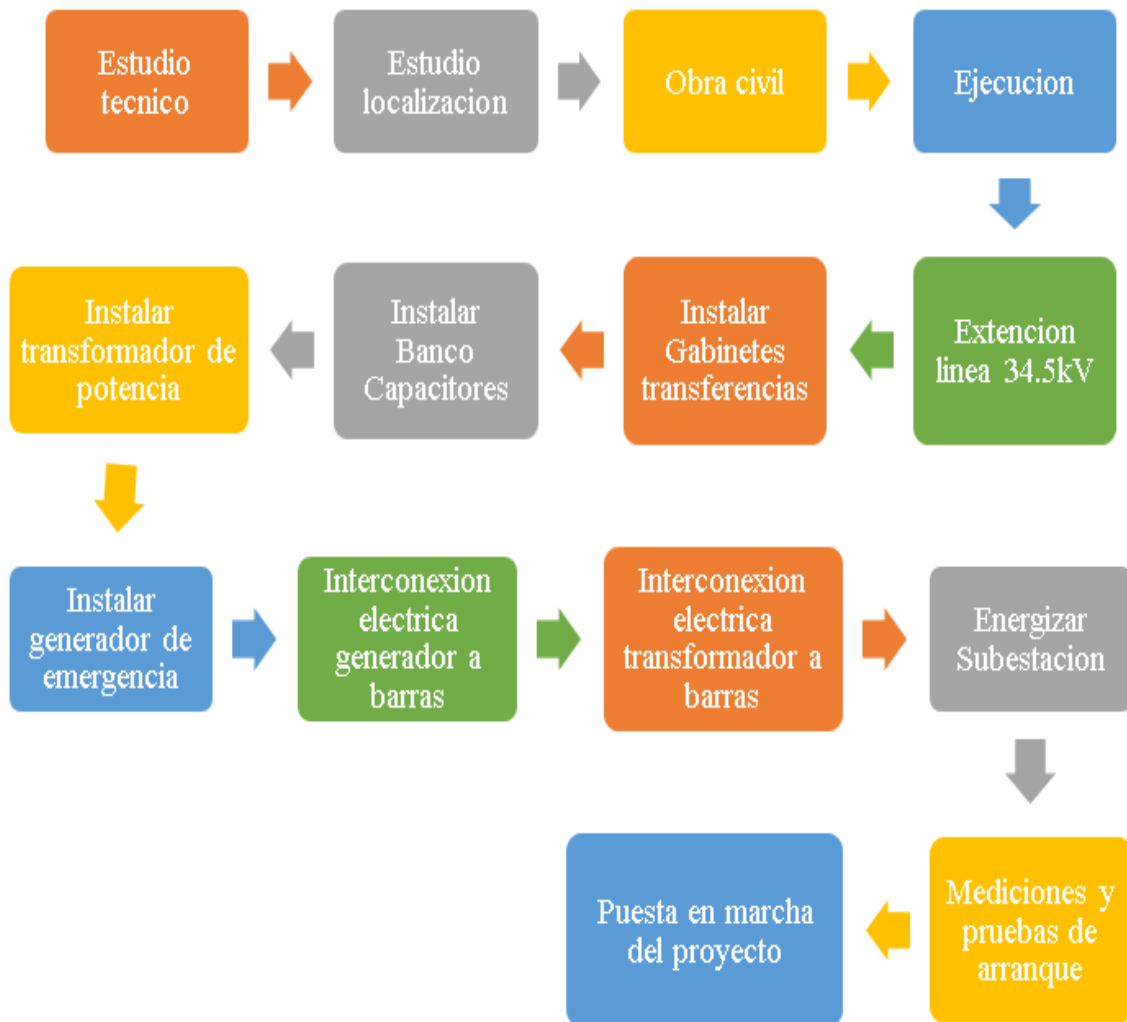


Figura 8.45 Diagrama de bloques del proceso
(Fuente: Elaboración propia, 2021)

8.2.5 Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto.

8.2.5.1 Organización humana.

La organización humana del proyecto se desglosa en un organigrama que se muestra en la figura 8.46.

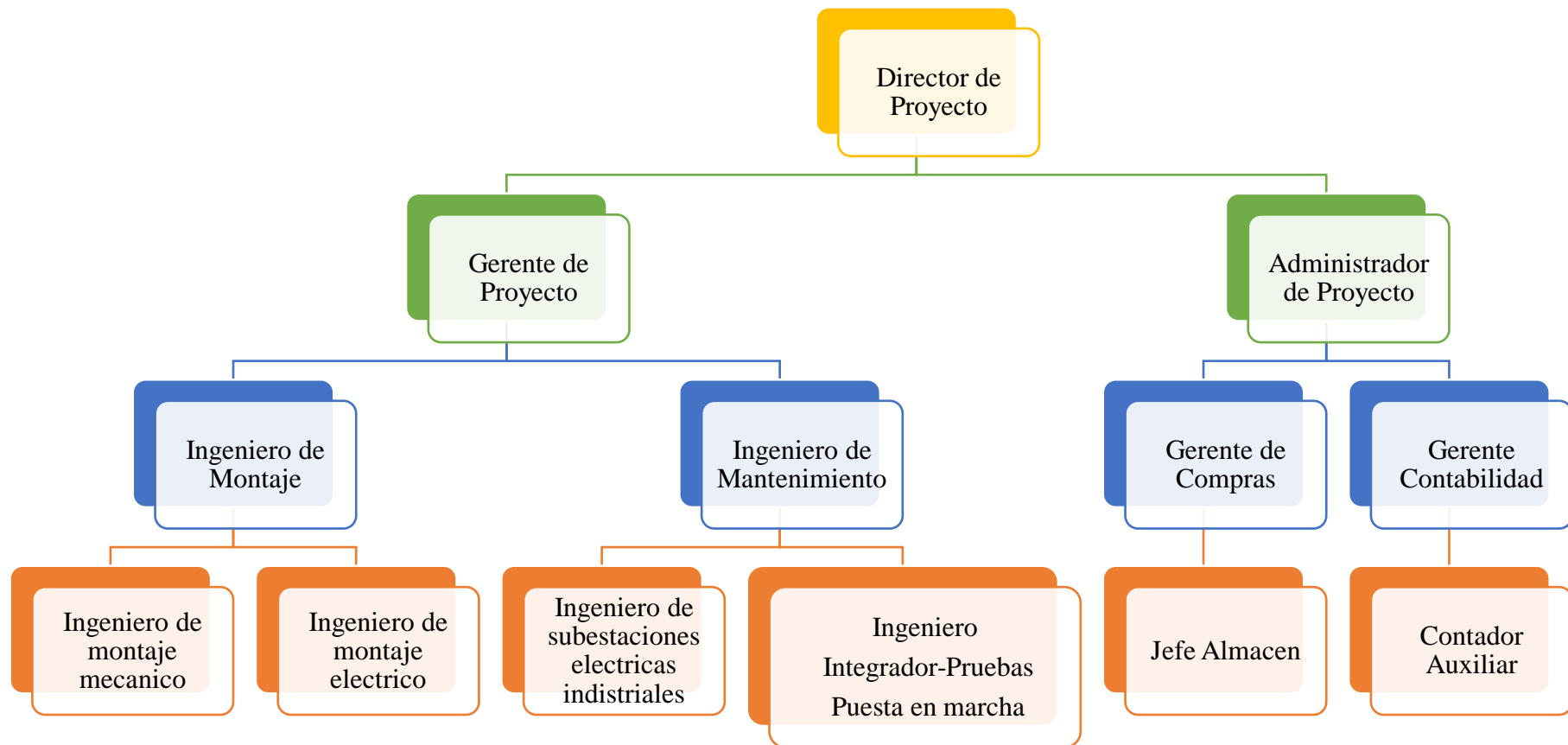


Figura 8.46 Organización humana proyecto subestación eléctrica #4 Novem, Honduras
(Fuente: elaboración propia, 2021)

Como se puede observar en el organigrama para la ejecución del proyecto se necesitan un recurso humano de 13 personas.

8.2.5.2 Organización jurídica.

Desde el marco legal encontramos la ley general de la industria eléctrica que rigen las diferentes actividades como ser generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio de Honduras. La inversión relacionada con este proyecto, podrá autorizarla la ENEE basándose en la ley de la industria eléctrica (Decreto 404-2014, Capítulo II, artículo 15, inciso E y F u otro mecanismo de inversión que estime conveniente.

Poder legislativo.

DECRETO No. 404-2014.

DECRETA:

ARTICULO 15

E. CONTRIBUCIONES PARA NUEVAS OBRAS.

En caso de conexiones que requieran extensiones de línea o incrementos de capacidad, así como en otros casos de construcción de nuevas obras, incluidas las de electrificación rural, la empresa distribuidora puede demandar de los beneficiarios una contribución que será reembolsable con las modalidades que determine el reglamento.

F. NUEVOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACION.

Cuando se construyan nuevas urbanizaciones o se electrifique grupos de viviendas ya existentes dentro de la zona de operación de la distribuidora, esta última podrá solicitar que los interesados construyan total o parcialmente la red de distribución, pudiendo requerir los circuitos primarios, los transformadores, la red secundaria y el alumbrado pública. En tal caso el proyecto deberá ser aprobado previamente por la empresa distribuidora, fijándose en esa ocasión el valor de las instalaciones a los efectos de su reembolso a los interesados, de acuerdo con lo establecido en el literal E de este artículo 15.

El fondo al que se refiere el artículo 24 de la Ley podrá funcionar total o parcialmente la inversión en proyectos que sean de interés social. Las empresas distribuidoras deberán informar a la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) de las ofertas que se construyan bajo este mecanismo.

La empresa distribuidora supervisara la construcción y, ha la conclusión de los trabajos, recibirá las nuevas instalaciones, las que pasaran a ser de su propiedad.

Las inversiones realizadas en instalaciones de distribución que no hayan sido pagadas por la distribuidora, no podrán ser trasladadas a tarifas.

Cualquier discrepancia entre los interesados y la empresa distribuidora relativo al valor de las obras, será resuelta por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE).

8.3 Estudio Económico.

El estudio económico financiero conforma la tercera etapa de los proyectos de inversión, en el que figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado en la etapa anterior - Estudio Técnico; que será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto. Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación. (Gomez, 2015)

8.3.1 Costos de producción y Operación.

El costo para abastecer energía eléctrica al plantel Novem, Honduras con generador de emergencia de 2080kW dependerá de la variación del precio del diésel, además del porcentaje de carga al cual este trabajando el generador. Por lo cual obtuvimos de la página oficial de la secretaria de desarrollo económico los precios semanales/mensuales del diésel, con base a esos valores obtuvimos un promedio anual, con el cual determinamos el costo del kW/h en moneda hondureña (HLN). Los consumos de diésel del generador según su porcentaje de carga fueron obtenidos de la compañía Cummings que es el proveedor del generador. Todos los valores son presentados en la tabla 8.14.

Tabla 8.14 Costo en HLN de energía eléctrica con generador de emergencia

Costo de Producción energía eléctrica de generador de emergencia				
Porcentaje Carga	25%	50%	75%	100%
Litros/hr	163	272	388	521
Costo kW HLN/h	HNL 3,479.04	HNL 5,805.51	HNL 8,281.39	HNL 11,120.11
Costo kW/h	HNL 1.74	HNL 2.90	HNL 4.14	HNL 5.56
Precio Promedio L/diésel	HNL 21.34			

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Podemos observar en la tabla anterior que el costo de la energía eléctrica con generador de emergencia es de HNL 11,120.11/h, trabajando al 100% de carga.

El costo de la energía eléctrica de ENEE para inyectar una potencia de 3200kW nominales al plantel, Novem Honduras es de HNL 6,314.40/h. Dicho valor lo obtuvimos del precio trimestral del kW/h que es establecido por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), luego obtuvimos el promedio mensual anual que es de HNL 4.11kW/h. valores que se observan en la tabla 8.15.

Tabla 8.15 Costo de producción inyectar energía eléctrica de ENEE

Costo de Producción energía eléctrica de ENEE				
Porcentaje Carga	25%	50%	75%	100%
Costo kW HLN/h	HNL 1,578.60	HNL 3,157.20	HNL 4,735.80	HNL 6,314.40
Costo kW/h	HNL 4.11			

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

En la tabla anterior se aprecia de forma desglosada y dependiendo del porcentaje de potencia que suministre ENEE, se determina que el valor máximo es de HNL/h 6,314.40.

A continuación, en la tabla 8.16 presentamos un comparativo de cuál es el valor económico de abastecer energía eléctrica con generador de emergencia versus abastecer energía eléctrica de la red de ENEE.

Tabla 8.16 Comparativo de precio energía generador vs energía precio energía ENEE

Precio energía eléctrica generador de emergencia VS energía eléctrica ENEE				
Porcentaje de carga	25%	50%	75%	100%
Energía Generador emergencia	HNL 3,479.04	HNL 5,805.51	HNL 8,281.39	HNL 11,120.11
Energía ENEE	HNL 1,578.60	HNL 3,157.20	HNL 4,735.80	HNL 6,314.40

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Claramente se puede observar en la tabla 8.16 que es mucho mayor el costo de 1 hora de energía eléctrica con generador de emergencia en comparación con 1 hora de energía eléctrica de ENEE, esa es una de las razones por la cual los generadores de emergencia en las subestaciones industriales nada más son requeridos en las interrupciones de energía eléctrica del sistema principal, en nuestro caso de ENEE.

Costos de operación: La noción de gastos de operación hace referencia al dinero desembolsado por una empresa u organización el desarrollo de sus actividades. Los gastos operativos son los salarios, el alquiler de locales, la compra de suministros y otros. En otras palabras, los gastos de operación son aquellos destinados a mantener un activo en su condición existente o a modificarlo para que vuelva a estar en condiciones apropiadas de trabajo. (Perez & Gardey, 2013)

Tabla 8.17 Costos de Operación

Descripción	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Mantenimiento Interruptores y barras cobre	\$ 7,000.00	\$ 7,280.00	\$ 7,571.20	\$ 7,874.05	\$ 8,189.01
Mantenimiento Tableros distribución	\$ 5,500.00	\$ 5,720.00	\$ 5,948.80	\$ 6,186.75	\$ 6,434.22
Mantenimiento banco capacitores	\$ 5,000.00	\$ 5,200.00	\$ 5,408.00	\$ 5,624.32	\$ 5,849.29
Mantenimiento transformador	\$ 8,000.00	\$ 8,320.00	\$ 8,652.8	\$ 8,998.91	\$ 9,358.87
Mantenimiento generador emergencia	\$ 9,000.00	\$ 9,360.00	\$ 9,734.40	\$ 10,123.78	\$ 10,528.73
Total	\$ 34,500.00	\$ 35,800.00	\$ 37,315.20	\$ 38,807.81	\$ 40,360.12

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

Como se puede observar en la tabla 8.17 se generalizó todos los mantenimientos para la nueva subestación eléctrica, es muy importante mencionar que se consideró una tasa de inflación interanual del 4.0% con una variación de 0.01% para periodos posteriores al 2020, referentes al mantenimiento de estos equipos, según página oficial del Banco Central de Honduras (BCH). Por consiguiente, cada año se ve reflejado el incremento por mantenimiento.

Los costos de operación de la instalación de la subestación eléctrica industrial en Novem, Honduras se refieren a una serie de actividades que se deben realizar y que tienen como objetivo mantener en condiciones físicas y funcionales a todos los equipos, teniendo como fin garantizar el fluido eléctrico en el plantel.

8.3.2 Inversión total inicial.

Inversión: Es la aplicación de recursos financieros destinados a incrementar los activos fijos o financieros de una entidad. Ejemplo: maquinaria, equipo, obras públicas, bonos, títulos, valores, etc. Comprende la formación bruta de capital fijo (FBKF) y la variación de existencias de bienes generados en el interior de una economía. Adquisición de valores o bienes de diversa índole para obtener beneficios por la tenencia de los mismos que en ningún caso comprende gastos o consumos, que sean por naturaleza opuestos a la inversión. (Gutierrez, 2020)

En este apartado se detalla la inversión inicial que tendrá la implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras, dicho proyecto se ejecutará bajo la modalidad de contratación llave en mano.

Cuando hablamos de un contrato ‘Llave en mano’ o EPC (por sus siglas en inglés: Engineering, Procurement and Construction; esto es, Ingeniería, Gestión de Compras y Construcción), nos referimos al acuerdo por el cual un proveedor se compromete, a

cambio de un monto determinado, a concebir, diseñar, construir y poner en funcionamiento una obra o proyecto, el cual es entregado al contratante listo para su operación. (Minero, 2017)

Tabla 8.18 Inversión inicial

ARTICULO	DESCRIPCION	PRECIO TOTAL USD
1	Suministro de cables, terminales y sus accesorios	\$ 109,940.00
2	Suministro de Banco de Capacitores de 500 kVAR y sus accesorios	\$ 17,500.00
3	Tablero general, barras, seccionadores, Transfers y sus accesorios	\$ 282,537.00
4	Extensión de línea L335 (34,500vac) hasta el nuevo transformador Incluidos sus materiales y mano de obra.	\$ 9,200.00
5	Cotización de mano de obra: para la instalación y conexiones de Transformador a barras, instalación banco de capacitores, conexión de Generador a barras, despliegue de escalerilla de 500mm de ancho desde la Subestación 4 hasta el área de PUR.	\$ 37,375.00
6	Nuevo gabinete 460 VAC incluyendo 355mts 4x240mm ²	\$ 62,428.90
7	Transformador de Potencia 4,000kVA	\$ 71,761.00
8	Generador 2600kVA Standby 120/240Vac, Marca: Cummins Onan Modelo: C2000D6 Incluye: Tanque Cilíndrico metálico, 1500Gals, externo cilíndrico	\$ 369,800.00
9	Obra Civil	\$ 22,357.45
Sub total		\$ 986,138.35
Descuento		\$ 20,759.20
Total, Inversión		\$ 962,140.15

(Fuente: Elaboración propia, 2021)

En la tabla 8.18 podemos observar de forma desglosada y global los valores de la inversión total inicial requerida para la implementación de la nueva subestación eléctrica, dicha inversión asciende a **\$ 962,140.15**.

8.3.3 Punto de Equilibrio.

El punto de equilibrio (umbral de rentabilidad / *break-even point*) es cuando los ingresos de un negocio son iguales a los gastos. En otras palabras, la empresa gana la misma cantidad de dinero que necesita para operar. Un análisis del punto de equilibrio le indica cual es esa cantidad de ingresos que necesitará para cubrir sus gastos antes de que pueda lograr una ganancia. Es un cálculo básico y fácil de hacer, lo único que necesita para llevarlo a cabo es saber cuáles son sus gastos fijos y sus ingresos por ventas. (Accion, 2020)

Debido a la particularidad de este proyecto, no se necesita realizar un punto de equilibrio, porque una vez implementado no se venderá ningún bien o servicio que requiera tener una estabilidad para que opere correctamente, ya que su objetivo será suministrar energía eléctrica de ENEE o a través de generador de emergencia al plantel Novem, Honduras.

8.3.4 TIR (Tasa Interna de retorno).

En la central o cuartel general de Novem Car Interior Design ubicada en Alemania, existe un departamento encargado de detectar las necesidades productivas, técnicas, de crecimiento, así como identificar oportunidades de inversión en todas las sucursales a nivel mundial del grupo el grupo Novem y para este proyecto ya se realizaron los estudios, consultas, autorizaciones y aprobaciones para el financiamiento, el cual correrá por cuenta de la empresa y no se necesitará préstamo a ningún banco o institución financiera, por esa razón no se requiere realizar la TIR(Tasa Interna de retorno).

8.4 Creación de Prototipo.

La creación de este prototipo surge debido a la necesidad imperiosa de ampliar el sistema eléctrico de la empresa Novem, Honduras, porque las actuales subestaciones eléctricas no tienen la capacidad de soportar el incremento en potencia nominal que está proyectado y que deberá entrar en operación para el segundo semestre del 2021.

La creación del prototipo se realizó con el software TIA Portal de Siemens, con el cual se realizará la simulación donde se podrá comprobar todo el funcionamiento y operación de la nueva subestación eléctrica.

El proyecto tiene un valor económico millonario, como se observó anteriormente en el apartado 8.3.2 que se refiere a la inversión total inicial. Debido a su alto costo económico se realizó un prototipo, además se creó el programa lógico que quedaran archivados y disponibles para que Novem, Honduras los utilice al momento de implementar la nueva subestación eléctrica.

Para la creación del prototipo e implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras se utilizarán diferentes elementos que se encuentran detallados en el estudio técnico apartado 8.2, en este apartado mencionamos el transformador de potencia de 4,000kVA, interruptores de transferencias de 5,000Amp y 3,200Amp, banco de capacitores, además el generador de emergencia de 2600kVA constituyéndose en los elementos más importantes. De la nueva subestación eléctrica.

El prototipo propuesto se puede apreciar en la siguiente figura, que muestra toda la red eléctrica de la nueva subestación eléctrica.

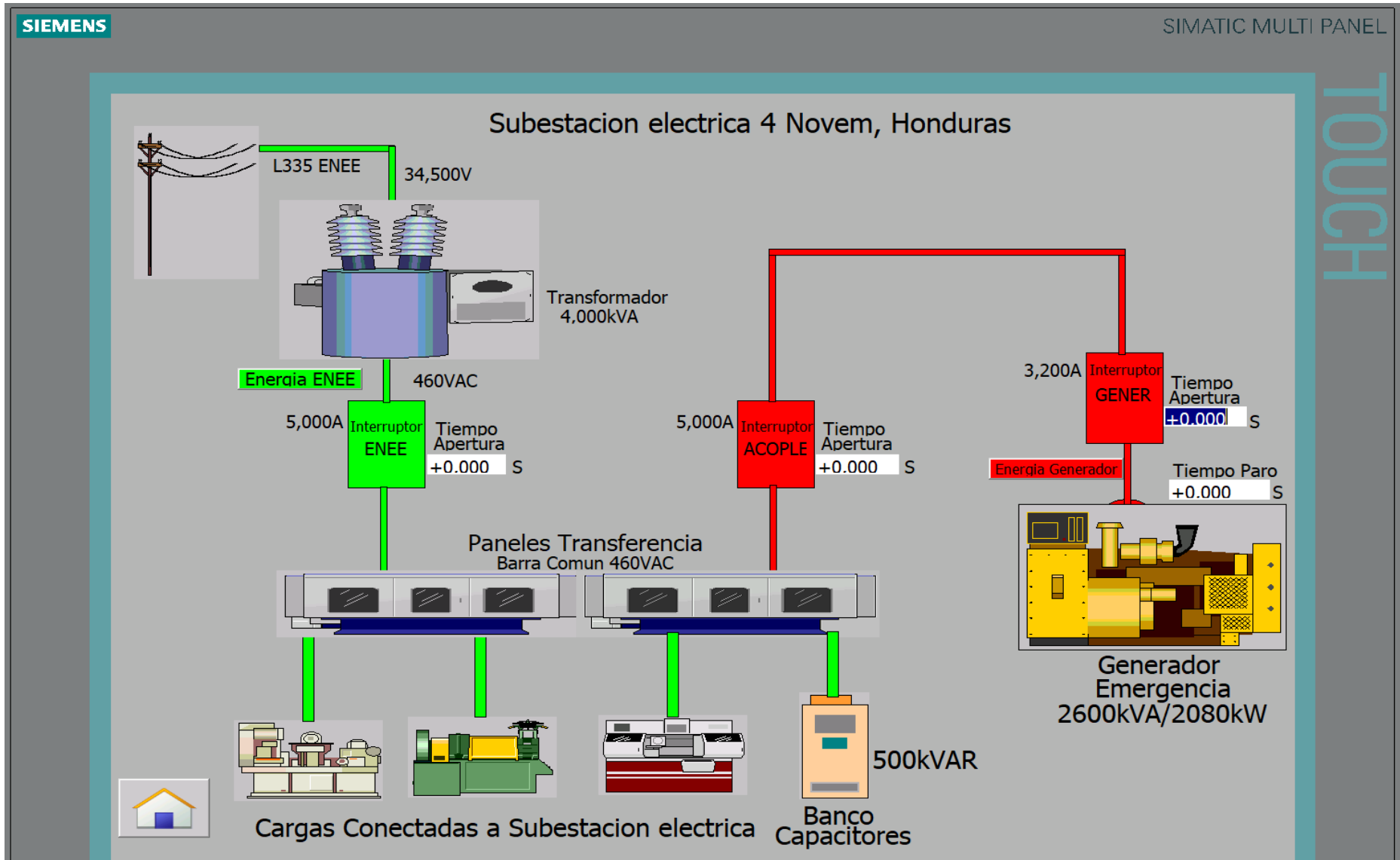


Figura 8.47 Diseño prototipo Subestación eléctrica Industrial con energía de ENEE (Fuente: Elaboración propia, 2021)

El prototipo que es mostrado en la figura anterior ha sido creado, programado y parametrizado con el software TIA Portal V13, con el cual fue posible realizar una simulación completa de todo el funcionamiento, de esta forma se realizaron todos los ajustes requeridos para alcanzar el funcionamiento ideal de la subestación eléctrica industrial.

Para una mayor comprensión del prototipo mostrado en la figura 8.47, explicamos de forma muy resumida el funcionamiento y operación de la nueva subestación eléctrica.

Las líneas y dispositivos de color verde representan la presencia de energía eléctrica, así como los de color rojo representan la ausencia de energía eléctrica, podemos observar la presencia de energía eléctrica de ENNE por medio de la línea L335 con 34,500VAC, dicha tensión se reduce a 460VAC por medio del transformador de potencia de 4,000kVA, luego el fluido eléctrico se transmite por el interruptor de transferencia de ENEE que aparece en color verde indicando que está cerrado, es así como se energizan las barras comunes de 460VAC alojadas en los gabinetes de transferencias y distribución de donde se conectarán todos los equipos y maquinarias requeridas del plantel industrial Novem, Honduras.

Una mención especial para el banco de capacitores de 500kVAR que se puede observar conectado en las barras comunes de distribución de 460VAC, su conexión es en paralelo a las barras de distribución, logrando así una compensación global del tipo automática.

Debido que el abastecimiento de energía eléctrica se está produciendo con energía eléctrica de ENEE, el generador de emergencia permanece apagado y su interruptor abierto, además del interruptor de acople por lo cual son representados en color rojo.

Para comprender el funcionamiento de la subestación eléctrica cuando se interrumpe el fluido eléctrico de ENEE, presentamos el mismo prototipo con la diferencia que en este caso los equipos y maquinaria son abastecidos con energía eléctrica de generador de emergencia como se observa en la figura 8.48.

La operación de la nueva subestación eléctrica será totalmente automática, pero por cualquier eventualidad o intervención programada en alguno de los equipos también tendrá operación en modo manual que se abordó en apartado 4.6.1.

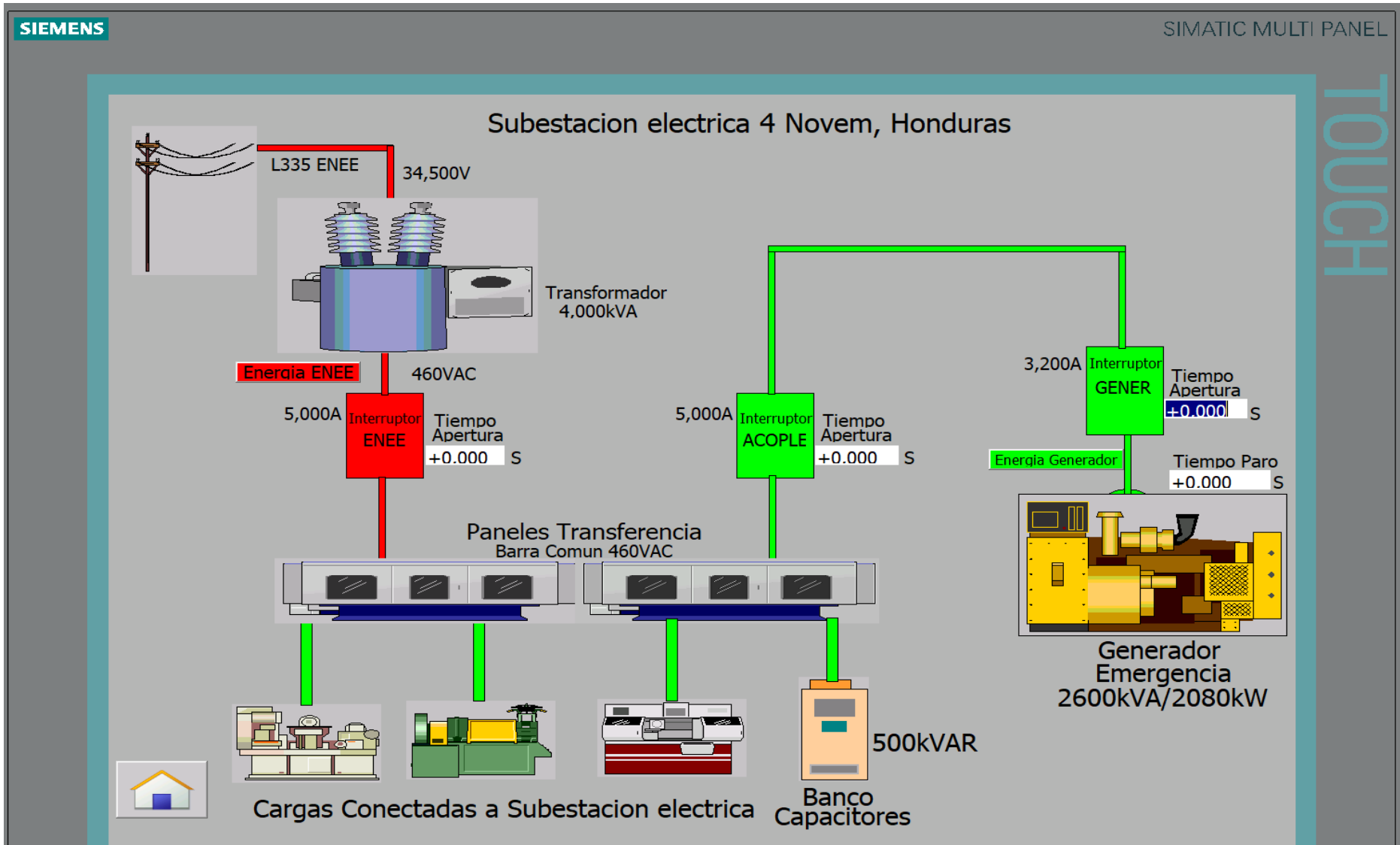


Figura 8.48 Diseño prototipo Subestación eléctrica Industrial con energía de generador de emergencia (Fuente: Elaboración propia, 2021)

También de forma resumida explicaremos el funcionamiento del prototipo de la subestación eléctrica en el caso de interrupción del fluido eléctrico de ENEE.

Al interrumpirse el fluido eléctrico de ENEE de la línea L335, se produce la apertura del interruptor de transferencia de ENEE pasando a color rojo, indicando que no hay presencia de fluido eléctrico, por tal razón inmediatamente arranca el generador de emergencia, una vez que hay presencia de energía eléctrica de generador de emergencia, 6 segundos después cierra el interruptor de acople, seguidamente cierra el interruptor del generador de emergencia, pasando todo a color verde. De esta forma se abastece energía eléctrica a las barras comunes 460VAC alojadas en los gabinetes de transferencias y distribución, para abastecer energía eléctrica a los equipos y maquinarias del plantel con energía eléctrica de generador de emergencia.

Cuando se produce el retorno de energía eléctrica de ENEE, daremos 120 segundos para iniciar la transferencia, esto con el objetivo de garantizar que la tensión de ENEE sea estable y ya no se presenten fluctuaciones en la tensión. Transcurridos los 120 segundos mencionados, se abrirá el interruptor de acople, posteriormente se cerrará el interruptor de ENEE y ya el plantel es abastecido con energía eléctrica de ENEE nuevamente. Seguidamente se producirá la apertura del interruptor del generador de emergencia, quedando nada más arrancado sin carga el generador de emergencia, por sugerencia del fabricante del generador se debe dejar trabajando sin carga durante 6 minutos después de la apertura de su interruptor de transferencia.

De forma muy resumida hemos realizado la explicación el funcionamiento del prototipo, un hecho importante es que todas las operaciones se producirán de forma automática.

Cabe mencionar que los elementos como ser: Interruptores de transferencia, barras comunes de distribución de tensión 460VAC, banco de capacitores, serán instalados en los gabinetes que fueron presentados en el apartado 8.2.2.2.

Como hemos mencionado al inicio de este apartado, el prototipo y programas lógicos de PLC, estudio completo serán archivados y puestos a la disposición de Novem, Honduras.

CAPÍTULO IX. CONCLUSIONES.

1. Lo expuesto en esta investigación permite concluir que para realizar la instalación de la nueva subestación eléctrica se debe seleccionar del tipo transformadora reductora. La razón es porque la línea eléctrica de ENEE que abastece energía eléctrica a Novem, Honduras tiene un nivel de media tensión por lo tanto debe bajarse a baja tensión para alimentar el plantel industrial. La media tensión se debe instalar a la intemperie y la baja tensión bajo techo en un lugar acondicionado dentro del plantel.
2. El transformador de potencia es uno de los elementos más importantes en el diseño e implementación de una subestación eléctrica industrial. En este caso, la conexión Delta-Estrellas es la elegida ya que representa mayores ventajas y beneficios para el sistema eléctrico del plantel industrial Novem, Honduras, también es primordial la dimensión correcta de su capacidad, esto ayuda a evitar pérdidas por calentamiento.
3. Debido a la gran cantidad de cargas inductivas conectadas en los sistemas eléctricos industriales, se produce energía reactiva que no genera trabajo, más bien es perjudicial para las redes de distribución eléctrica. Proponemos un banco de capacitores que trabajara en etapas, conectándolo en paralelo con el secundario del transformador de potencia o barras comunes de distribución 460VAC, además se utilizaran capacitores Siemens fabricados exclusivamente para compensar energía reactiva.
4. Teniendo en consideración las interrupciones en el servicio del sistema eléctrico nacional, es imprescindible diseñar e implementar una subestación eléctrica con generación de emergencia. El generador debe cumplir algunos requerimientos importantes para operar adecuadamente, debe contener control electrónico para arranque automático con pantalla digital que se utilizara para monitorear todos sus parámetros. Además, es importante que su potencia este en concordancia con las cargas proyectadas. Por consiguiente, garantizar el flujo continuo de energía eléctrica en el plantel Novem, Honduras durante las interrupciones del fluido eléctrico suministrado por Enee.

5. En el diseño e implementación de la nueva subestación eléctrica en Novem, Honduras se concluye que los interruptores del tipo acoplamiento en barras con accionamiento automático y manual son los adecuados para realizar la transferencia de energía eléctrica ya que el diseño del sistema de distribución también es de barras. Estos interruptores deben tener una capacidad de transferencia en potencia igual a la potencia que entregará el transformador reductor, logrando el abastecimiento de energía eléctrica de forma segura, además de esta forma se mantendrá protegido el transformador.

6. Para desarrollar e implementar la subestación eléctrica, es fundamental diseñar un diagrama unifilar, en el cual se podrán representar todos los elementos involucrados. Así mismo se puede interpretar con mayor rapidez el funcionamiento y flujo de todo el sistema eléctrico de una planta industrial, siendo un soporte muy importante al momento de encontrar y resolver una falla en el sistema.

CAPÍTULO X. RECOMENDACIONES.

1. Para la implementación de la nueva subestación eléctrica transformadora reductora en Novem, Honduras, el nivel de tensión suministrado por ENEE debe bajarse de 34,500V a 460V a una barra de distribución donde se conectarán gabinetes con sus respectivas protecciones para distribuir la energía eléctrica a las diferentes cargas que deben entrar en operación.
2. Basados en los datos de cargas eléctricas proyectadas, se debe instalar un transformador reductor trifásico de 34.5KV/460V con una potencia de 4,000kVA. La conexión Delta-Estrella es la más conveniente ya que en el secundario provee un neutro que es posible aterrizar y finalmente utilizarlo en control electromecánico en algunas cargas monofásicas. Es muy oportuno utilizar un analizador de redes eléctricas para crear perfiles de carga que también contribuirá en la validación de lo propuesto en esta investigación.
3. En base a los estudios realizados se recomienda una compensación global del tipo automática para compensar la energía reactiva, instalando un banco de capacitores de 500kVAR con un controlador Siemens BR6000 de 12 etapas las cuales entraran en servicio dependiendo de la necesidad de corrección del factor de potencia.
4. Basados en las cargas eléctricas proyectadas en Novem, Honduras, se recomienda para la nueva subestación eléctrica un generador 480Vac, frecuencia 60HZ, potencia de 2500kVA, con motor diésel a 1800rpm, este dimensionamiento además permitirá abastecer la nueva subestación eléctrica y la existente subestación 3 que actualmente no cuenta con generación de respaldo desde su implementación hace ocho años, de esta forma se aprovecha esta inversión para solventar un problema de respaldo y paros prolongados en la producción.

5. El interruptor de transferencia de energía juega un papel importante en el diseño e implementación de una subestación eléctrica industrial. Se sugiere implementar tres interruptores: el de abastecimiento energía eléctrica de ENEE, el del generador de emergencia y el interruptor de acoplamiento. El tipo de activación de estos interruptores debe ser automática y manual además de proveer bloqueo eléctrico y mecánico entre sí, garantizando que las tensiones de ENEE y Generador nunca coincidirán. Los interruptores ideales para esta aplicación son marca Siemens modelo 3WL3WL1216-4BB34-1AA2 de 5,000 Amperios, aprovechando que su acoplamiento es tipo barras como se requiere.

6. Es muy importante realizar una actualización completa del diagrama unifilar existente del sistema eléctrico Novem, Honduras debido a que requiere algunas adaptaciones que facilitaran la implementación de la subestación eléctrica propuesta, además unificarlo con el de la nueva subestación eléctrica que se implementara.

CAPÍTULO XI. BIBLIOGRAFÍA.

Accion. (2020). Obtenido de Accion Opportunity fund:

<https://aofund.org/es/resource/analisis-del-punto-de-equilibrio/>

Alcantar, L. (26 de 07 de 2015). Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Luis_Alcantar_Bazua/publication/303543292_Estructuras_y_equiupos_de_Subestaciones_Electricas/links/57475ef708ae707fe21e3de3/Estructuras-y-equiupos-de-Subestaciones-Electricas.pdf

Cabrera, J. (Septiembre de 2007). Obtenido de

<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1104pub.pdf>

Carrillo, M. (18 de Febrero de 2011). Obtenido de

<file:///C:/Users/mario/Zotero/storage/QVUAKV98/las-instalaciones-de-delta-estrella.html>

Caso, A. (diciembre de 2009). Obtenido de

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3543/Caso%20Trujillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cecilia, S. (2018). Fundamentos basicos de la estadistica. En C. S. P., *Fundamentos basicos de la estadistica* (pág. 223).

Chapman, S. (2012). *Maquinas Electricas* (Quinta ed.). Mexico: McGRAW-HILL. Obtenido de https://www.academia.edu/38080986/Maquinas_electricas_Chapman_5ta_edicion

Conductores Monterrey. (2015). *Viacon.com*. Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de

https://images.jumpseller.com/store/electro-persa/3088678/attachments/2a04f1af7c32b5a4ae3d2943a489bfd9/CABLE_XLPE_A LUMINIO_Y_COBRE.pdf?0

CTC. (1 de diciembre de 2020). *Transformadores de Potencia*. Obtenido de <file:///C:/Users/mario/Zotero/storage/GSCMP8FV/transformadores-de-potencia.html>

Daza, A., Buriticá, C., & Garzón, Y. (2015). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257059815003>

ENEE. (16 de 03 de 2017). Obtenido de <http://www.enee.hn/index.php/component/content/article/156-periodistas/1194-enee-con-el-apoyo-del-bid-invierte-mas-de-99-millones-de-dolares-en-fortalecimiento-de-la-red-electrica-nacional>

Eumed. (2020). Obtenido de https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo_cuantitativo_mixto.html#:~:text=El%20enfoque%20de%20la%20investigaci%C3%B3n,generalizaci%C3%B3n%3B%20mientras%20que%20el%20m%C3%A9todo

Galarza, L., & Mariela, C. (06 de Marzo de 2018). Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10290>

Gomez, A. (2015).

Guerra, C. (Julio de 2010). Obtenido de <https://www.sepielectrica.esimez.ipn.mx/tesise/2010/analisiscarlos.pdf>

Gutierrez, I. (2020).

Hernan, J. (2019). Diagrama unifilar. *Electrica*.

Hernandez, H. (Septiembre de 2019). Diagrama Unifilar. *Electrica*, #86. Obtenido de <https://electronica.mx/diagrama-unifilar/>

- Hernandez, M., Higuera, A., Duque, J., Vargas, J., & Mera, V. (2020). Obtenido de <http://grupo2tecnologiasenacodensa.blogspot.com/p/cortacircuitos.html>
- Hernandez, S. R. (2014). *Metodologia de la investigacion* (Sexta ed.). Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Herrera, D. (Octubre de 2019). Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4243>
- Imergia. (2020). Obtenido de <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-la-potencia-reactiva>
- INE. (2018). *Boletin Energia Electrica*. Tegucigalpa. Obtenido de https://www.ine.gov.hn/publicaciones/Boletines_Servicios/2018/Estadisticas-Energia-Honduras-2013-2017.pdf
- Mancera, N., Velasquez, I., & Villacrés, D. (11 de Agosto de 2019). Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17840>
- Mancera, N., Velasquez, I., & Villacres, D. (11 de Agosto de 2019). *Analisis y Simulacion de sistemas trifasicos con transformadores D-Y*.
- Mar, J., & Vidal, E. (2011). Obtenido de <https://es.slideshare.net/jhoonyrx/descripcin-y-funcin-del-equipo-de-una-subestacin-elctrica>
- Marisol, M. R. (Febrero de 2015). *Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Minero, R. (2017). *Rumbo Minero*.
- Perez, J., & Gardey, A. (2013). Obtenido de <https://definicion.de/gastos-de-operacion/>

- Pulido, M. (Septiembre de 2015). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/310/31043005061.pdf>
- Robles, E. (21 de febrero de 2019). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7473>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la investigacion* . Mexico.
- Siemens. (15 de noviembre de 2020). Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/products?search=3WL1216-4BB34-1AA2&mf=ps&o=DefaultRankingDesc&lc=en-WW>
- Siemens. (2020). Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pac4200.pdf>
- Siemens. (17 de 07 de 2020). *Siemens*. Obtenido de [https://www.google.com/search?source=hp&ei=OYE5YLX0O4qCsQXt95PoDA&ifl sig=AINFCbYAAAAAYDmPSmkMr46AOSc3hGtUefdP6Z_XfD2M&q=tia+portal+siemens&oq=tiaportal&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAEYBTIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIGCAAQChAeMgYIABAKEB4yBggAE AoQ](https://www.google.com/search?source=hp&ei=OYE5YLX0O4qCsQXt95PoDA&ifl sig=AINFCbYAAAAAYDmPSmkMr46AOSc3hGtUefdP6Z_XfD2M&q=tia+portal+siemens&oq=tiaportal&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAEYBTIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIECAAQCjIGCAAQChAeMgYIABAKEB4yBggAE AoQ)
- Skytt, T., & Gleimar, H. (2020). Los polímeros sustituyen a la porcelana en los pararrayos. *ABB*. Obtenido de <https://library.e.abb.com/public/4be257ba82e9ed65c1256ddd00346d0e/43-47%20M616%20SPA.pdf>
- SMC. (2020). *Relacion de transformacion*. Obtenido de <https://smcint.com/es/relacion-de-transformacion/>
- Taltique, C. (abril de 2006). Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0617_EA.pdf

Tolocka, E. (30 de marzo de 2017). Obtenido de

https://www.profetolocka.com.ar/2017/03/30/cade_simu-3-rele-de-falta-de-fase/

Vargas, G. (2010). Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17840>

Villancas, D. (7 de Octubre de 2019). Obtenido de [https://e-](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30315/TFG_Daniel_Villacanas_Sanchez_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30315/TFG_Daniel_Villacanas_Sanchez_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30315/TFG_Daniel_Villacanas_Sanchez_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Viteri, D., Garzón, C., & Narváez, A. (12 de octubre de 2016). Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/inge/v22n1/v22n1a05.pdf>

CAPÍTULO XII. ANEXOS.

12.1 Encuesta.

Centro Universitario Tecnológico Facultad de Ingeniería Electrónica “Encuesta”

La siguiente encuesta tiene como objetivo, obtener información sobre el diseño de una subestación transformadora reductora, con transferencia automática para planta industrial Novem, Honduras. La encuesta solo le tomará cinco minutos y sus respuestas son totalmente anónimas.

Instrucciones:

A continuación, se le presenta una serie de preguntas, por favor lea cuidadosamente y responda de acuerdo con su conocimiento en forma clara y ordenada. Encierre la opción que usted considere adecuada.

Años de experiencia:

- a) Entre 5 a 10 años**
- b) Entre 11 a 15 años**
- c) 16 años o mas**

Departamento:

- a) Mantenimiento**
- b) Gestión Proyectos**
- c) Ingeniería de Procesos**

1. ¿Tiene algún conocimiento sobre subestaciones eléctricas Industriales?

- a) Mucho.
- b) Poco.
- c) Ningún.

2. ¿Cree usted que las actuales subestaciones eléctrica de Novem, Honduras son capaces de soportar una mayor potencia de la actual?
 - a) Si
 - b) No.
 - c) Tal vez.

3. ¿Cuál considera usted que debe ser el tipo de subestación eléctrica más apropiado a implementarse en Novem, Honduras?
 - a) Elevadora.
 - b) Reductora.
 - c) De maniobra.

4. ¿Considera usted que la actual capacidad en generación de emergencia instalada es capaz de abastecer energía eléctrica a la nueva carga proyectada?
 - a) Muy de acuerdo.
 - b) De acuerdo.
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
 - d) Muy en desacuerdo.
 - e) En desacuerdo.

5. ¿Conoce los beneficios de la compensación de energía reactiva en una planta industrial?
 - a) Si.
 - b) No.

6. ¿Cuál sería el rango idóneo del transformador de potencia que se requiere en la subestación eléctrica Novem, Honduras?
- a) De 1500kVA.
 - b) De 1250kVA.
 - c) De 4000kVA.
 - d) De 2250kVA.
7. ¿Considera que el interruptor de transferencia de accionamiento automático es el adecuado para la transferencia de energía eléctrica, de la nueva subestación eléctrica Novem, Honduras?
- a) Muy de acuerdo.
 - b) De acuerdo.
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
 - d) Muy en desacuerdo.
 - e) En desacuerdo.
8. ¿Piensa que en el diseño de una subestación eléctrica el diagrama unifilar ayuda a interpretar el flujo de la energía eléctrica?
- a) Muy de acuerdo.
 - b) De acuerdo.
 - c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
 - d) Muy en desacuerdo.
 - e) En desacuerdo.

9. ¿Cuál es el efecto que tendrá la implementación de una subestación eléctrica en Novem, Honduras?

- a) Garantizar Flujo continuo de energía eléctrica.
- b) Reducir los fallos en maquinaria por ausencia de energía eléctrica.
- c) Mantener el flujo continuo de producción.
- d) Todas las anteriores.

10. ¿Considera que el espacio físico elegido para la nueva subestación es el más adecuado?

- a) Muy de acuerdo.
- b) De acuerdo.
- c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- d) Muy en desacuerdo.
- e) En desacuerdo.

Totalmente agradecido por dedicar parte de su tiempo en responder esta encuesta.

El siguiente esquema tiene como propósito validar todo el procedimiento explicado en esta sección (4.6) ya gráficamente se interpreta con mayor facilidad.