



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de investigación y desarrollo en opción al Grado Académico
de Magister en Gestión de Energías

TEMA:

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO DE LA EP PETROECUADOR DURANTE EL AÑO 2015. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO MEDIANTE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA.

Autor:

CHUQUIMARCA Salazar, Manuel Alfredo

Tutor:

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez MSc.

LATACUNGA – ECUADOR
Julio - 2016

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Chuquimarca Salazar Manuel Alfredo, con el título de tesis: **DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO DE LA EP PETROECUADOR DURANTE EL AÑO 2015. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO MEDIANTE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga julio, 2016.

Para constancia firman:

.....
MSc. Ángel León

PRESIDENTE

.....
PhD. Iliana González

MIEMBRO

.....
PhD. Héctor Laurencio

MIEMBRO

.....
MSc. Efrein Barbosa

OPONENTE

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

CERTIFICO

Que he analizado el Proyecto de tesis de grado con el título de **“DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO DE LA EP PETROECUADOR DURANTE EL AÑO 2015. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO MEDIANTE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA”** presentado por Manuel Alfredo Chuquimarca Salazar, con cédula de ciudadanía 1803870326 como requisito previo para la aprobación y el desarrollo de la investigación para optar el grado de Magister en Contabilidad y Auditoría.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga, julio del 2016

Ing. Edwin Moreano MSc.

C.C:

TUTOR

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

El contenido de la presente Tesis de Grado, es original y de mi exclusiva responsabilidad.



Atentamente

Universidad
Técnica de
Cotopaxi

.....
Manuel Alfredo Chuquimarca Salazar
C.I.: 1803870326

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría y la fuerza espiritual para no desfallecer en los momentos más difíciles y culminar con éxito este nivel académico.

A las autoridades y jefaturas de mantenimiento electromecánico del poliducto Shushufindi-Quito de la EP PETROECUADOR quienes hicieron posible la implementación de esta investigación.

A la escuela de postgrados de la UTC por dar la apertura al programa de maestrías y estar siempre pendientes de las necesidades profesionales para el desarrollo del país, a todo el equipo de docentes quienes imparten sus conocimientos, y en especial al Msc. Edwin Moreano por su acertada dirección y tiempo ayudando a solventar inquietudes durante el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la salud y porque siempre me bendice.

A mis padres, por ser la inspiración de mi vida, porque desde niño recibí amor, comprensión, apoyo, me inculcaron valores y sobre todo esas ganas de surgir personal y profesionalmente.

A mis hermanos, sobrinos, familiares y amigos que siempre han estado pendientes de la culminación de este trabajo de investigación, porque de ustedes recibí constantemente palabras de aliento en el transcurso de la obtención de este nuevo título académico.

INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	iii
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE GENERAL	vii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE GRÁFICAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
Introducción.....	1
Situación Problemática	2
Justificación de la Investigación.....	2
Objeto y problema de la investigación	4
Objeto de estudio de la investigación	4
Formulación del problema de la investigación	4
Campo de acción y objetivo general de la investigación.....	4
Campo de acción de la investigación.....	4
Objetivo General de la Investigación	5
Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación	5
Hipótesis de la investigación	5
Desarrollo de la investigación.....	5
Objetivos específicos.....	5
Sistema de tareas señalando los métodos, procedimientos y técnicas que concretan las acciones en cada tarea.....	6
Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación	6
Nivel de investigación	7
Alcance de la investigación	7
Estructura de los capítulos del proyecto de investigación	7
CAPÍTULO 1.....	9
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO.....	9
1.1. Caracterización detallada del objeto	9
1.1.1. Grupo electrógeno.....	9
1.1.2. Componentes de un grupo electrógeno	9
1.1.3. Generador Eléctrico	11
1.1.4. Componentes de un generador de corriente alterna	12
1.1.5. Generadores de corriente alterna trifásicos síncronos.....	16
1.1.6. Funcionamiento de un generador eléctrico	17
1.2. Marco Teórico de la Investigación.....	18
1.2.1. Antecedentes de la investigación	18
1.2.2. Calidad de energía eléctrica	19
1.2.3. Regulación de voltaje y frecuencia de voltaje generado.....	25
1.2.4. Disponibilidad de los sistemas de generación.....	26
1.2.5. Definición de Automatización	26
1.3. Fundamentación de la investigación	27
1.3.1. Sistemas y dispositivos de regulación.....	27
1.4. Bases teóricas particulares de la Investigación	31

1.4.1.	Determinación de las variables de investigación	31
1.4.2.	Operacionalización de variables	31
1.4.3.	Fundamentación Legal.....	32
1.5.	Conclusiones del capítulo	33
CAPÍTULO 2.....		34
METODOLOGÍA		34
2.1.	Modalidad de la investigación	34
2.1.1.	Modalidad de Campo	34
2.1.2.	Modalidad Bibliográfica Documental.....	34
2.1.3.	Modalidad Proyecto Factible	34
2.2.	Forma de la Investigación	34
2.3.	Tipo de investigación.....	35
2.4.	Metodología de la investigación	35
2.5.	Población.....	35
2.6.	Métodos y técnicas para la obtención de datos	36
2.7.	Instrumentos tecnológicos para la obtención de datos.....	37
2.8.	Procedimientos para la aplicación de técnicas	39
2.8.1.	Procedimiento para la técnica de medición.....	39
2.8.2.	Procedimiento para la técnica del cálculo.....	41
2.8.3.	Procedimiento para la técnica del software.....	42
2.9.	Procedimientos para validar la calidad de los datos obtenidos	45
2.10.	Procedimientos, técnicas y métodos para el tratamiento de los datos y obtención de información y conocimiento.	46
2.11.	Indicadores a evaluar	50
2.12.	Conclusiones del capítulo	52
CAPÍTULO 3.....		53
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		53
3.1.	Resultados de niveles de voltaje	53
3.1.1.	Disturbios de tensión.....	53
3.1.2.	Onda de tensión distorsionada	54
3.1.3.	Desbalances.....	54
3.2.	Resultados de niveles de corriente	55
3.3.	Resultados del factor de potencia.....	56
3.4.	Resultados de frecuencia.....	57
3.5.	Resultados del rendimiento de un grupo electrógeno	57
3.6.	Resultados de disponibilidad antes de la propuesta	58
3.7.	Resultados de tiempo de respuesta.....	59
3.8.	Resultados de tiempo de transferencia.....	60
3.9.	Incidencia de la calidad de energía eléctrica sobre la eficiencia eléctrica suministrada por los grupos electrógenos.....	60
3.10.	Propuesta de modelos para resolución del problema planteado.....	60
3.11.	Caracterización de la situación actual del sistema de generación de la estación Quijos	62
3.11.1.	Tablero PLC.....	65
3.11.2.	Tablero de transferencia Kuhse.....	66
3.11.3.	Funcionamiento.....	67
3.12.	Detalle de las necesidades para la automatización de grupos electrógenos ..	68
3.13.	Análisis de tecnologías para la automatización de grupos electrógenos.....	68
3.14.	Conclusiones del capítulo	70
CAPÍTULO 4.....		71
PROPUESTA.....		71
4.1.	Tema	71

4.2.	Justificación	71
4.3.	Objetivos	72
4.3.1.	Objetivo General	72
4.3.2.	Objetivos Específicos	72
4.4.	Estructura de la propuesta	72
4.5.	Desarrollo de la propuesta	73
4.5.1.	Adquisición de dispositivos para el sistema automatizado	74
4.5.2.	Diseño, construcción e implementación del sistema automatizado para mejorar la eficiencia eléctrica de los grupos electrógeno	78
4.5.3.	Integración parámetros de generación al HMI	97
4.5.4.	Análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico	100
4.6.	Relación variables de control	103
4.7.	Evaluación socio-económica-ambiental de la propuesta	104
4.7.1.	Evaluación socio ambiental	105
4.7.2.	Evaluación económica	106
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES	108
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	BIBLIOGRAFÍA CITADA	109
	BIBLIOGRÁFICA CONSULTADA	111
	BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL	112
	ANEXOS	113

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. 1:	Operacionalización variable independiente	31
Tabla 1. 2:	Operacionalización variable dependiente	32

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1:	Técnicas e instrumentos de la investigación	36
-------------	---	----

CAPÍTULO 3

Tabla 4. 1:	Otros dispositivos usados en la implementación	77
Tabla 4. 2:	Análisis comparativo de sistemas	101
Tabla 4. 3:	Emisiones de gases	105

LISTA DE GRÁFICAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1:	Estator	12
Figura 1. 2:	Conexión estrella de un generador	13
Figura 1. 3:	Conexión delta de un generador	13
Figura 1. 4:	Rotor	14
Figura 1. 5:	Partes de una excitatriz de corriente directa	15
Figura 1. 6:	Excitatriz sin escobillas	16
Figura 1. 7:	Excitatriz estática	16
Figura 1. 8:	Disturbios de tensión	20
Figura 1. 9:	Transitorio	20
Figura 1. 10:	Ruido de modo común	20

Figura 1. 11: Ruido de modo diferencial	21
Figura 1. 12: Interrupciones	21
Figura 1. 13: Muesca.....	21
Figura 1. 14: Sag.....	23
Figura 1. 15: Swell.....	23
Figura 1. 16: Desbalances	24
Figura 1. 17: Diagrama de bloques de un AVR.....	29
CAPÍTULO 2	
Figura 2. 1: Sala de generación estación Quijos	35
Figura 2. 2: Medidor Shark 200.....	38
Figura 2. 3: Conexión medidor Shark 200.....	43
Figura 2. 4: Estado del dispositivo.....	43
Figura 2. 5: Pantalla inicial de Communicator EXT.....	43
Figura 2. 6: Perfil del medidor Shark 200.....	44
Figura 2. 7: Configuración de comunicación.....	44
Figura 2. 8: Pantalla de forma de onda	46
Figura 2. 9: Menú de recuperación de registros	47
Figura 2. 10: Recuperación parcial de registros.....	47
Figura 2. 11: Conversión exitosa	48
Figura 2. 12: Visor de registros.....	48
Figura 2. 13: Ventana de selección de rangos de tiempo.....	48
Figura 2. 14: Ventana para la selección de parámetros.....	49
Figura 2. 15: Cargando datos a graficar.....	49
Figura 2. 16: Selección de parámetros a graficar.....	50
Figura 2. 17: Señal graficada	50
CAPÍTULO 3	
Figura 3. 1: Disturbios de tensión.....	53
Figura 3. 2: Onda de tensión distorsionada.....	54
Figura 3. 3: Desbalances	54
Figura 3. 4: Niveles de corriente.....	55
Figura 3. 5: Curva de rendimiento del generador	55
Figura 3. 6: Factor de potencia.....	56
Figura 3. 7: Frecuencia	57
Figura 3. 8: Tablero de control y monitoreo de grupos electrógenos	62
Figura 3. 9: Indicadores análogos del tablero de control y monitoreo.....	63
Figura 3. 10: Alarmas, pulsadores y switch de selección del tablero de control y monitoreo	64
Figura 3. 11: Tablero de control y monitoreo de los grupos electrógenos.....	65
Figura 3. 12: tarjeta reguladora de tensión.....	65
Figura 3. 13: Tablero PLC	66
Figura 3. 14: Tablero de transferencia Kuhse	67
CAPÍTULO 4	
Figura 4. 1: Sistema de control	73
Figura 4. 2: Esquema del control automático de generación	74
Figura 4. 3: Módulo DSE 7320.....	74
Figura 4. 4: Tarjeta AVR SS-053.....	75
Figura 4. 5: Medidor Shark 200.....	76
Figura 4. 6: Motorizado LV432641	77
Figura 4. 7: Construcción tablero de transferencia (1).....	79
Figura 4. 8: Construcción tablero de transferencia (2).....	80

Figura 4. 9: Descripción del módulo DSE 7320	81
Figura 4. 10: Configuración del estado de la pantalla.....	81
Figura 4. 11: Selección de registro de eventos.....	82
Figura 4. 12: Selección del tipo de motor a combustión.....	82
Figura 4. 13: Curva de sensor de presión personalizada.....	82
Figura 4. 14: Entrada de presión de aceite.....	83
Figura 4. 15: Entrada de temperatura de agua	83
Figura 4. 16: entrada de sensor de escape.....	84
Figura 4. 17: Entradas digitales	84
Figura 4. 18: Salidas digitales.....	85
Figura 4. 19: Tiempos de arranque	85
Figura 4. 20: Tiempos de transferencia y de paro.....	86
Figura 4. 21: Tiempos de interface	86
Figura 4. 22: Configuración del generador	87
Figura 4. 23: Configuración de alarmas de voltaje de generador	87
Figura 4. 24: Configuración de alarmas de frecuencia de generador.....	88
Figura 4. 25: Configuración de transformadores de corriente	88
Figura 4. 26: Configuración red principal.....	89
Figura 4. 27: Configuración de alarmas de voltaje y frecuencia de red.....	89
Figura 4. 28: Configuración del arranque del motor.....	90
Figura 4. 29: Configuración de batería	90
Figura 4. 30: Configuración básica.....	91
Figura 4. 31: Caja de conexiones del grupo electrógeno	91
Figura 4. 32: Cargadores mantenedores de baterías.....	92
Figura 4. 33: Medidores digitales de las baterías.....	92
Figura 4. 34: Desmontaje tablero de transferencia antiguo.....	93
Figura 4. 35: Montaje e instalación tablero de transferencia nuevo.....	93
Figura 4. 36: Tablero de transferencia implementado	94
Figura 4. 37: Grupos electrógenos automatizados	94
Figura 4. 38: Regulación de frecuencia	95
Figura 4. 39: Velocidad del motor	95
Figura 4. 40: Regulación de voltaje	96
Figura 4. 41: Configuración IP medidor Shark.....	97
Figura 4. 42: Configuración SMC (1).....	97
Figura 4. 43: CONFIGURACIÓN SMC (2).....	98
Figura 4. 44: Programación InTouch (1)	98
Figura 4. 45: Programación InTouch (2)	99
Figura 4. 46: Parámetros de generación en el HMI	99
Figura 4. 47: Gráfica Voltaje vs Combustible	103
Figura 4. 48: Gráfica Frecuencia vs Combustible.....	104
Figura 4. 49: Triángulo del desarrollo sostenible.....	104
Figura 4. 50: Análisis de rentabilidad de la inversión.....	106

RESUMEN

El respaldo energético de la estación Quijos es de vital importancia, ya que ante los constantes fallos de la red de la Empresa Eléctrica, no es posible que se detenga el transporte de derivados del petróleo. Dentro de las principales dificultades del antiguo sistema se destaca: la regulación de la corriente de excitación que dificultan la regulación de la tensión en los bornes del generador y la falta de precisión en la regulación de frecuencia. Al estar relacionado en la parte profesional y laboral en este campo se ha propuesto como objetivo implementar un sistema automatizado para los grupos electrógenos por medio de tecnología DSE 7320 que permita incrementar la eficiencia y la estabilidad de la energía suministrada por el sistema de generación de electricidad de la mencionada estación. Primeramente se realizó el diseño y construcción del tablero de transferencia en talleres de la estación Osayacu, para finalmente concluir con la propuesta planteada en la estación Quijos. Con respecto a la regulación de voltaje, la AVR utilizada es la tarjeta SS053, es preciso aclarar que se realizó cálculos pertinentes para la regulación de voltaje, que indica qué tanto cambio de voltaje es esperado en las terminales entre la condición de vacío y a plena carga, para cuando se le asigne la carga no esté por debajo de los niveles estandarizados como calidad de energía, dando como resultado una diferencia de aproximadamente 2 voltios. La regulación de frecuencia se logró gracias a la calibración de la bomba de inyección del motor a combustión interna con una visualización digital en los módulos DSE 7320. Finalmente se realizó nuevas mediciones con el medidor Shark 200 bajo la normativa del CONELEC, para realizar el análisis comparativo de estabilidad del sistema eléctrico antes y después de la implementación, obteniendo como resultados mayor estabilidad en el nuevo sistema de generación con un voltaje aproximado a 480 VCA, una frecuencia de 60,3 Hz, un incremento de disponibilidad cerca del 99,50 % y un tiempo de respuesta de 30 segundos.

Palabras claves: Eficiencia, Estabilidad, AVR, DSE, SHARK, CONELEC.

ABSTRACT

The backup power of the Quijos Station is very important because of the continuous network failures of the Electric Company; it is not possible to transport by-products from oil stops. Into the principal difficulties of the old system, it is outlined the excitation current regulation, which makes difficult the stress adjustment on the terminals in the generator, and the lack of precision in the frequency regulation. It has been proposed to implement an automated system genset through DSE 7320 technology, allowing the increase of the efficiency and the stability of the energy provided by the electricity generation system of the previously mentioned station, because it is related to the professional and industrial part in this field. Firstly, the design and the construction of the control panel were made in the Osayacu Station workshops, to finally conclude with the proposal, raised in the Quijos Station. Regarding to the voltage regulation, the AVR used is the SS053 card. It is necessary to clarify that some relevant calculation were done for the voltage regulations, which indicates how much voltage change is expected in the terminals, between the vacuum condition, and in full load. When the load will be assigned, it will not be under the standardized levels as energy quality, resulting an approximately 2 volts of difference. The frequency regulation was achieved due to the calibration of the injection pump in the internal combustion engine, with a digital display in the DSE 7320 modules. Finally, new measurements were performed with the Shark 200 meter, under the CONELEC normative, to carry out the stability comparative analysis of the electric system before and after its implementation, obtaining as result, a higher stability in the new generation system, with an approximated voltage of 480 VCA, a 60,3 Hz of frequency, near of 99,50 % as an increase of availability, and 30 seconds as the answer time.

KEY WORDS: Efficiency, Stability, AVR, DSE, SHARK, CONELEC

Introducción

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor a combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

De ahí la necesidad a nivel mundial de utilizar grupos electrógenos de emergencia en hospitales (instalación obligatoria), supermercados, industrias, bancos, centros informáticos, centros comerciales. En estos casos, un grupo electrógeno equivale a garantía y seguridad. Un grupo electrógeno bien dimensionado, con su respectivo sistema de transferencia de carga, será capaz de respaldar la planta o sus maquinarias críticas, de manera tal que nunca se deje de producir por falta de energía eléctrica.

La empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR, está formada por varias gerencias, tanto en el aspecto administrativo como operativo, siendo una de ellas la Gerencia de Transporte la cual se ocupa de dos tareas importantes dentro de la industria petrolera ecuatoriana, llevar el petróleo crudo para su exportación a los mercados internacionales y transportar los combustibles de consumo interno a todo el país. Esta última se realiza a través de poliductos y gaseoductos.

El poliducto Shushufindi - Quito tiene como unidad de negocio el transportar los derivados del petróleo desde la Refinería Amazonas ubicada en la provincia de Sucumbíos hacia los terminales Beaterio y Oyambaro situados en la ciudad de Quito, el terminal Beaterio es el centro de acopio en lo referente a productos limpios (Gasolina Base, Diésel, Destilado 1 y Jet Fuel) y el terminal Oyambaro en lo que respecta a Gas Licuado de Petróleo (GLP). El poliducto tiene una longitud aproximada de 305,00 km, y está compuesto por cuatro estaciones de bombeo: La estación Cabecera Shushufindi, estación Quijos, estación Osayacu y estación Chalpi.

Situación Problémica

Los principales equipos para el proceso de transporte de derivados del petróleo son los tres grupos de bombeo instalados en cada una de las estaciones, estos están conformados por bombas centrifugas multietapas impulsadas por motores a combustión interna. A excepción de las estaciones Osayacu y Chalpi donde se tiene adicionalmente un motor eléctrico. Cada grupo principal de bombeo utiliza máquinas y equipos que en su mayor parte necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento.

Cada una de las estaciones de bombeo cuenta con energía de la Empresa Eléctrica y con un respaldo energético conformado por dos grupos electrógenos. Se ha considerado la estación Quijos por ser la estación más propensa a fallas en la red del interconectado especialmente en horas picos donde hay mayor consumo de energía por parte de la población cercana a la estación, lo cual afecta directamente con el proceso productivo del poliducto.

Es importante recalcar que el suministro de energía eléctrica en la estación Quijos no es estable ya que siempre existen inconvenientes. En la actualidad la estación cuenta con dos grupos electrógenos que están controlados y monitoreados con tecnología de aproximadamente 36 años atrás. Además no se dispone de la documentación respectiva.

Justificación de la Investigación

El respaldo energético de la estación Quijos es de vital importancia, ya que ante los constantes fallos de la red de distribución de la Empresa Eléctrica, no es posible que se detenga el transporte de derivados del petróleo porque representa cuantiosas pérdidas económicas para el país.

Igualmente los cortes inesperados de energía pueden provocar sobrepresiones y roturas en el poliducto causando pérdidas económicas para la estatal petrolera y lo más importante contaminaciones ambientales por derrames de hidrocarburos.

En la actualidad el sistema de generación consta de dos grupos electrógenos, los mismos que son monitoreados y controlados con tecnología obsoleta.

Adicionalmente el registro de datos o toma de condiciones de estos equipos se los realiza en campo en condiciones ruidosas y poco confiables ya que los datos se visualizan en forma analógica y el operador toma las condiciones de acuerdo a su apreciación visual.

Dentro de las principales dificultades del sistema de control actual se destacan: la regulación de la corriente de excitación que dificultan la regulación de la potencia reactiva y la tensión en los bornes del generador. Además de la falta de precisión en la regulación de frecuencia dificulta la regulación de la demanda de la potencia activa.

Estas dificultades traen consigo determinados efectos que afectan la operación normal de diversos equipamientos tales como:

- Los equipos electrónicos que utilizan la frecuencia como referencia de tiempo se ven alterados.
- En el momento del arranque, un motor no podrá iniciar el giro si la tensión no es suficiente para proporcionar el par mecánico que requiere el eje. Por lo tanto sufrirá un calentamiento.
- En las lámparas incandescentes, se observa una disminución en la intensidad lumínica.
- Contactores o relés pueden producir actuaciones incorrectas, afectando al proceso que estén controlando.

Otros efectos relacionados con la calidad de energía eléctrica se asocian fundamentalmente con la onda de tensión y tienen mayor repercusión en las cargas por la cual no se expone en este fundamento.

Con lo expuesto anteriormente. La implementación de un sistema automatizado de generación con monitoreo remoto, control de los grupos electrógenos y la transferencia automática de los mismos es de gran importancia para la estación, ya que incrementaría considerablemente la eficiencia de la energía suministrada por los grupos electrógenos de la estación Quijos. Además facilitaría al personal de operaciones a realizar las actividades cotidianas de manera remota sin tener que trasladarse al ambiente abrumador donde se encuentran los generadores.

La transferencia tecnológica propuesta en esta investigación es factible, en vista de los beneficios mencionados anteriormente y por los aspectos económicos, siendo estos: costo de instalación, costo de mantenimiento y sobre todo por la facilidad de operatividad.

Adicionalmente en el Art. 5 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE, 2013) se fijan los objetivos fundamentales de la política nacional en materia de generación, transmisión y distribución de electricidad, siendo entre otros: Proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice su desarrollo económico y social; lo cual concatena con el objetivo de esta investigación.

Objeto y problema de la investigación

Objeto de estudio de la investigación

Los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador.

Formulación del problema de la investigación

En concordancia con los párrafos mencionados anteriormente, el investigador plantea la formulación del problema en base a la siguiente pregunta.

¿Cómo mejorar la calidad de la energía suministrada por el sistema de generación de electricidad con los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador durante el año 2015?

Campo de acción y objetivo general de la investigación

Campo de acción de la investigación

Automatización de los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador para mejorar la calidad de energía eléctrica suministrada.

Objetivo General de la Investigación

Implementar un sistema automatizado para controlar niveles de voltaje y frecuencia de los grupos electrógenos por medio de transferencia tecnológica para mejorar la calidad de energía suministrada por el sistema de generación de electricidad de la estación Quijos del poliducto Shushufindi–Quito de la EP Petroecuador, durante el año 2015.

Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación

Hipótesis de la investigación

Sí se implementa un sistema de control automatizado para controlar niveles de voltaje y frecuencia de los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador durante el año 2015 mediante transferencia tecnológica, es posible incrementar la estabilidad y la eficiencia de la energía que suministra.

Desarrollo de la investigación

La estación Quijos al contar con un sistema automatizado en los grupos electrógenos permite incrementar la estabilidad y la eficiencia de la energía suministrada por el sistema de generación de electricidad de los grupos electrógenos, lo cual garantiza un normal desempeño en el proceso de transporte de derivados del petróleo.

Objetivos específicos

- Indagar sobre los aspectos más relevantes de la problemática y del estado del arte.
- Evaluar la calidad del sistema eléctrico de los grupos electrógenos y su incidencia en el suministro de energía del sistema de generación de electricidad de la estación Quijos del poliducto Shushufindi – Quito de la EP Petroecuador durante el año 2015.

- Realizar un estudio de la situación actual de funcionamiento del sistema de generación, su control y monitoreo de los grupos electrógenos con su respectiva transferencia de carga.
- Analizar tecnologías existentes en el mercado con el propósito de efectuar la transferencia tecnológica más factible, ya sea en el aspecto operativo, económico y funcional.

Sistema de tareas señalando los métodos, procedimientos y técnicas que concretan las acciones en cada tarea.

- La indagación de los aspectos más relevantes de la problemática se realizó a través de la modalidad Bibliográfica Documental.
- La evaluación de la calidad del sistema eléctrico de los grupos electrógenos, se realizó con el medidor multifunción Shark 200, el cual tiene una velocidad de muestreo de hasta 512 muestras por ciclo para la grabación de la forma de onda lo cual permitirá determinar la incidencia en el suministro de energía del sistema de generación de electricidad.
- El estudio de la situación actual se llevó a cabo de acuerdo a la modalidad de campo, ya que esta investigación es un estudio sistemático de procedimientos ejecutados en la sala de generación de la estación Quijos.
- El análisis de tecnologías se realizó a través de investigaciones pertinentes sobre equipos y materiales a proveedores de la empresa en el mercado nacional, considerando los aspectos: técnicos, operativos, económicos y sobre todo funcional.

Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación

Este proyecto de investigación tiene un enfoque cualitativo, ya que consiste en mejorar la calidad de energía suministrada por los grupos electrógenos a través de un sistema de control automatizado

Nivel de investigación

Teniendo en cuenta las acciones claves del objetivo general y los objetivos específicos, se puede decir que esta investigación alcanza hasta el nivel comprensivo – propositivo, en vista de que la propuesta de esta investigación es la implementación de un sistema automatizado para mejorar la eficiencia eléctrica de los grupos electrógenos de la estación Quijos.

Alcance de la investigación

La presente investigación se centra en realizar un diagnóstico de calidad de energía eléctrica de los grupos electrógenos del sistema de generación de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador. Como parte del diagnóstico se realizó un análisis de los datos de generación a través de un medidor multifunción Shark 200.

Considerando un servicio eléctrico de alta calidad: los niveles de voltaje en los bornes del generador y la regulación de la frecuencia, se implementará un sistema automatizado mediante transferencia tecnológica para mejorar la eficiencia eléctrica de los grupos electrógenos.

Estructura de los capítulos del proyecto de investigación

En el capítulo 1 se realiza una caracterización detallada de los grupos electrógenos, en cuanto a definición y componentes. De igual manera se realiza una valoración crítica de los resultados encontrados en otras investigaciones que están relacionados con la temática investigativa y que de alguna manera contribuyen a la solución del problema científico. Por otra parte, en base a la literatura científica se puntualizan las distintas alteraciones de calidad de energía eléctrica desde el punto de vista de la generación, y se culmina con la argumentación de la parte legal que ampara la presente investigación.

En lo que corresponde al capítulo 2, se menciona la metodología de investigación a través de técnicas, métodos e instrumentos para la obtención de datos y procedimientos de diferentes técnicas para el tratamiento de la información.

Por otra parte, en el capítulo 3 se presentan los resultados de las mediciones obtenidos durante un periodo de 7 días tal como recomienda el CONELEC, se aplica los métodos de investigación para determinar la incidencia de la calidad de energía eléctrica sobre la eficiencia eléctrica suministrada por los grupos electrógenos. Adicionalmente se realiza un análisis de la situación actual de funcionamiento del sistema de generación de electricidad de la estación Quijos y se termina con un análisis de tecnologías para la automatización de grupos electrógenos.

Por otro lado, en el capítulo 4 se habla netamente de la implementación de la propuesta, posteriormente se desarrolla un análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico antes y después de la propuesta, adicionalmente se realiza una evaluación socio económica ambiental donde se elabora un análisis de la rentabilidad de la inversión.

Finalmente, se describen las respectivas conclusiones y recomendaciones que surgieron a lo largo del desarrollo e implementación de este proyecto de investigación.

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1. Caracterización detallada del objeto

Es necesario recalcar que el objeto de estudio en el presente trabajo investigativo está planteado como: los grupos electrógenos de la estación Quijos, es por esta situación que se hace énfasis en el estudio de los grupos electrógenos.

1.1.1. Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno está compuesto por un motor diésel, de gas o de gasolina y por un alternador, cuyo montaje permite producir energía eléctrica. Los grupos electrógenos se utilizan principalmente en aplicaciones denominadas "de emergencia", para paliar los problemas de los cortes de corriente (Energy Solutions Provider, s.f.).

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Es comúnmente utilizado cuando hay déficit en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad (Arcurio & Estrella, 2011).

De acuerdo a las dos definiciones mencionadas anteriormente se puede considerar que un grupo electrógeno es una máquina conformada por un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico, que cuando falla el suministro eléctrico general se pone en marcha de forma manual o automática, para suministrar de energía hasta que la tensión de red sea restablecida.

1.1.2. Componentes de un grupo electrógeno

Según (Chew, 2005) un grupo electrógeno cuenta de las siguientes partes.

Motor Diésel.- El motor diésel que acciona el grupo electrógeno ha sido seleccionado por su fiabilidad y por el hecho de que se ha diseñado específicamente para accionar grupos electrógenos.

Sistema eléctrico del motor.- El sistema eléctrico del motor es de 12 Voltios de Corriente Continua (VCC), excepto aquellos motores los cuales son alimentados con 24 VCC, negativo o masa. El sistema influye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s libre/s de mantenimiento, se puede instalar otros tipos de baterías si así se requiere, sensores de los que se disponga en el motor.

Sistema de refrigeración.- El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire a los largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua / aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

Alternador.- La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

Depósito de combustible y bancada.- El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

Aislamiento de la vibración.- El Grupo Electrónico está dotado de tacos anti vibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor-Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.

Silenciador y sistema de escape.- El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrónico El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.

Sistema de control. Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para

protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.

Interruptor automático de salida.- Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual. Para Grupos Electrónicos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.

Cuando la temperatura ambiente es excesivamente frío se ayuda de un dispositivo calefactor denominado resistencia de precalentamiento que ayuda al arranque del motor.

Los Grupos Electrónicos refrigerados por aire suelen emplear un radiador eléctrico, el cual se pone debajo del motor, de tal manera que mantiene el aceite a una cierta temperatura. En los motores refrigerados por agua la resistencia de precaldeo va acoplada al circuito de refrigeración, ésta resistencia se alimenta de 110 Voltios Corriente Alterna (VCA) y calienta el agua de refrigeración para calentar el motor. Ésta resistencia dispone de un termostato ajustable; en él seleccionamos la temperatura adecuada para que el grupo arranque en breves segundos (Chew, 2005).

1.1.3. Generador Eléctrico

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen. “Aunque se clasifican de muchas maneras, existen sólo dos tipos básicos de generador: generadores de Corriente Continua (C.C. / C.D.) que tienen una salida de voltaje continuo y los generadores de Corriente Alterna (C.A.) que tienen una salida de voltaje alterno” (Mileaf, 1998).

Son máquinas que transforman en energía eléctrica otras formas de energía. La entrada de la máquina está compuesta en el eje de rotación en donde se aplica la energía mecánica, la cual consigue ser transformada a través del principio de inducción electromagnética en energía eléctrica; es llevada por medio de unos

terminales de alimentación los cuales conectan al generador con la red externa (Martínez & López, 2008).

Los anteriores conceptos se esclarecen como sigue; Un generador eléctrico es una máquina eléctrica rotativa que transforma la energía mecánica en energía eléctrica a través del principio de inducción electromagnética. Y puede ser de dos tipos: Generador de C.C. y Generador de C.A.

1.1.4. Componentes de un generador de corriente alterna

Según (Harper, 2004) los componentes de un generador de corriente alterna, son las que se indican a continuación:

- a) Estator
- b) Rotor
- c) Sistema de enfriamiento
- d) Excitatriz
- e) Conmutador

Es necesario recalcar que, de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada en el estado del arte, los principales componentes que conforman un generador de corriente alterna son: Estator, Rotor, Sistema de enfriamiento y Excitatriz. No se considera al conmutador en vista de que es utilizado en los generadores de corriente continua como elemento rectificador de corriente alterna a corriente continua.

1.1.4.1. Estator

El estator (ver figura 1.1) es la parte fija y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de corriente eléctrica en los generadores eléctricos, siendo el otro su contraparte móvil, el rotor.

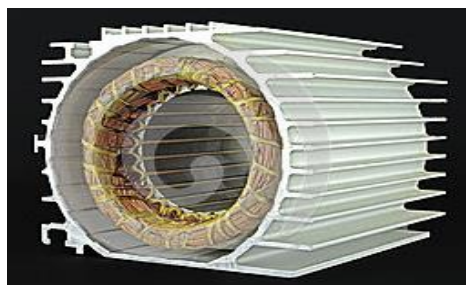


Figura 1. 1: Estator
Fuente: Santos (s.f.)

Los elementos más importantes a considerar como parte de los componentes del estator de un generador de corriente alterna, son las siguientes:

- a) Componentes mecánicas.
- b) Sistema de conexión en estrella.
- c) Sistema de conexión en delta.

a) **Componentes mecánicas.**- Las componentes mecánicas de un generador de C.A. son las siguientes: La carcasa, el núcleo, las bobinas y la caja de terminales.

b) **Sistema de conexión en estrella.**- Los devanados del estator de un generador de C.A. están conectados generalmente en estrella, en la figura 1.2, los terminales 1, 2 y 3 representan los terminales de línea y 4, 5 y 6 son las terminales que unidas forman un neutro.

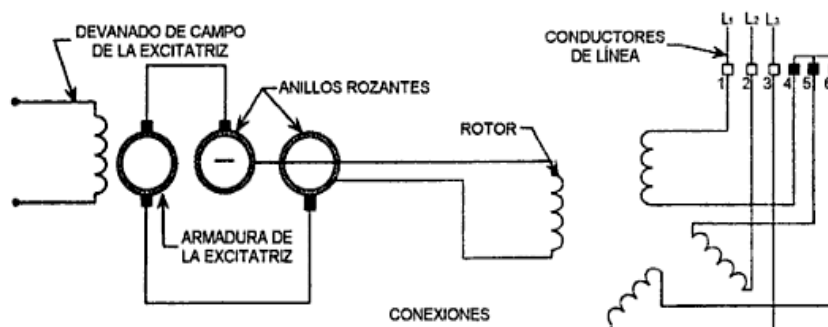


Figura 1. 2: Conexión estrella de un generador

Fuente: Harper (2004)

c) **Sistema de conexión delta.**- La conexión delta se hace conectando las terminales 1 a 6, 2 a 4 y 3 a 5, las terminales de línea se conectan a 1, 2 y 3, con esta conexión se tiene un voltaje menor en comparación a la conexión estrella, pero en cambio se incrementa la corriente de línea, ver figura 1.3.

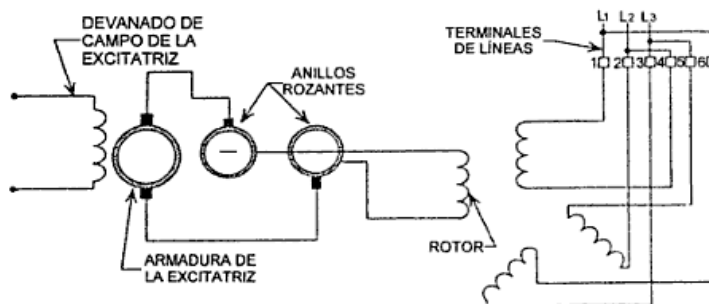


Figura 1. 3: Conexión delta de un generador

Fuente: Harper (2004)

1.1.4.2. Rotor

El rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico, ver figura 1.4.

El rotor está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético que puede girar dentro de un campo magnético creado bien por un imán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares, que permanecen estáticas y que constituyen lo que se denomina estator de una corriente continua o alterna, dependiendo del tipo de máquina de que se trate (Zumba & Álvarez, s.f.).

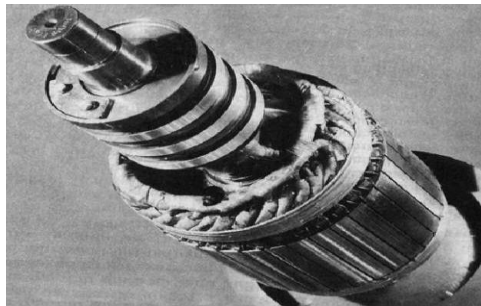


Figura 1. 4: Rotor

Fuente: Santos (s.f.)

1.1.4.3. Sistema de enfriamiento

Los tipos de enfriamiento normalmente usados en los generadores de corriente alterna son los de aire enfriado, aire-agua con cambiador de calor y el de gasto de agua con cambiador de calor.

- a) **El método de aire enfriado.-** Los generadores que usan este método de enfriamiento, toman el aire del exterior a la temperatura ambiente como medio de enfriamiento, el aire se circula a través del estator y el rotor por medio de impulsores en ambos extremos del rotor. El aire caliente se extrae por la parte de atrás del generador para completar el ciclo, es decir, circula una sola vez.
- b) **Cambiador de calor aire-aire.-** Un generador con un intercambiador de calor aire-aire es diferente de uno del tipo con enfriamiento natural, debido a que el intercambiador de calor constantemente recircula el mismo aire a través del estator, este método tiene además la ventaja de que se conserven limpios los aislamientos, ya que el aire se cambia constantemente y con esto se elimina la necesidad de los filtros de aire en el sistema.

- c) **Cambiador de calor aire-agua.-** Un generador con un intercambiador de calor aire-agua es diferente del que usa cambiador de calor aire-aire, en que el calor que viene del rotor y el estator se circula a través de un enfriador que consiste de un cierto número de tubos de cobre con perforaciones de circulación alrededor del diámetro exterior de los tubos. Es necesario tener una fuente de agua de enfriamiento, que se debe hacer circular a través de estos enfriadores.

1.1.4.4. Excitatriz de corriente directa

Los pequeños grupos electrógenos o plantas de emergencia usan aun sistemas de excitación a base de pequeños generadores de corriente directa acoplados directamente al eje del generador, estos pequeños generadores de corriente directa en realidad generan corriente alterna y la rectifican por medio de un conmutador sobre el que se deslizan las escobillas, ver figura 1.5.

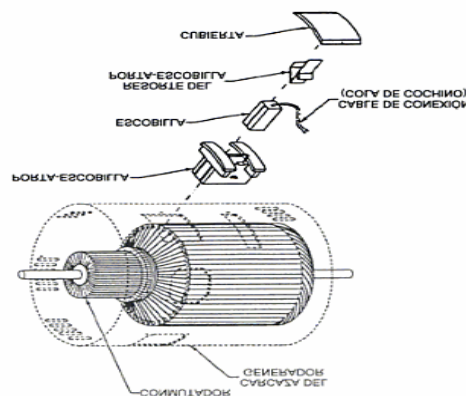


Figura 1. 5: Partes de una excitatriz de corriente directa

Fuente: Harper (2004)

Uno de los problemas que presentan los sistemas de excitación a base de generadores de corriente continua es que se requieren de mayor mantenimiento que otros sistemas de excitación que se denominan “rotatorios sin escobillas” o bien, estáticos.

1.1.4.5. Excitatriz sin escobillas

Este sistema de excitación opera bajo el mismo principio de la excitatriz de corriente directa, sólo que ahora se eliminan las escobillas y el conmutador, de hecho, la excitatriz es un generador de C.A. con los polos de campo estacionarios,

el voltaje generado de C.A. en los devanados rotatorios se rectifica por medio de diodos montados sobre la estructura rotatoria. El voltaje en C.D. producido por los rectificadores se aplica directamente a los devanados de campo del generador, el regulador de voltaje controla la corriente de campo para obtener el voltaje deseado en las terminales. En la figura 1.6 se puede ver gráficamente.

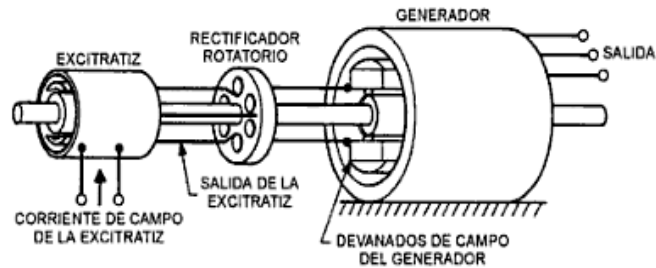


Figura 1. 6: Excitatriz sin escobillas

Fuente: Harper (2004)

1.1.4.6. Excitatriz estática

Este sistema de excitación elimina la excitatriz rotatoria, pero conserva los anillos rozantes y escobillas, la potencia para el campo se toma de la salida del generador. El sistema de control de voltaje controla la corriente excesiva de campo para regular el voltaje del generador.

Los sistemas estáticos de excitación proporcionan una respuesta más rápida que otros sistemas de excitación, para controlar el voltaje, ver figura 1.7.

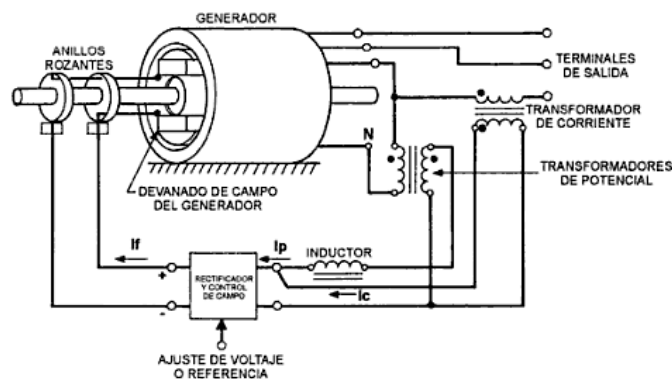


Figura 1. 7: Excitatriz estática

Fuente: Harper (2004)

1.1.5. Generadores de corriente alterna trifásicos síncronos.

Un generador trifásico está compuesto por tres devanados espaciados igualmente y tres voltajes de salida desfasados 120 grados entre sí.

Físicamente las espiras adyacentes están separadas por ángulo equivalente a 60 grados de rotación. Sin embargo, los extremos de la espira están conectados a los anillos rozantes de manera que la tensión 1 está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 2; y la tensión 2, a su vez, está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 3 (Harry, 1998).

Según (Ortega & Ramírez, 1979), los generadores síncronos son todos aquellos convertidores electromecánicos rotativos capaces de transformar energía mecánica en eléctrica o viceversa, bajo forma de corrientes alternas, con la condición de que en ambos casos la velocidad de giro sea constante e igual a:

$$\omega = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{Ec. 1.1}$$

ω = velocidad de sincronismo [1/s]

f = frecuencia [Hz]

p = número de pares de polos [u]

Un generador de corriente alterna trifásico síncrono es una maquina electromecánica capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica bajo formas de onda representadas como tres voltajes de salida de C.A. desfasados 120 grados entres si, en donde la unidad impulsora del generador mantiene una velocidad angular constante.

1.1.6. Funcionamiento de un generador eléctrico

La energía eléctrica producida por el grupo electrógeno proviene de un sistema de bucle cerrado que consiste principalmente en el rotor inductor, el campo de inducción giratorio y el regulador automático. El proceso comienza cuando el motor empieza a girar los componentes internos del generador. El magnetismo remanente en el rotor principal produce un pequeño voltaje alternante en el estator principal. El regulador automático de voltaje (RAV / AVR) rectifica este voltaje y lo aplica al estator de excitación. Esta corriente continua en el estator de excitación crea un campo magnético que, a su vez, induce un voltaje en corriente alterna en el rotor de excitación. Este voltaje en C.A. se convierte otra vez en C.C. por medio de los diodos giratorios (conjunto rectificador). Cuando este voltaje de C.C.

aparece en el rotor principal, se crea un campo magnético más fuerte que el campo remanente original lo que induce un voltaje mayor en el estator principal. Este mayor voltaje circula a través del sistema induciendo aún mayor voltaje C.C. de vuelta al rotor principal. Este ciclo se repite para acumular un voltaje próximo al nivel de salida adecuado del grupo electrógeno. En este punto el regulador automático de voltaje comienza a limitar el voltaje que pasa al estator de excitación que, a su vez, limita la potencia total de salida del generador (Chew, 2005).

1.2. Marco Teórico de la Investigación

1.2.1. Antecedentes de la investigación

En la investigación: Diseño e implementación de un sistema automatizado para el funcionamiento de los generadores de energía eléctrica en la estación Osayacu, para la empresa Petrocomercial, de los autores ÁLVAREZ Jonathan y NAJERA Roberto (2010). Este sistema está conformado por dos subsistemas, la transferencia automática de energía y el monitoreo de las variables de interés de los generadores. Como controlador escogen al Controlador Lógico Programable (PLC) Modicon M340 por sus altas prestaciones. Los autores concluyen que es factible la automatización de sistemas que se encuentran funcionando con tecnología de hace 30 años, mediante dispositivos de última tecnología que actualmente se encuentran comercialmente disponibles.

En la investigación: Diseño e implementación de un sistema scada para la administración del suministro de energía eléctrica del edificio de la corporación GPF, de los autores CARCHIPULLA Mónica y LLUMINQUINGA Orlando (2013). Los autores plantean el diseño y construcción de un tablero de control del sistema eléctrico que se comunica a través de una red de campo industrial con tableros principales de distribución, grupos electrógenos, UPS, a través de un sistema SCADA. Este proyecto está basado en una investigación de campo y concluye que la eficiencia del consumo de energía consiste en reducir el uso de la misma por medio de sistemas de control y gerencia de energía.

1.2.2. Calidad de energía eléctrica

Según (Arévalo, 2011), la definición exacta de la calidad de la energía es algo indeterminada, pero aun así, se podría definir como la ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas en la red y variaciones de tensión suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad de la tensión, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, es decir, la calidad de la energía se utiliza para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico.

La calidad de energía eléctrica no tiene una definición completamente aceptada, por lo que se emplean estándares.

El estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE 1159-1995) define el concepto de calidad de energía eléctrica como un conjunto de fenómenos electromagnéticos que permiten identificar la conformación completa de la corriente y tensión en un instante dado y en un punto de referencia, según cita (Gil, 2014).

El estándar IEC 61000-4-30 define a la calidad de energía eléctrica como: las características de la electricidad en un punto dado de una red eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia, según cita (Gordillo & Peñafiel, 2012).

Según (Arévalo, 2011) la calidad del producto se evalúa en base al control del nivel de tensión, perturbaciones y factor de potencia.

El cumplimiento de los niveles de calidad de producto será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, a través de los índices que se establecen en la siguiente regulación.

(CONELEC-004/01, 2014) Menciona que: los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son las perturbaciones, nivel de voltaje y el factor de potencia:

1.2.2.1. Perturbaciones o fenómenos electromagnéticos de carácter transitorio.

De acuerdo al libro de la esmeralda de la IEEE, los fenómenos electromagnéticos se pueden definir de la siguiente manera, según cita (Arévalo, 2011).

- **Disturbio** (Power disturbance)

Cualquier desviación del valor nominal, o de un límite seleccionado en la tolerancia de la carga, en las características de entrada de la energía de C.A. En la figura 1.8 se puede apreciar gráficamente.

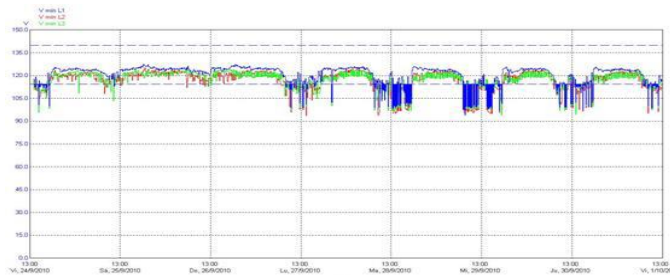


Figura 1. 8: Disturbios de tensión
Fuente: Arévalo (2011)

- **Transitorio** (Transient or surge)

Un disturbio que ocurre en la forma de onda de C.A. con una duración inferior a medio ciclo y que es evidente por la abrupta discontinuidad que presenta. Puede ser de cualquier polaridad, ya sea aditiva o sustractiva a la onda nominal, ver figura 1.9.

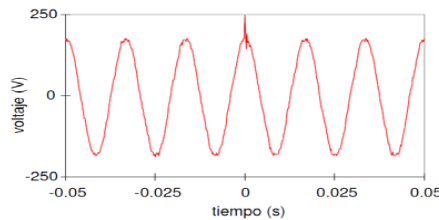


Figura 1. 9: Transitorio
Fuente: Arévalo (2011)

- **Ruido de modo común** (Common-mode noise)

Es la tensión de ruido que aparece igualmente y en fase desde cada conductor activo y tierra. Como se puede apreciar en la figura 1.10.

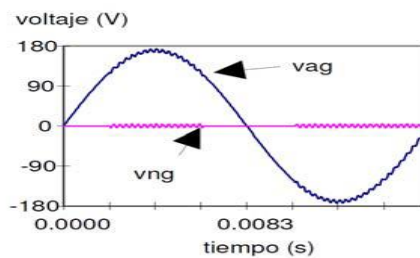


Figura 1. 10: Ruido de modo común
Fuente: Arévalo (2011)

- **Ruido de modo diferencial** (Transverse o Differential mode noise)

Señales de ruido medidas entre los conductores activos del circuito que alimenta la carga, pero que no existen entre los conductores activos del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo o a la estructura de referencia de señal, tal como se visualiza en el figura 1.11.

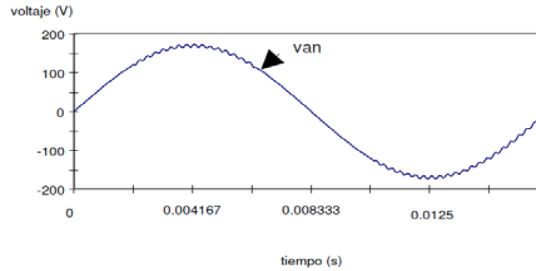


Figura 1. 11: Ruido de modo diferencial
Fuente: Arévalo (2011)

- **Interrupción** (Interruption)

Es la pérdida completa de tensión por un periodo de tiempo, ver figura 1.12.

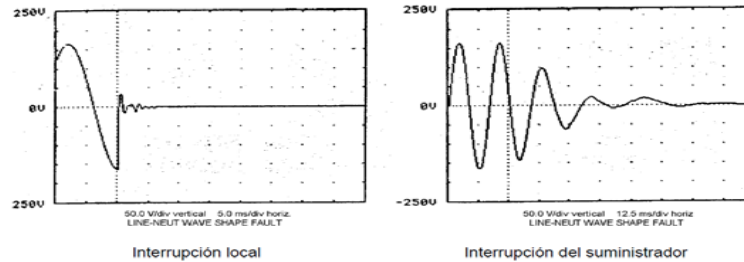


Figura 1. 12: Interrupciones
Fuente: Arévalo (2011)

- **Muesca** (Notch)

Una conmutación u otro disturbio en la forma de onda de tensión del sistema con duración menor a medio ciclo la cual es inicialmente opuesta en polaridad a la forma de onda normal, siendo por lo tanto substractiva en términos de la amplitud. Incluye la pérdida completa de tensión por medio ciclo. Un ejemplo en la figura 1.13.

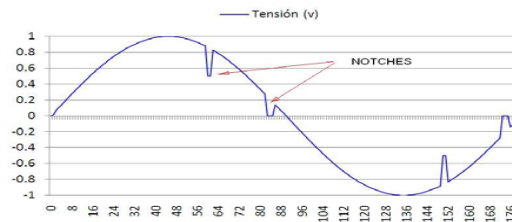


Figura 1. 13: Muesca
Fuente: Arévalo (2011)

- **Sobretensión** (Overvoltage)

Un incremento en el valor eficaz (RMS) de tensión de corriente alterna a la frecuencia del sistema con duración mayor a 60 segundos.

- **Elevación** (Swell)

Un incremento en el valor eficaz (RMS) de tensión de corriente alterna a la frecuencia del sistema, con duración entre medio ciclo a 60 segundos. Elevación que ocurre en la recuperación desde una falla remota del sistema (ver figura 1.15 “SWELL”).

- **Baja-tensión** (Undervoltage)

Un decremento en el valor eficaz (RMS) de tensión de corriente alterna a la frecuencia del sistema con duración mayor a 60 segundos.

- **Depresión** (Sag)

Una reducción en el valor eficaz (RMS) de tensión de corriente alterna a la frecuencia del sistema, con duración entre medio ciclo a 60 segundos. La terminología que emplea IEC es Dip (ver figura 1.14 “SAG”).

1.2.2.2. Variaciones en la magnitud de la tensión

Consisten en variaciones en la amplitud de la onda de tensión y por lo tanto en el valor RMS de la señal. [ANSI C84.11982 recomienda que no se excedan los rangos especificados de 0.9 a 1.1pu]. Típicamente, las variaciones son ocasionadas por operaciones de conmutación o descargas atmosféricas. Pueden ser generadas por los consumidores debido a la conexión y desconexión de sus propias cargas o pueden ser causadas también por las operaciones de conmutación de la empresa distribuidora, tales como los capacitores o interruptores. Las variaciones se presentan como subidas o caídas de tensión. Las variaciones de tensión pueden ser divididas en dos categorías. Según menciona (Arévalo, 2011).

- **Baja tensión.**

Se llama así a los decrementos en la tensión RMS en la forma de onda que ocurren a la frecuencia fundamental y donde el tiempo de duración es mayor a unos 60

segundos. Normalmente se habla de una baja tensión cuando se tienen valores menores al 10 % del valor nominal como se indica en la figura 1.14.

Las variaciones de tensión de tiempos entre medio ciclo y 60 segundos son comúnmente conocidos como sags (caída súbita de tensión) y swells (elevación súbita de tensión).

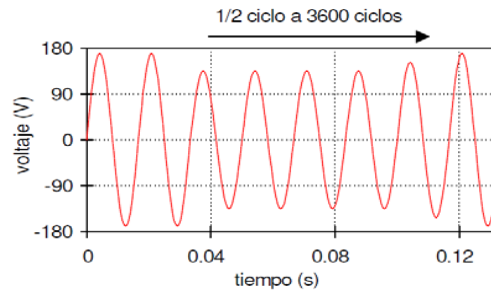


Figura 1. 14: Sag

Fuente: Arévalo (2011)

La disminución de la tensión puede ocurrir como consecuencia de:

- Cargas grandes tales como motores o soldadoras eléctricas que estén en el mismo circuito.
- Caída total de la tensión en las líneas del circuito de distribución, por arranque de motores.
- Por fallas eléctricas en los circuitos alimentados desde la misma fuente de generación.

• **Sobretensión**

Se llama así, a los incrementos en la tensión RMS en la forma de onda que ocurre a la frecuencia fundamental y donde el tiempo de duración es mayor a 60 segundos como se indica en la figura 1.15. Normalmente se habla de una sobretensión cuando se tienen valores superiores al 10 % del valor nominal. Pueden ocasionarlos las descargas de rayos o la interrupción de cargas grandes.

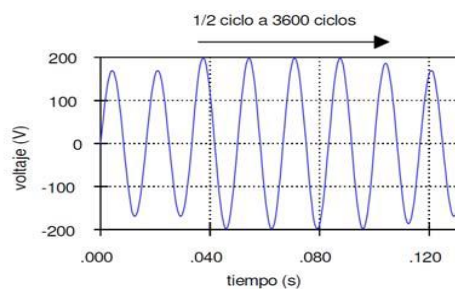


Figura 1. 15: Swell

Fuente: Arévalo (2011)

- **Desbalances**

Es la pérdida de la simetría en las señales de tensión de fases en un sistema trifásico, puede ser una variación en la amplitud de una o más fases o en los ángulos de desfase de las señales diferentes a 120°, tal como se aprecia en la figura 1.16.

Las corrientes desequilibradas son las principales causantes de las tensiones desequilibradas. Cargas monofásicas mal distribuidas entre las fases y desigualdad en las capacidades de fase a tierra en líneas de transporte.

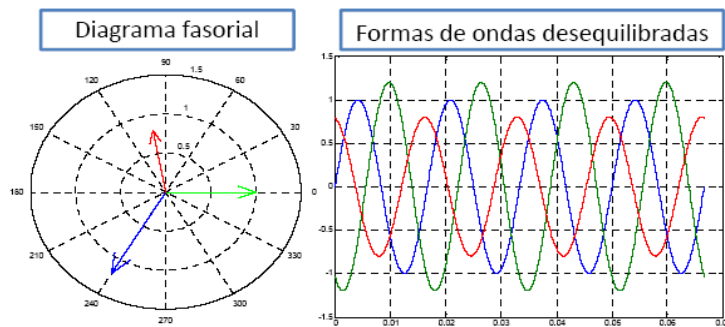


Figura 1. 16: Desbalances

Fuente: Arévalo (2011)

Los motores de inducción que se alimenten con tensiones desequilibradas producen grandes corrientes desequilibradas que aumentan la temperatura de la máquina fundamentalmente desde el rotor.

1.2.2.3. Factor de Potencia

Según (CONELEC-004/01, 2014), Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia ($\cos \varphi$), si en el 5 % o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites (0,92), el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

(Arévalo, 2011) Menciona que el factor de potencia es: “Un indicador de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica, para producir un trabajo útil, es decir, es el porcentaje de la potencia entregada por la empresa eléctrica que se convierte en trabajo en el equipo conectado”.

En otras palabras, es la relación entre la Potencia Activa (P) y la Potencia Aparente (S), ver ecuación 1.2.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

$\cos \phi$ = Factor de Potencia [adimensional]

P = Potencia Activa [W]

S = Potencia Aparente [VA]

Si la onda no es perfecta, S no estaría únicamente compuesta por P y Q, sino que aparece una tercera componente, la potencia de distorsión D, la misma que es representada por la suma de todas las potencias que genera la distorsión armónica, no siendo este el caso de estudio para la presente investigación.

1.2.3. Regulación de voltaje y frecuencia de voltaje generado

Con respecto a la regulación de voltaje y la frecuencia de voltaje generado (Harper, 2004) menciona que:

La regulación de voltaje se expresa en forma usual como un porcentaje e indica qué tanto cambio de voltaje es esperado en las terminales entre la condición de vacío (no carga) y plena carga, la ecuación que expresa esto es:

$$\% \text{ Regulacion de voltaje} = \frac{\text{Voltaje en vacío} - \text{Voltaje a plena carga}}{\text{Voltaje a plena carga}} \cdot 100$$

Ec. 1.3

La frecuencia de voltaje generado se mide en hertz y es 2 veces el número de revoluciones por segundo, considerando que el número de polos es par siempre y que una revolución del rotor produce dos ciclos de corriente alterna.

La frecuencia del voltaje generado en hertz es siempre igual al número de revoluciones por segundo por el número de pares de polos.

$$f = \frac{P}{2} \cdot \frac{n}{60}$$

Ec. 1.4

Donde:

f = frecuencia generada [Hz]

n = número de revoluciones [rev/min]

P = número de polos sobre el rotor [adimensional]

1.2.4. Disponibilidad de los sistemas de generación

Se define como la capacidad del equipo o instalación para realizar una función requerida bajo condiciones específicas sobre un periodo de tiempo determinado, asumiendo que los recursos externos son suministrados. Es un indicador determinístico que traduce los resultados de las acciones de mantenimiento a un índice combinado para un equipo o sistema; Se basa en la pregunta. ¿Está disponible el equipo en condiciones de trabajo cuando se le necesita? Se utiliza el análisis de disponibilidad para obtener una solución que permita establecer los requisitos para la confiabilidad y la susceptibilidad de mantenimiento. Se utiliza para determinar cifras significativas del equipo o sistema en si, como las de frecuencia y tipo de ocurrencia de fallos, posibilidad de reparación (tiempo de reparación activa) y análisis de trabajos de mantenimiento. Por lo tanto la disponibilidad D se calcula como sigue, según (Pájaro, s.f.).

$$D = \frac{TPPF}{TPPF+TPPR} \cdot 100 \quad \text{Ec.1.5}$$

Dónde:

D = Disponibilidad [%]

TPPF = Tiempo Promedio Para Fallar [s]

TPPR = Tiempo Promedio Para Reparar [s]

Además se tiene.

$$TPPF = \frac{\text{Cantidad de horas operadas}}{\text{Cantidad de fallas}} \quad \text{Ec. 1.6}$$

$$TPPR = \frac{\text{Cantidad de horas de falla}}{\text{Cantidad de fallas}} \quad \text{Ec. 1.7}$$

1.2.5. Definición de Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales (Ponsa & Granollers, s.f.).

Es un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

El término Automatización se refiere a una variedad de procedimientos que operan con la mínima intervención del humano. El control de las máquinas es realizado a través de ellas mismas gracias a sensores de control que permiten percibir cambios de ciertas condiciones tales como: temperatura, nivel, presión y fluidez de corriente eléctrica.

1.3. Fundamentación de la investigación

Dentro del principal problema del actual sistema de generación de los grupos electrógenos de la estación Quijos se enfatiza: la calidad de energía eléctrica suministrada por el mencionado sistema eléctrico.

Según (Muguerza, s.f.), la tensión y la frecuencia son los parámetros de energía que determinan la calidad de energía eléctrica, que se suministra para el uso doméstico y productivo. En general el equipamiento eléctrico es diseñado para funcionar adecuadamente dentro de los siguientes rangos de variación de tensión y frecuencia:

- Tensión: +/- 8 a 10 % del valor nominal
- Frecuencia: 50 – 53 Hz (Se aceptan incrementos del 5 % pero se evitan las frecuencias debajo de lo nominal).

La causa de las variaciones de tensión y de frecuencia del sistema es la variación de la carga que debe alimentar el generador.

1.3.1. Sistemas y dispositivos de regulación.

1.3.1.1. Regulación de tensión

(Muguerza, s.f.), manifiesta que: En sistemas autónomos que no se interconectan con la red de energía eléctrica, los generadores atienden carga doméstica, iluminación pública y energía industrial. Para un trabajo adecuado es necesario el control de la tensión de salida, que se logra manteniendo la regulación de tensión en estrechos valores.

La reacción de armadura producida por el paso de la corriente de carga y su factor de potencia causa un efecto desmagnetizante que hace caer el valor de la tensión generada.

1.3.1.2. Regulador Automático de Tensión (AVR) electrónico

(Muguerza, s.f.) Define un AVR como: “Un dispositivo fabricado con elementos de estado sólido montado sobre una tarjeta impresa. Su misión es mantener el nivel de tensión constante a cualquier condición de carga dentro del valor nominal del generador aún con variaciones de velocidad (5 %)”.

Toma como señal la tensión de salida del generador, la compara y emite automáticamente hacia el campo de la excitatriz la corriente continua necesaria para mantener la tensión en el nivel de calibración.

Según (Muguerza, s.f.), un AVR se puede dividir en los siguientes circuitos operativos:

- a) **Circuito sensor y comparador.**- Toma la señal compara con una referencia precalibrada y detecta el error.
- b) **Circuito amplificador del error y de control de disparo.**- Detectado el error, es traducido y retenido por un tiempo, luego del cual se emite la señal que dispara el tiristor (rectificador de silicio cuya conducción de corriente es controlable).
- c) **Circuito de control de potencia.**- Formado por diodos de silicio y tiristores. Toma la potencia del mismo generador, según el error y la señal del disparo rectifica la corriente que se aplica al campo de excitatriz para corregir las variaciones de tensión.
- d) **Circuito de estabilidad.**- Es un circuito de realimentación de señal para detectar si la corrección de excitación es la apropiada. Es calibrable y depende de las características del conjunto AVR y generador. De este circuito depende la velocidad de respuesta del equipo ante cambios bruscos de carga.
- e) **Circuito de protección por baja velocidad motriz.**- El AVR básico solo sensa tensión. Consecuentemente, para evitar sobreexcitación por caída en la velocidad de giro, estos dispositivos incluyen un circuito que sensa la

frecuencia y, ante una disminución de la misma por debajo de un valor calibrado, dejan pasar menos corriente de excitación de manera que la tensión de salida disminuye proporcionalmente a la caída de velocidad. Este circuito no actúa sobre el regulador de velocidad de la turbina.

Este sistema de excitación fue construido especialmente para los generadores sin escobillas por la reducida potencia de excitación que demanda las excitatrices, pero luego se ha extendido su aplicación los generadores de mayor potencia constituyendo los llamados excitadores estáticos.

Los niveles de regulación de tensión se encuentran en valores usuales de ± 1.5 % hasta llegando a ± 0.25 %. El diagrama de bloques de la figura 1.17 representa la interconexión de funciones entre circuitos de una tarjeta AVR.

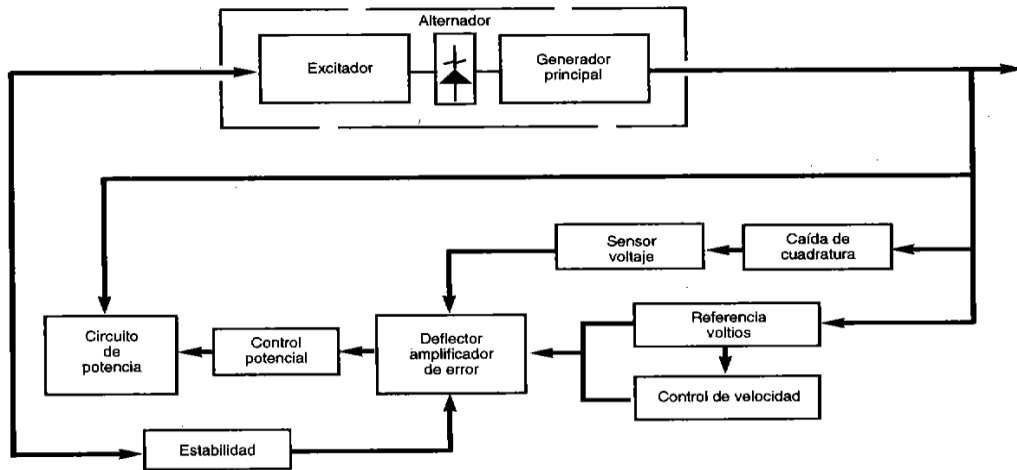


Figura 1. 17: Diagrama de bloques de un AVR

Fuente: Muguera (s.f.)

Calibración

- a) **Tensión.-** Todo AVR dispone de un potenciómetro para calibrar la tensión desde la misma unidad. El calibrado se hace con el generador girando a velocidad nominal y sin carga; el valor no debe exceder del 5 % del nivel del valor nominal, salvo indicción de fabricante.
- b) **Estabilidad.-** En la unidad hay otro potenciómetro que sirve para calibrar la estabilidad; en sentido horario la respuesta del sistema es más lenta. Sin embargo, se tiene que girar en ambos sentidos hasta conseguir que la tensión de salida este sin oscilar. El calibrado se lo realiza a velocidad nominal y con carga, mejor aún si es la total.

- c) **Protección por baja velocidad motriz.**- Los métodos difieren según el fabricante del AVR y es necesario guiarse por el manual respectivo.

1.3.1.3. Regulador de tensión automático “compuesto”

Según (Muguerza, s.f.), es un sistema electromagnético sin realimentación de señal y está conformado por lo siguiente:

- Una reactancia lineal que se encarga de suministrar la corriente para la excitación de la tensión en vacío.
- Un transformador de corriente conectado en serie con la carga que incrementa la corriente de excitación, para compensar a la reacción de armadura en magnitud y fase.
- Un puente rectificador donde ambas corrientes se suman geoméricamente y se convierten en corriente continua de excitación.

Este es un sistema de regulación muy antiguo. Con un buen dimensionamiento se llega a conseguir regulaciones del $\pm 2\%$. La aplicación normal es en generadores con escobillas, especialmente los de armadura rotativa, lo cual constituye un sistema bastante robusto y de alta durabilidad.

Calibración

Existen dos formas de calibración de la tensión de vacío, y una de ellas o ambas pueden encontrarse en un regulador:

- a) Aumentando la longitud del entrehierro (espacio de aire) en el circuito magnético de la reactancia para aumentar la tensión de salida.
- b) Variando de posición a la derivación de vueltas de la reactancia hacia el nivel de tensión marcado que se desea.

1.3.1.4. Regulación manual de tensión

Según (Muguerza, s.f.), este sistema se utiliza en casos de emergencia, cuando el regulador automático no está operativo y cuando las magnitudes de corriente y tensión de excitación lo permiten.

Es necesario recalcar, que de acuerdo a la revisión del estado del arte, este sistema solo permite trabajar al generador con carga parcial, lo cual no concuerda con el propósito de esta investigación, por lo tanto no se profundiza en su estudio y solo se lo menciona.

1.4. Bases teóricas particulares de la Investigación

1.4.1. Determinación de las variables de investigación

El investigador identifica y plantea las variables de investigación de la siguiente manera:

- **Variable Independiente**

Calidad de energía en el suministro eléctrico de los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi Quito de la EP Petroecuador.

- **Variable Dependiente**

Eficiencia de la energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos de la estación Quijos de la EP Petroecuador.

1.4.2. Operacionalización de variables

A continuación se presenta la matriz de operacionalización de las variables independiente y dependiente, ver tablas 1.1 y 1.2 respectivamente.

Tabla 1. 1:
Operacionalización variable independiente

Variable Independiente:	Calidad de energía en el suministro eléctrico de los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi Quito de la EP Petroecuador.				
Concepto	Categoría	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas	Instrumentos
La calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, variaciones de voltaje, corriente RMS y perturbaciones en un punto de referencia de la red eléctrica.	Calidad de energía	Nivel de voltaje	% / Volt	Cálculos Medición Software	Ecuaciones Medidor Base de datos
		Nivel de corriente	Amp	Medición Software	Medidor Base de datos
		Perturbaciones	Adimensional	Software	Base de datos
		Factor de potencia	Adimensional	Cálculos Medición	Ecuaciones Medidor
		Frecuencia	Hz	Cálculos Medición Software	Ecuaciones Frecuencímetro Base de datos

Fuente: Investigador (2015)

Tabla 1. 2:
Operacionalización variable dependiente

Variable Dependiente:	Eficiencia de la energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos de la estación Quijos de la EP Petroecuador.				
Concepto	Categoría	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas	Instrumentos
La eficiencia eléctrica de un generador está determinada por la potencia del circuito de carga y los vatios totales producidos por el generador. Se expresa en porcentaje (%).	Eficiencia	Rendimiento de un grupo electrógeno	%	Cálculos	Ecuaciones
		Disponibilidad	%	Cálculos	Ecuaciones
	tiempo	tiempo de respuesta	Seg.	Medición	Cronómetro
		tiempo de transferencia	Seg.	Medición	Cronómetro

Fuente: Investigador (2015)

1.4.3. Fundamentación Legal

Actualmente en el Ecuador existen leyes y reglamentos que amparan el estudio de la calidad de la energía eléctrica, ya que ha adquirido mucha importancia en vista de que existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad en las empresas.

Uno de los objetivos del Art. 5 (LRSE, 2013) es proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice su desarrollo económico y social. Siendo uno de los objetivos fundamentales de la política nacional en materia de generación, por medio de este objetivo se justifica la realización de este proyecto de investigación.

Según el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (Senplades, 2013) se debe asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica en el Ecuador. En vista de que EP Petroecuador es considerado como uno de los sectores estratégicos, la implementación de este proyecto de investigación, permitirá una transferencia tecnológica basada en la automatización y la microelectrónica, garantizando de esta manera el proceso de transporte de derivados del petróleo, lo que permitirá generar riqueza y elevar en forma general el nivel de vida de nuestra población.

1.5. Conclusiones del capítulo

- Se investigó el estado del arte orientado a la problemática, con el propósito de ampliar el conocimiento, recopilar información, profundizar diferentes teorías, conceptualizaciones y criterios de diferentes autores en libros, reglamentos, internet y manuales de equipos.
- La calidad de energía eléctrica no tiene definición exacta, pero la mayor parte de autores concuerdan que los parámetros de energía que determinan la calidad del suministro eléctrico son: variaciones de: tensión, corriente, frecuencia, perturbaciones, factor de potencia y la continuidad del servicio. Los rangos aceptables para la variación de voltaje son $\pm 10\%$ del valor nominal y para la frecuencia del $\pm 5\%$ de su valor nominal según la norma vigente.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. Modalidad de la investigación

En el presente proyecto de investigación se adoptó las modalidades de Campo, Bibliográfica Documental y Proyecto Factible.

2.1.1. Modalidad de Campo

Esta investigación es un estudio sistemático de procedimientos ejecutados en la sala de generación de la estación Quijos en donde se originaron los acontecimientos y las mediciones pertinentes al estudio realizado, lo que permite tener una visión más clara de la problemática en el lugar de los hechos.

2.1.2. Modalidad Bibliográfica Documental

La modalidad bibliográfica en esta investigación permite la ampliación del conocimiento apoyado en el estado del arte enrolado a la problemática analizada. Este método fue utilizado con el propósito de recopilar información y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diferentes autores en libros, reglamentos, revistas, internet y manuales de equipos.

2.1.3. Modalidad Proyecto Factible

Con la finalidad de darle solución al problema planteado, el investigador empleó el método de proyecto factible, considerando que este método comprende el diseño y el desarrollo de una propuesta de un modelo tecnológico viable, mediante la utilización de recursos materiales y tecnológicos existentes en bodega del poliducto.

2.2. Forma de la Investigación

En cuanto a forma de investigación, para el presente proyecto se consideró la investigación Aplicada, ya que se empieza desde una situación problemática de calidad de energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos y que

requiere ser intervenida y mejorada tecnológicamente para ser un sistema de generación más eficiente.

2.3. Tipo de investigación

Con respecto al tipo de investigación se eligió el tipo de investigación Correlacional, ya que por este tipo de investigación se logró conocer la incidencia de la calidad de energía en el suministro eléctrico sobre la eficiencia de la energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos de la estación Quijos.

2.4. Metodología de la investigación

La metodología Experimental es la aplicada en este proyecto de investigación, porque existió la manipulación de la regulación de la corriente de excitación que dificultan la regulación de la potencia reactiva y la tensión en los bornes del generador. Además de la regulación de frecuencia que regula la demanda de la potencia activa.

2.5. Población

El registro de datos para el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la sala de generación de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador, ver figura 2.1.



Figura 2. 1: Sala de generación estación Quijos
Fuente: EP Petroecuador (2015)

Las mediciones fueron realizadas en los dos grupos electrógenos existentes en la estación Quijos. Cada grupo electrógeno cuenta con un generador eléctrico (sincrónico sin escobillas con maquina excitatriz auxiliar) marca AEG ROTADUC,

modelo DKBH 4256/04, con una potencia de 150 KVA, voltaje trifásico de 480 VCA, 180 A, con un factor de potencia de 0,8 y una excitatriz de 40,6 V. acoplado a un motor de combustión interna marca MWM 232 como unidad impulsora.

El personal involucrado en el manejo y los procesos de generación de electricidad de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito son:

- Jefe de mantenimiento
- Supervisor de electricidad e instrumentación y control
- Técnico líder de instrumentación y control
- Técnico líder de electricidad.
- Operadores.

2.6. Métodos y técnicas para la obtención de datos

El método utilizado en esta investigación es el método analítico, ya que permitió realizar la disgregación de los parámetros de calidad de energía eléctrica y estudiar en forma intrínseca cada uno de estos parámetros, los mismos que fueron detallados en el capítulo 1 de esta investigación.

Las técnicas e instrumentos utilizados en la presente investigación son las resumidas en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1:
Técnicas e instrumentos de la investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Medición	Instrumentos de medición
Cálculo	Ecuaciones
Software	Base de datos

Fuente: Seminario de tesis II, Msc Paulina Freire (2014)

Medición.- Las mediciones de niveles de voltaje, frecuencia, corrientes de línea y factor de potencia, se llevaron a cabo a través de un medidor multifunción Shark 200.

Cálculo.- Los cálculos relacionados a la temática investigativa están descritos a través de las ecuaciones citadas en el capítulo 1 de esta investigación.

Software.- Gracias a la ayuda del software propio del medidor multifunción Shark 200, denominado Communicator Ext, se podrá realizar el diagnóstico de la calidad de energía del suministro eléctrico de los grupos electrógenos de la estación Quijos.

2.7. Instrumentos tecnológicos para la obtención de datos

Las mediciones se llevaron a cabo a través de un medidor multifunción Shark 200. Es un medidor multifunción, registro de datos, medidor de potencia y energía con capacidad de grabación de forma de onda, para ser utilizado en subestaciones eléctricas y tableros de distribución, como un medidor de potencia para equipos Original Equipment Manufacturer (OEM), y como un medidor de facturación, debido a su alto desempeño de medición.

La unidad proporciona medición multifunción de todos los parámetros eléctricos y hace que los datos estén disponibles en múltiples formatos a través de la pantalla, sistemas de comunicación, y retransmisión analógica. La unidad también cuenta con el registro de datos y perfiles de carga para proporcionar un análisis de datos históricos, y la grabación de forma de onda que le permite mejorar el análisis de calidad de energía.

El medidor Shark® 200 ofrece hasta 4 megabytes de memoria flash. La unidad le ofrece hasta siete registros: tres registros históricos, el registro de alarmas de límite, el registro de cambios I/O, un registro de forma de onda, y un registro de secuencia de eventos. Propósitos de estas características incluyen perfiles de carga histórica, el análisis de voltaje y grabación de factor de potencia en distribución. El reloj en tiempo real del medidor Shark® 200 permite que todos los eventos tengan marca de tiempo.

El medidor Shark® 200 está diseñado con capacidad de medición avanzada, lo que le permite lograr un alto desempeño en exactitud. Se especifica como un medidor de energía clase 0,2 % para aplicaciones de facturación, así como también como un medidor para tablero de alta exactitud.

El medidor Shark® 200 ofrece capacidades adicionales, incluyendo puerto serial RS-485 por omisión, protocolos ModBus RTU, DNP 3.0, un puerto infrarrojo tipo

IrDA para la comunicación remota, puerto Ethernet 100BaseT – opcional y las tarjetas opcionales que se pueden añadir en cualquier momento.

Según (Electro Industries/Gauge Tech, 2010) Las características del medidor Shark® 200 incluyen:

- Clase 0,2 % medidor de facturación certificable y medición de demanda
- Cumple con los estándares **ANSI C12.20 e IEC 62053-22 (0,2 %)**
- 0.001 Hz Medidor de frecuencia para estaciones de generación
- Medición multifunción incluyendo voltaje, corriente, potencia, frecuencia, energía, etc.
- Medición de calidad de energía (% THD y Límites de alarma).
- Tecnología V-Switch™ - actualizable en campo sin retirar el medidor.
- Barra analógica de % de carga.
- Fácil de usarse, programación desde la caratula del medidor (funciones básicas).
- Puerto IrDA para lectura remota a través de PDA.
- Comunicación Serial RS-485.
- Tarjetas de Módulos I/O - Actualizable en campo sin retirar los medidores instalados, incluyendo puerto Ethernet 100BaseT.
- Velocidad de muestreo de hasta 512 muestras por ciclo en los 6 canales, para la grabación de forma de onda.
- Compensación de pérdidas en Transformador / línea.

En la figura 2.2 se muestra la representación física del medidor multifunción Shark 200.



Figura 2. 2: Medidor Shark 200
Fuente: Electro Industries, Gauge Tech (2010)

2.8. Procedimientos para la aplicación de técnicas

Los procedimientos propuestos para las técnicas mencionadas anteriormente se realizaron teniendo en consideración las normas y estándares nacionales, internacionales e investigaciones anteriores relacionadas a la problemática planteada.

2.8.1. Procedimiento para la técnica de medición

Haciendo referencia la metodología propuesta por (Cervantes, 2014), se plantea el siguiente procedimiento de medición de calidad de energía eléctrica:

2.8.1.1. Monitoreo de Calidad de Energía Eléctrica

El monitoreo, recopilación y análisis de datos en las mediciones de calidad de energía eléctrica nacen de la necesidad de controlar y mejorar el rendimiento en el sistema de energía.

2.8.1.2. Consideraciones para realizar el monitoreo

Antes de realizar cualquier medición, la primera consideración a tener en cuenta deben ser los objetivos del monitoreo ya que a partir de estos se pueden determinar aspectos importantes para la medición, como por ejemplo:

- Selección de equipo de medición.
- Posibles causas de las distorsiones.
- Parámetros y límites de los umbrales.
- Métodos y necesidades de almacenamiento de los datos medidos.

2.8.1.3. Inspección y recopilación de datos del sitio a monitorear

El estudio visual y datos de instalación como conexiones a tierra, inspección de cableados, tensiones y corrientes presentes en el sistema.

2.8.1.4. Lugares para conexiones de equipos

Conectar el analizador de red en la entrada de suministro de energía, es decir donde se encuentra el PCC (Punto de Conexión Común) recomendado por la norma IEEE-519.

2.8.1.5. Selección de equipos de medición

Existen dos tipos principales de analizadores de redes eléctricas:

- SNA (Scalar Network Analyzer)-Analizador de redes escalar, mide propiedades de amplitud de ondas de los parámetros de Calidad de Energía Eléctrica.
- VNA (Vector Network Analyzer)-Analizador de redes vectoriales, mide propiedades de amplitud y fase.

Hay una serie de factores y requerimientos importantes que deben ser considerados al momento de seleccionar el instrumento de medición de calidad de energía:

- Número de canales (tensión y / o corriente)
- Datos de temperatura del instrumento
- La robustez del instrumento
- Rango de tensión de entrada (por ejemplo, de 0 a 600 V)
- Requisitos de alimentación
- Capacidad para medir tensiones trifásicas
- Aislamiento de entrada
- Capacidad para medir corrientes
- Tipo de montaje del instrumento (portátil, de montaje en rack, tablero)
- Facilidad de uso (interfaz de usuario, capacidad de gráficos)
- Documentación
- Capacidad de comunicación y conectividad (módem, interfaz de red)
- Software de Análisis

La flexibilidad (amplitud) del instrumento también es importante, cuantas más funciones se puedan realizar con un solo instrumento, menor será el número de instrumentos que se requieran. Es decir un costo menos y mucho más sencillo a la hora de recopilar y analizar los datos medidos.

2.8.1.6. Duración de la medición

(CONELEC-004/01, 2014) manifiesta que: “A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos”.

2.8.1.7. Determinación de límites de medición en el equipo

Los analizadores de red son diseñados para detectar parámetros anormales de un sistema eléctrico por medio de los límites y estándares definidos por las normas establecidos con respecto a la Calidad de Energía Eléctrica.

2.8.2. Procedimiento para la técnica del cálculo

A continuación se detalla el método para el cálculo del rendimiento de un grupo electrógeno, para el resto de cálculos se debe aplicar las formulas explicadas en el capítulo 1 de la presente investigación.

Cálculo del rendimiento de un Grupo Electrógeno

Según (Leenhouts, s.f.), cuando un grupo electrógeno incurre en pérdidas, su eficacia es menor al 100 por ciento. El rendimiento de un grupo electrógeno está determinada por la potencia del circuito de carga y los vatios totales producidos por el generador. Se expresa en porcentaje ya que estás dividiendo unidades de energía entre unidades de energía. Para la mayoría de los generadores eléctricos comerciales, esta relación puede ser mayor al 95 por ciento.

Los pasos para el cálculo del rendimiento de un grupo electrógeno son:

1. Determina la cantidad de combustible consumido por el generador en una hora. Puedes utilizar una tabla sobre consumo de combustible diésel para calcular la cantidad de combustible que se utiliza en una hora por generadores de diferentes tamaños.
2. Determina la carga total de energía eléctrica consumida durante una hora. Esto puede hacerse conectando un medidor de kilovatios por hora en la salida del generador, o leyendo la etiqueta de salida eléctrica en el generador.
3. Convierte la cantidad de combustible utilizado a unidades termales británicas o BTU según sus siglas en inglés. El Laboratorio Nacional Oak Ridge tiene un cuadro con el número de BTU, según diversos tipos de combustibles fósiles.
4. Transforma el valor BTU del combustible a kilovatios por hora, mediante el factor de conversión $1 \text{ kWh} = 3\,413 \text{ BTU}$.

5. Divide la salida del generador en kWh entre el valor de entrada del combustible en kWh. Multiplica esta cifra por 100 para expresarlo en porcentaje.

2.8.3. Procedimiento para la técnica del software

El sistema de adquisición de datos a través del software consta de dos componentes principales:

- Medidor multifunción Shark 200.
- Computador portátil con el programa Communicator EXT.

El software Communicator EXT®, es una herramienta informática que nos permite realizar un mejor análisis, ya que ofrece una amplia gama de aplicaciones que permiten la visualización más detallada, de los parámetros de calidad de energía eléctrica.

Cuando el medidor Shark 200 está encendido durante 10 segundos, se puede conectar con el medidor con la configuración predeterminada inicial de fábrica (incluso si el perfil del dispositivo ha sido cambiado). Después de 10 segundos, el dispositivo vuelve al perfil real de perfil de dispositivo en uso. Esta es una manera en la que siempre se puede conectar con el medidor.

Como conectarse

1. Abrir el software Communicator EXT.
2. Pulse el icono conectar.

Se abre la pantalla de Conexión, mostrando 2 tipos de conexión: Serial Port y Network, siendo la última la utilizada para la presente investigación en vista de que suministra mayor velocidad en la transmisión de la información y está certificado bajo la norma IEC 61850, la cual es una solución completa a la automatización de subestaciones, cubre los aspectos sobre ingeniería, protocolos de comunicación e intercambio de información entre herramientas informáticas de distintos fabricantes.

La configuración por default del medidor Shark 200 se muestra en la figura 2.3.

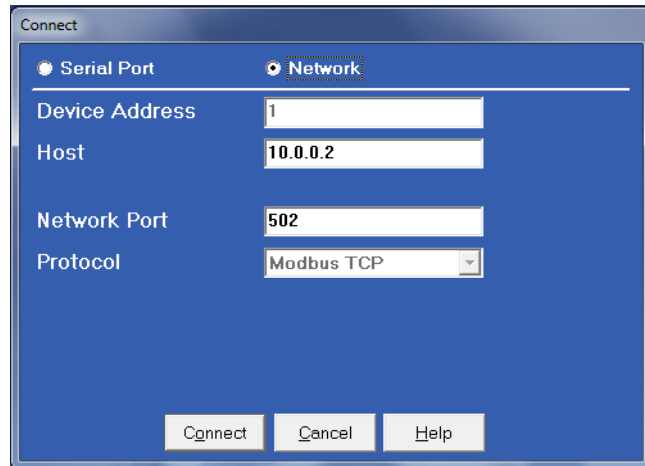


Figura 2. 3: Conexión medidor Shark 200
Fuente: Investigador (2016)

3. Pulse el botón Conectar.

La pantalla de Estado del Dispositivo aparece, lo que confirma la conexión con el medidor, ver figura 2.4.

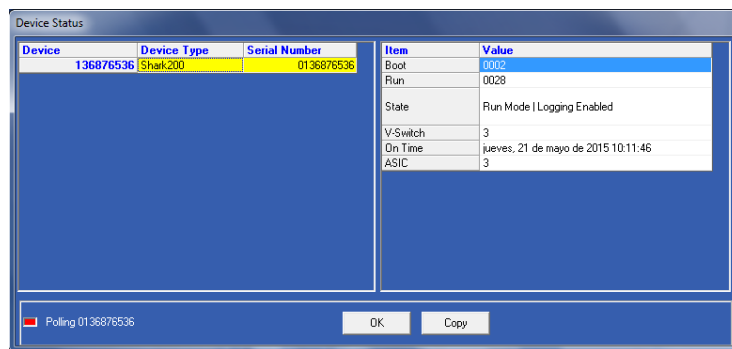


Figura 2. 4: Estado del dispositivo
Fuente: Investigador (2016)

4. Pulse OK

Seguidamente aparecerá una nueva ventana como la que se muestra en la figura 2.5



Figura 2. 5: Pantalla inicial de Communicator EXT
Fuente: Investigador (2016)

5. Pulse el icono de Perfil en la barra de título. Verá la pantalla Perfil del medidor Shark 200, tal como se muestra en la figura 2.6.

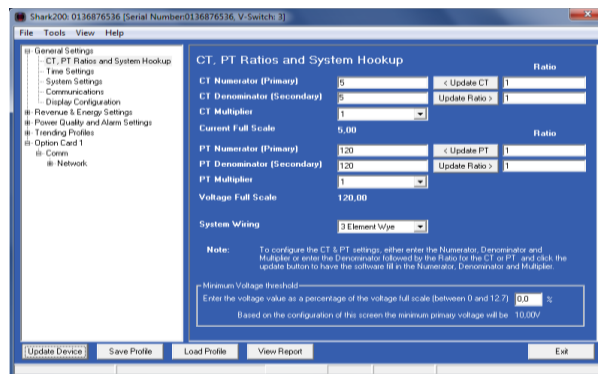


Figura 2. 6: Perfil del medidor Shark 200
Fuente: Investigador (2016)

La parte izquierda del menú de la pantalla le permite navegar entre las pantallas de configuración.

6. Pulse en Comunicaciones. Verá la pantalla que se muestra en la figura 2.7. Haga los cambios necesarios en la configuración

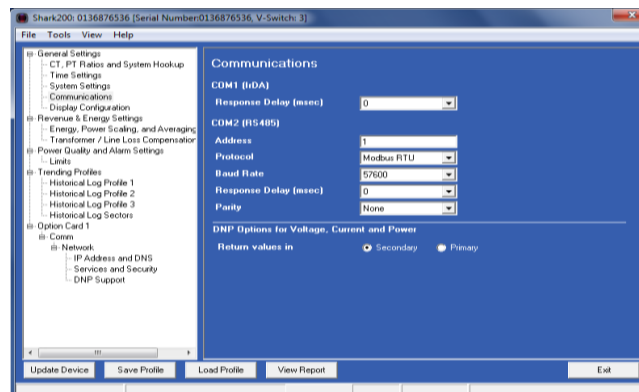


Figura 2. 7: Configuración de comunicación
Fuente: Investigador (2016)

Ajustes válidos de comunicación se muestra a continuación

- **COM1 (IrDA)**

Retardo en la respuesta (0-750mseg).

- **COM2 (RS-485)**

Address: (1-247)

Baude Rate: (9600; 19200; 38400; 57600)

Protocol: Modbus ASCII o RTU

Retardo en la respuesta (0-750mseg).

7. Cuando los cambios estén completos, pulse en el botón Actualizar el Dispositivo, para enviar un nuevo perfil al dispositivo.
8. Pulse Salir, para salir del Perfil del Dispositivo, ó pulse en otros elementos para cambiar otros aspectos del Perfil del Dispositivo.

2.9. Procedimientos para validar la calidad de los datos obtenidos

Para poder contar con datos válidos con una alta integridad, se debe seguir estrictamente el mantenimiento de equipos y su calibración respectiva, estas recomendaciones son el punto de partida para la obtención de datos confiables. Las actividades previas que se realizan antes de la validación final del dato son:

1. Verificación y calibración del equipo a usar para la medición.

Este es el proceso más importante en la medición porque la adecuada verificación del equipo de monitoreo es esencial para obtener datos precisos y reproducibles de calidad de energía. Se debe verificar que el medidor utilizado esté certificado con estándares de referencia.

2. Montaje e instalación del equipo para la medición.

La instalación del medidor debe ser hecha por personal calificado, quien deberá seguir las Normas y procedimientos durante todo el proceso de instalación.

3. Configuración del equipo de medición.

Dentro de las principales configuraciones que se debe realizar en el equipo de medición se mencionan las siguientes:

- Configuración de sistemas trifásicos.
- Configuración de los transformadores de corriente (CT).
- Configuración de los parámetros de comunicación.
- Configuración de parámetros de energía y potencia.
- Configuración de límites y umbrales de medición.
- Configuración de la forma de onda y calidad de energía.
- Configuración de los registros históricos, etc.

4. Duración de la medición

La medición será de siete (7) días continuos según indica (CONELEC-004/01, 2014).

5. Recolección de la muestra.

El medidor deberá tener una exactitud de +/- 0.2 %, es decir debe cumplir los requisitos de precisión de la norma IEC 62053-22 (Clase 0,2 %) y ANSI C12.20 (Clase 0,2 %). El medidor tendrá una exactitud de medición de frecuencia de no menos de 0.001 Hz. El medidor deberá proveer verdaderas mediciones de tensión (RMS), fase a neutro y de fase a fase.

6. Procesamiento y almacenamiento de muestras.

El medidor debe proporcionar una grabación simultánea de forma de onda de tensión y corriente. El medidor debe ser capaz de grabar 512 muestras por ciclo para una caída y subida súbita de tensión o para un evento de falla de corriente.

7. Recuperación de los registros históricos.

Esta opción está disponible una vez que el medidor SHARK 200 se sincroniza con la PC por medio del software Communicator EXT®.

Los históricos permiten un visualización más precisa de los datos a diferencia de los obtenidos de los displays, cuando se realiza una medición en tiempo real, por lo que se recomienda el uso de estos en caso de realizar un análisis más detallado.

2.10. Procedimientos, técnicas y métodos para el tratamiento de los datos y obtención de información y conocimiento.

Una vez que los datos son sincronizados en el computador a través del software Communicator EXT, el análisis de los datos en tiempo real se efectúa a partir de la representación gráfica de los parámetros eléctricos que suministra el software, lo dicho anteriormente se puede visualizar desde la pantalla polling, en donde además muestra diferentes parámetros en cuanto a consumo de energía: voltaje, corriente, frecuencia, potencias, formas de onda, etc. tal como se muestra en la figura 2.8.

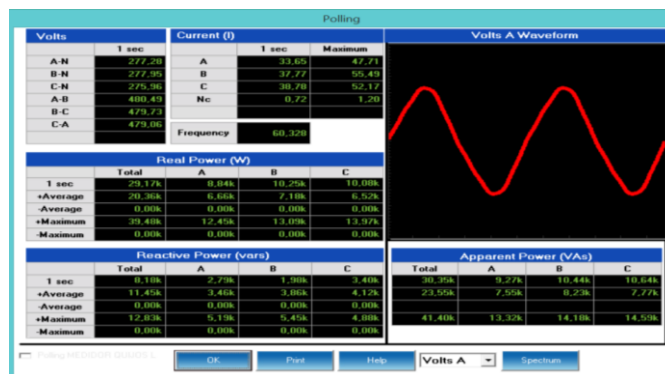


Figura 2. 8: Pantalla de forma de onda
Fuente: Investigador (2016)

Además se realiza una comparación de las mediciones con los resultados que arrojan las formulas descritas en el capítulo 1 y adicionalmente se realiza el análisis pertinente de cada uno de los parámetros de calidad de energía eléctrica almacenados en los registros del medidor Shark 200, para lo cual se debe realizar una recuperación de registros históricos.

Para recuperar los registros de medidor y convertirlos para la visualización y análisis, se debe realizar lo siguiente:

1. Click en el icono “Retrieve Logs”, aparecerá la siguiente pantalla (ver figura 2.9), dar click en los registros que se desea recuperar en la columna Retrieve Logs. Communicator EXT solo recuperará los registros que contengan visto en la columna.

Log	% In Use	# Records	Max Records	Record Size	Newest Record	Logging Started	Retrieve Log	Status
Historical 1	100.0%	9095	9095	30	23/05/2015 16:45:00	17/02/2015 23:15:00	<input type="checkbox"/>	Available
Historical 2	100.0%	13645	13645	18	23/05/2015 16:45:00	01/01/2015 12:00:00	<input type="checkbox"/>	Available
Historical 3	100.0%	13645	13645	18	23/05/2015 16:45:00	01/01/2015 12:00:00	<input type="checkbox"/>	Available
Alarm Log	0.2%	6	4094	10	23/05/2015 16:11:36	23/05/2015 16:06:45	<input type="checkbox"/>	Available
System Events	1.3%	42	3275	14	23/05/2015 16:47:35	19/08/2013 15:33:25	<input checked="" type="checkbox"/>	Available
I/O Change	0.0%	0	4094	10		19/08/2013 15:33:25	<input type="checkbox"/>	Available

Polling
 Retrieval Mode:

Figura 2. 9: Menú de recuperación de registros

Fuente: Investigador (2016)

2. Hacer click en “Retrieve” el software comenzará a recuperar parcialmente los registros, aparecerá la siguiente pantalla (figura 2.10).

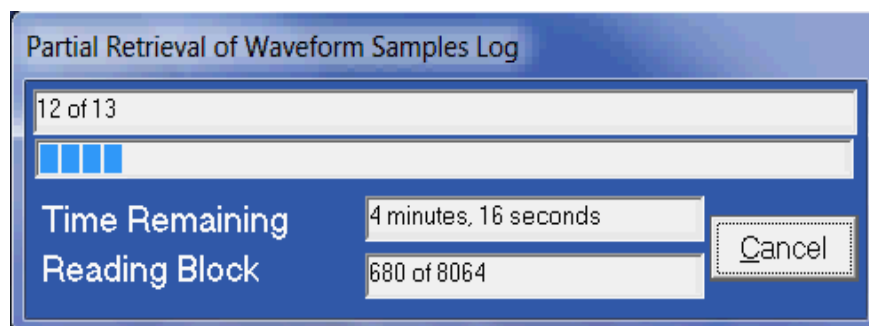


Figura 2. 10: Recuperación parcial de registros

Fuente: Investigador (2016)

- Después que el programa ha recuperado los registros, automáticamente, se ejecuta la aplicación para convertir los registros y un mensaje de conversión exitosa se mostrará, ver figura 2.11.



Figura 2. 11: Conversión exitosa
Fuente: Investigador (2016)

- Automáticamente correrá el visor de registros, tal como se muestra en la figura 2.12.



Figura 2. 12: Visor de registros
Fuente: Investigador (2016)

- Dar click en “Times Range”, se mostrará la ventana que permite seleccionar varios rangos de tiempo (ver figura 2.13), para tener una fracción específica del total del registro de históricos, seguidamente dar click en OK, y regresará a la pantalla principal.

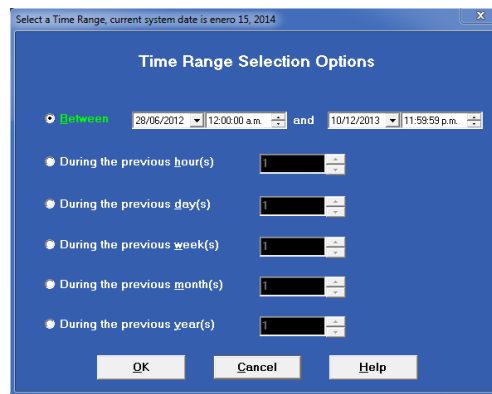


Figura 2. 13: Ventana de selección de rangos de tiempo
Fuente: Investigador (2016)

6. En la pantalla principal hacer click en “data points” para seleccionar los datos a visualizar, añadir de la pestaña “Add” los parámetros que se quieren visualizar de la base de datos, tal como se muestra en la figura 2.14 y dar click en OK.

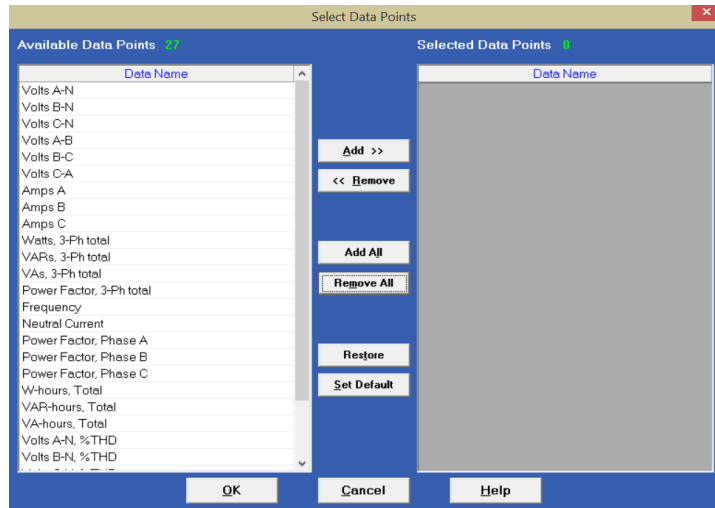


Figura 2. 14: Ventana para la selección de parámetros
Fuente: Investigador (2016)

7. En la pantalla principal dar click en la pestaña “Historical Trends”, una ventana de aviso aparecerá tal como se muestra en la figura 2.15 y dar click en la pestaña “Graph”.

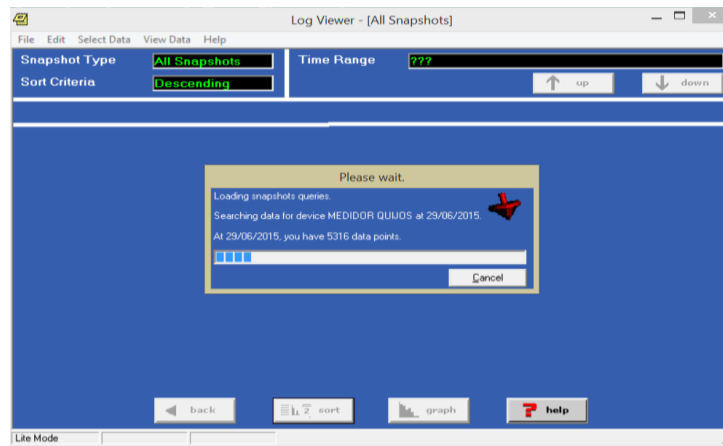


Figura 2. 15: Cargando datos a graficar
Fuente: Investigador (2016)

8. Una nueva ventana aparecerá, tal como se muestra en la figura 2.16, en donde se debe añadir los parámetros eléctricos a graficar.

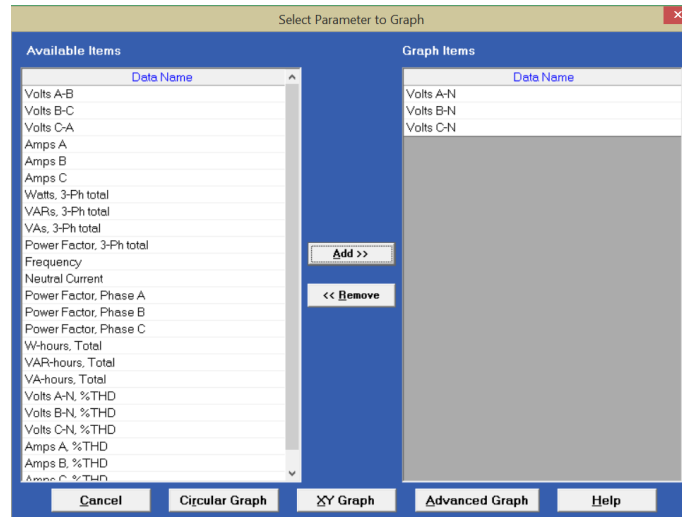


Figura 2. 16: Selección de parámetros a graficar
Fuente: Investigador (2016)

9. Finalmente dar click en las pestaña “Advanced Graph” y se obtendrá las gráficas deseadas, tal como se muestra en la figura 2.17.



Figura 2. 17: Señal graficada
Fuente: Investigador (2016)

2.11. Indicadores a evaluar

Una vez realizado el estudio del estado del arte en normas y estándares nacionales, internacionales e investigaciones anteriores relacionadas a la problemática planteada, se ha considerado los siguientes indicadores a ser evaluados, los mismos que fueron descritos previamente en la matriz de operacionalización de variables. El voltaje, corriente, perturbaciones, factor de potencia y frecuencia fueron analizados a través de las representaciones graficas que ofrece el software

Communicator EXT el cual interpreta las mediciones hechas por el medidor multifunción Shark 200 por un periodo de 7 días continuos tal como recomienda la normativa del CONELEC.

1. Voltaje del generador

A parte de las mediciones obtenidas con el medidor Shark 200, se realizó el cálculo pertinente con la ecuación 1.3 de regulación de voltaje definido en el capítulo 1 de la presente investigación, que indica el número significativo de cambio de voltaje esperado en las terminales entre la condición de vacío y a plena carga.

2. Factor de potencia

Además de la medición obtenida en el medidor Shark 200, el factor de potencia se puede obtener aritméticamente aplicando la ecuación 1.2 que relaciona la potencia activa con la potencia aparente citada en el capítulo 1.

3. Frecuencia de fase

Por otra parte, la frecuencia de un grupo electrógeno no necesariamente se conoce a través de las mediciones respectivas durante el funcionamiento del generador, también se puede adquirir mediante equivalencia de la frecuencia del motor a combustión que le sirve como unidad impulsora, para lo cual se aplica la ecuación 1.4 aludida en el capítulo 1 del presente trabajo investigativo.

4. Rendimiento del grupo electrógeno

Para el cálculo del rendimiento de los grupos electrógenos de la estación Quijos, se debe efectuar el procedimiento detallado en el capítulo 1 de esta investigación. Mientras tanto, para determinar la eficiencia del generador se debe evaluar a través de los niveles de voltaje y frecuencia de tal manera que se garantice una energía eléctrica de calidad.

5. Disponibilidad

En la realidad todo equipo sin distinción alguna necesita de mantenimiento, gracias a este indicador es posible conocer los resultados de las acciones de mantenimiento. Con la finalidad de conocer si el equipo está disponible cuando se lo necesita, se debe emplear la ecuación 1.5 explicada en la presente investigación.

6. Tiempo de Respuesta y Tiempo de Transferencia

Es necesario recalcar que al hablar de eficiencia de energía eléctrica de los grupos electrógenos, se debe considerar el tiempo de respuesta y el tiempo de transferencia de carga, cada uno de estos tiempos deben variar de 0 a 300 segundos (ajustables) según el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE, s.f.).

Los tiempos son definidos a continuación y sus mediciones se las realizó con la ayuda de un cronómetro.

- **Tiempo de Respuesta.-** Es el tiempo que se demoran los grupos electrógenos en reaccionar ante una anomalía de la red comercial (la cual puede ser por alto o bajo voltaje, alta o baja frecuencia, pérdida de fase). Este tiempo es considerado desde que se pierde el suministro eléctrico hasta que los generadores alcanzan los valores nominales en tensión y frecuencia.
- **Tiempo de Transferencia.-** Es el tiempo necesario para que el motor del grupo electrógeno una vez puesto en marcha y estabilizado, tanto en voltaje como en frecuencia, sea capaz de tomar la carga fundamental y realizar la transferencia de la carga de la red comercial al motor generador.

2.12. Conclusiones del capítulo

- Se indagó las diferentes modalidades, formas, tipos, métodos y técnicas de investigación para la obtención de la información, destacándose como técnicas: la medición, el cálculo y el software para la interpretación gráfica de los resultados.
- Se establece al medidor multifunción SHARK 200 como instrumento tecnológico usado para la obtención de los datos, ya que entre sus principales características se tiene: una velocidad de muestreo de 512 muestras por ciclo, cumple con los estándares ANSI C12.20 e IEC 62053-22 (0,2 %), posee un puerto de comunicación ethernet, lo cual garantiza fiabilidad en la transmisión de la información.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se presenta los resultados de las mediciones obtenidos durante el periodo del 14 al 20 de julio del 2015, es decir los 7 días tal como recomienda el (CONELEC-004/01, 2014). Se aplica los métodos de investigación para realizar el diagnóstico de la calidad de energía del suministro eléctrico de los grupos electrógenos, es decir se muestra las gráficas obtenidas con la ayuda del software Communicator EXT, y la comparación de los resultados que arrojan las fórmulas planteadas en el capítulo 1 cuando el caso lo amerite. Adicionalmente se realiza un análisis de la situación actual de funcionamiento del sistema de generación de electricidad de la estación Quijos.

3.1. Resultados de niveles de voltaje

3.1.1. Disturbios de tensión

En la figura 3.1 se observa la imagen capturada desde el software Communicator EXT donde se puede apreciar los disturbios de tensión de los voltajes de línea, teniendo en cuenta que el voltaje nominal es de 480 VCA, claramente se puede comprobar la inestabilidad de energía eléctrica del actual sistema de generación que además se encuentra por debajo de su valor nominal.



Figura 3. 1: Disturbios de tensión
Fuente: Investigador (2016)

Según la figura 3.1 la tensión oscila entre 438 VCA y 479 VCA, lo cual representa una variación de voltaje del 9,36 %. De acuerdo al análisis realizado se puede comprobar que esta variación se encuentra en los límites exigidos por la normativa vigente del CONELEC que es de +/- 10 % del valor nominal (ver anexo 1), es preciso aclarar que el sistema no es óptimo al existir variaciones constantes de voltaje.

3.1.2. Onda de tensión distorsionada

Como se puede apreciar en la figura 3.2, se muestra una perturbación armónica de tensión en la onda de voltaje de la fase B.

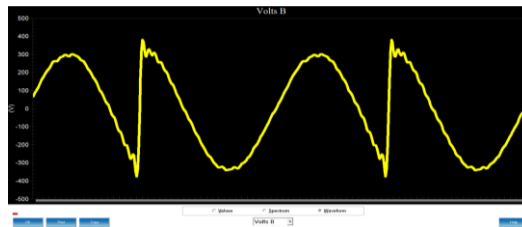


Figura 3. 2: Onda de tensión distorsionada

Fuente: Investigador (2016)

La distorsión armónica que se encuentra presente en el sistema eléctrico es por el uso de equipos electrónicos de potencia, principalmente por una cortadora plasma PRO-CUT 80. Al existir distorsión armónica debido a las cargas no lineales existentes en la estación y no siendo el caso de estudio de la presente investigación, solo se cita su existencia pero no se profundiza en su estudio.

3.1.3. Desbalances

Tal como se puede evidenciar en la figura 3.3 existe un desbalance de cargas y un desbalance de tensión del sistema trifásico.

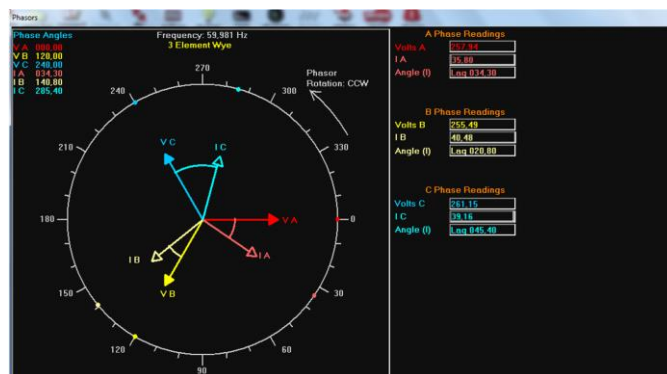


Figura 3. 3: Desbalances

Fuente: Investigador (2016)

Lo dicho anteriormente se esclarece al mencionar que existe un desbalance de cargas del 5,19 % y un desbalance de tensión del 1.14 %. Comprobando de esta manera, que estos valores se encuentran dentro del rango permisibles de la norma que es del 10 % y 2 % respectivamente (ver anexo 1).

3.2. Resultados de niveles de corriente

Por otra parte, en lo que respecta a niveles de corriente se puede observar en la figura 3.4 que existe un comportamiento de la carga variable en el tiempo.

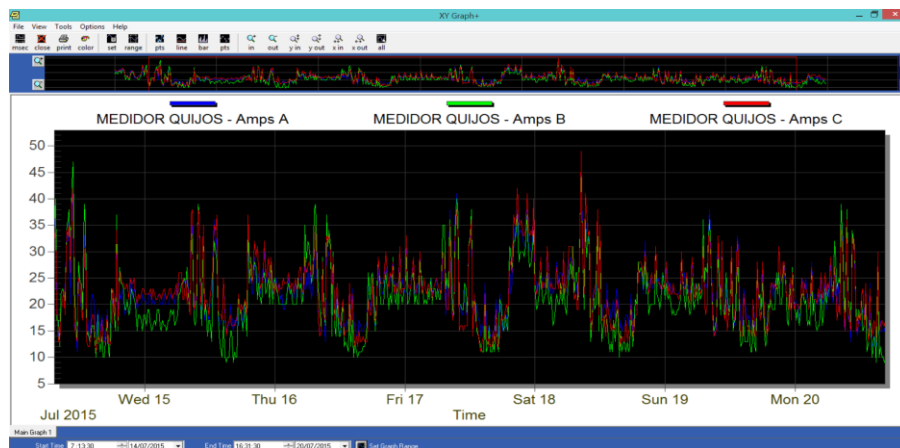


Figura 3. 4: Niveles de corriente
Fuente: Investigador (2016)

De acuerdo a los niveles de corriente mostrados en la figura 3.4 se puede decir que el generador está trabajando aproximadamente entre el 6 % y 28 % del valor nominal (180 A). Cabe indicar que el valor óptimo de consumo es de 126 A, es decir cuando el generador alcanza su máximo rendimiento (85 %), según muestra la curva de rendimiento de la figura 3.5.

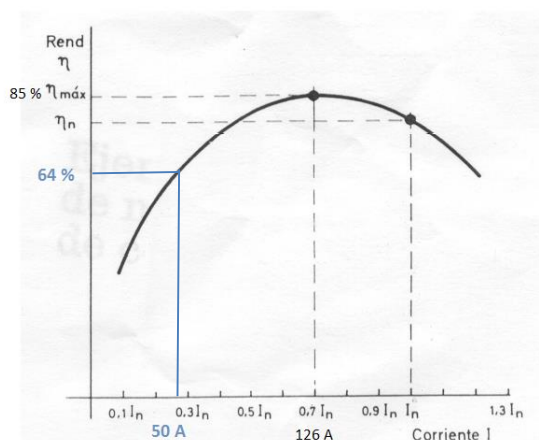


Figura 3. 5: Curva de rendimiento del generador
Fuente: Murillo (2006)

De acuerdo a la curva de rendimiento del generador y en base al consumo máximo de las cargas que es de 50 A. se puede decir que el generador tiene un factor de uso de aproximadamente del 64 %.

3.3. Resultados del factor de potencia

Otro de los parámetros de calidad de energía a ser evaluados es el factor de potencia, en la figura 3.6 se visualiza el valor medido del factor de potencia que es de 0,837.

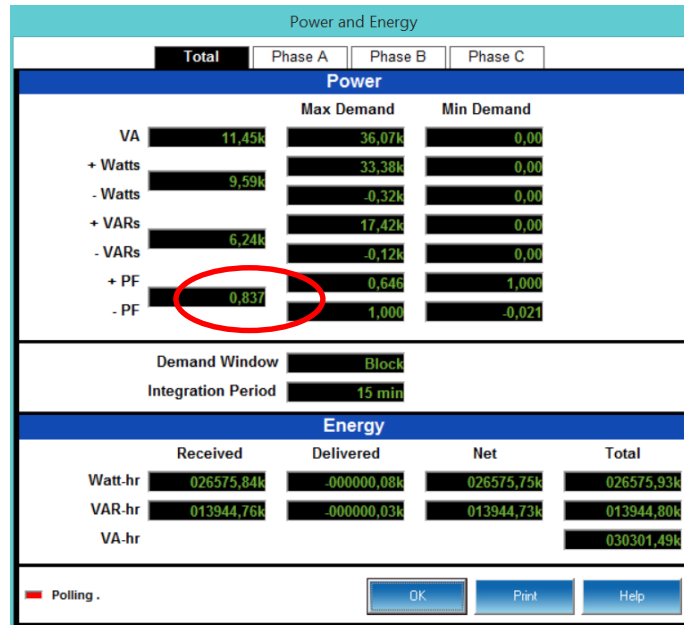


Figura 3. 6: Factor de potencia
Fuente: Investigador (2016)

De acuerdo a las mediciones realizadas se ha observado que existe una variación del factor de potencia que va desde 0,77 hasta 0,88, ratificando que este valor se encuentra por debajo de lo que recomienda la norma (0,92).

Adicionalmente se puede comparar el resultado del factor de potencia medido por el analizador Shark 200 con el resultado que arroja la ecuación 1.2 del presente documento, la misma que tiene una relación de la potencia activa con la potencia aparente.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{9,59kW}{11,45kVA} = 0,837$$

Los anteriores conceptos se esclarecen al confirmar que los valores medidos y calculados son iguales.

3.4. Resultados de frecuencia

Tal como se puede visualizar en la figura 3.7, una vez más se puede demostrar que el actual sistema de generación no ofrece estabilidad de energía eléctrica, esta vez con la variación de frecuencia, ya que desde el punto de vista teórico la variación de frecuencia aceptada para ser considerada como energía de calidad es del 5 % pero se deben evitar frecuencias debajo de lo nominal (60 Hz).

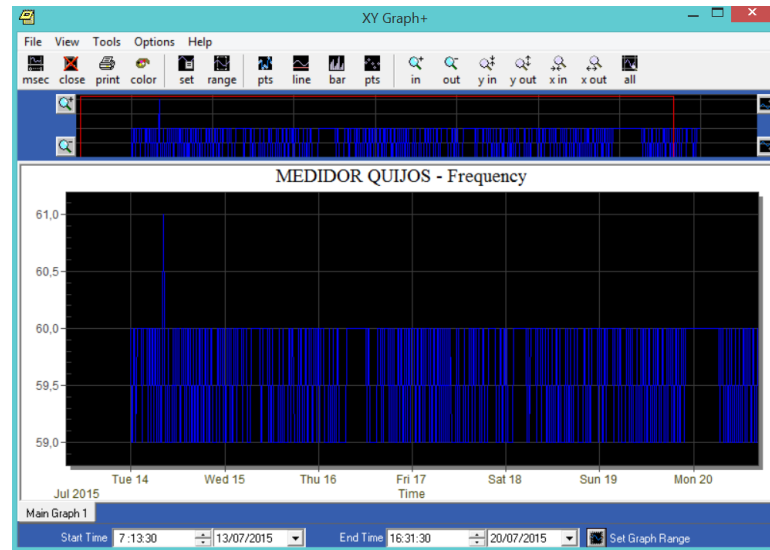


Figura 3. 7: Frecuencia

Fuente: Investigador

Conviene hacer notar que las mediciones de frecuencia presentan una variación donde la frecuencia mínima es 59 Hz y la frecuencia máxima es 61 Hz, encontrándose dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente que es de ± 3 Hz.

3.5. Resultados del rendimiento de un grupo electrógeno

El rendimiento de un grupo electrógeno está determinada por la potencia del circuito de carga y los vatios totales producidos por el generador, este parámetro es expresado en porcentajes.

- La cantidad de combustible consumido es de aproximadamente $0,0104 m^3$ (2,75 galones/hora).
- La carga total de energía eléctrica consumida en el día es de aproximadamente 800 kWh, lo que corresponde a un consumo aproximado en una hora de 33,33 kWh.

- La cantidad de combustible utilizado a unidades termales británicas o BTU es de 458 647,53 BTU
- Transformando el valor BTU del combustible a kilovatios por hora es 134,38 kWh
- Dividiendo la salida de energía del generador en kWh entre el valor de entrada del combustible en kWh se obtiene:

$$\eta = \frac{\text{Potencia salida}}{\text{Potencia entrada}} = \frac{33,33 \text{ kWh}}{134,38 \text{ kWh}} = 0,25$$

- Finalmente este valor es multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje.

$$\% \eta = 0,25 * 100 = 25,00 \%$$

Una vez realizado el procedimiento indicado, se obtiene que el rendimiento de cada grupo electrógeno es del 25,00 %. Por lo que se entiende que los grupos electrógenos están sobredimensionados.

3.6. Resultados de disponibilidad antes de la propuesta

Para llevar a cabo el cálculo de la disponibilidad de los grupos electrógenos de la estación Quijos, se utiliza las ecuaciones planteadas en el capítulo 1 de la presente investigación.

Las fuentes de información para la obtención de datos son: Sistema Main Tracker, bitácora de operaciones e informes semanales de turnos de trabajo de mantenimiento eléctrico durante el periodo de enero a julio del 2015, adicionalmente en el anexo 2 se adjunta la información necesaria para el mencionado cálculo.

Disponibilidad del grupo electrógeno 1301:

Tiempo Promedio Para Fallar:

$$TPPF = \frac{\text{Cantidad de horas operadas}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{206}{13} = 15,85$$

Tiempo Promedio Para Reparar:

$$TPPR = \frac{\text{Cantidad de horas de falla}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{19}{13} = 1,46$$

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPRR} \times 100 = \frac{15,85}{15,85 + 1,46} \times 100 = 91,57 \%$$

Dicho de otra manera, se puede decir que el grupo electrógeno 1301 tiene una disponibilidad del 91.57 %.

Disponibilidad del grupo electrógeno 1302:

Tiempo Promedio Para Fallar:

$$TPPF = \frac{\text{Cantidad de horas operadas}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{219}{13} = 16,85$$

Tiempo Promedio Para Reparar:

$$TPRR = \frac{\text{Cantidad de horas de falla}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{35}{13} = 2,69$$

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPRR} \times 100 = \frac{16,85}{16,85 + 2,69} \times 100 = 86,23 \%$$

Mientras tanto, en lo que respecta al grupo electrógeno 1302 se tiene el 86,23 % de disponibilidad, es importante recalcar que este grupo electrógeno tiene un porcentaje de disponibilidad menor al grupo electrógeno 1301, en vista de que durante el periodo analizado se obtuvo un problema en el motor a combustión interna que provoco un paro del equipo de 15 horas, esto no se debe descartar ya que el motor a combustión interna es la parte impulsora del generador, dicho de otra manera, no puede funcionar el uno sin el otro.

Según (Armenteros, s.f.), un grupo electrógeno al ser considerado una máquina de emergencia que es utilizada cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica debe tener una disponibilidad superior al 90 %. De acuerdo a los resultados se puede comprobar que solo un grupo electrógeno cumple con esta recomendación.

3.7. Resultados de tiempo de respuesta

En el actual sistema de generación de la estación Quijos, el tiempo que se demoran los grupos electrógenos en reaccionar ante una pérdida de energía es de aproximadamente 45 segundos, este tiempo es considerado desde que se pierde el

suministro eléctrico hasta que los generadores alcanzan los parámetros nominales de generación (tensión y frecuencia). Esto siempre y cuando no haya surgido ningún inconveniente en el momento de arranque del grupo electrógeno.

3.8. Resultados de tiempo de transferencia

Una vez alcanzado los parámetros nominales de generación, el tiempo aproximado de transferencia para toma de carga es de 5 segundos, todo este proceso se lleva a cabo bajo el control de un controlador lógico programable (PLC).

Cabe mencionar que estos tiempos están dentro de los parámetros recomendables (0 a 300 segundos), adicionalmente el tiempo total para que un grupo electrógeno tome carga es de aproximadamente 50 segundos desde que se pierde el suministro eléctrico, siempre y cuando no exista ningún inconveniente o falla en el transcurso de este proceso.

3.9. Incidencia de la calidad de energía eléctrica sobre la eficiencia eléctrica suministrada por los grupos electrógenos.

Una vez realizado el análisis de resultados al aplicar los métodos de investigación, se puede precisar que el actual sistema de generación si garantiza un suministro de energía eléctrica, pero el sistema no es óptimo al existir variaciones de voltaje en límite de lo exigido por la norma vigente y por lo tanto puede provocar mal funcionamiento de los equipos computacionales, eléctricos, de instrumentación, de control y de comunicaciones del sistema de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (SCADA) existente en la estación, causando los efectos antes mencionados en la justificación de esta investigación. Adicionalmente los tiempos de respuesta ante los constantes fallos de la red del interconectado son un tanto elevados por lo que no se puede hablar de una eficiencia eléctrica suministrada por los grupos electrógenos.

3.10. Propuesta de modelos para resolución del problema planteado

Al implementarse un sistema automatizado en los grupos electrógenos, permitirá incrementar la estabilidad y la eficiencia de la energía que suministra, al contar con tecnología actualizada se garantizará una energía eléctrica de calidad y mayor disponibilidad del sistema de generación de electricidad de la estación Quijos.

Para mejorar la calidad de energía eléctrica, se propone el cambio de las antiguas tarjetas reguladoras de voltaje por tarjetas AVR que permitan mantener constante la tensión de salida del generador entre determinados rangos de frecuencia y de carga ya preestablecida, en cuanto a las nuevas tarjetas se refiere, estas deben poseer las siguientes características:

- En los casos de sobrecargas transitorias en los que el motor tiende a disminuir su velocidad, el AVR disminuye la tensión de salida proporcionalmente a la pérdida de velocidad, disminuyendo la potencia de salida para dar posibilidad al motor impulsor de recuperarse más rápidamente.
- En caso de producirse una elevación de la tensión de excitación por un tiempo prolongado se debe des-excitar la máquina. Este tiempo es inversamente proporcional al valor de la sobre tensión y para resetear la falla se debe parar por completo el generador y arrancarlo nuevamente. De esta manera se mantendrá el nivel de tensión constante a cualquier condición de carga dentro del valor nominal del generador.

En cuanto a la falta de precisión en la regulación de frecuencia, se propone la implementación de frecuencímetros digitales de tal manera que la regulación de la frecuencia sea lo más aproximado posible a 60 Hz., regulando de esta manera la demanda de la potencia activa.

Por otra parte, la implementación de un sistema automatizado que permita incrementar la disponibilidad del sistema de generación, se lo puede conseguir con la implementación de módulos DSE 7320, no sólo porque tiene la capacidad de monitorear la fuente de alimentación principal (red del interconectado) sino porque también tiene la capacidad de controlar y monitorear la instrumentación del motor a combustión interna, instrumentación de generación, controla las transferencias de carga de red y de generación automáticamente, posee un reloj en tiempo real que permite registrar eventos mostrando fecha y hora de lo ocurrido en el sistema de generación, es completamente programable y configurable mediante software, se dispone de una pantalla Liquid Crystal Display (LCD) lo cual permite visualizar todos los parámetros en forma digital, está compuesto de una robusta carcasa del

módulo que cumple la norma IP 65, etc. Todo lo mencionado anteriormente no se lo puede conseguir con un PLC tradicional, por lo que todo esto se resume en un ahorro económico en la implementación.

3.11. Caracterización de la situación actual del sistema de generación de la estación Quijos

En lo que se refiere al actual sistema de generación de energía eléctrica, su implementación está contemplada en el control y monitoreo de los grupos electrógenos basado en la lógica de relés, contactores y tarjetas electrónicas con tecnología de hace aproximadamente unos 36 años.

Cada grupo electrógeno cuenta con un tablero de control y monitoreo, tal como se puede observar en la figura 3.8. Debido a que existe una gran cantidad de dispositivos y tarjetas electrónicas interactuando para realizar las diferentes tareas de monitoreo y control, la disponibilidad y la eficiencia se ven comprometidas, ya que a mayor cantidad de componentes existentes en el sistema mayor es el riesgo a fallas, especialmente cuando en las tarjetas electrónicas se encuentran instalados un sin número de relés, los cuales están expuestos a vibraciones al entrar el motor en funcionamiento.



Figura 3. 8: Tablero de control y monitoreo de grupos electrógenos
Fuente: EP Petroecuador (2015)

Como se puede apreciar en la figura 3.9 el monitoreo de la instrumentación del motor a combustión está representado en forma analógica, dicha instrumentación está compuesta por: temperatura del motor, presión de aceite, horas de servicio de la máquina y temperatura del escape.



Figura 3. 9: Indicadores análogos del tablero de control y monitoreo
Fuente: EP Petroecuador (2015)

Adicionalmente en la figura 3.10 se puede ver un bloque de alarmas luminosas, pulsadores y un switch para seleccionar el modo de funcionamiento del generador, elementos que se detallan a continuación:

Alarmas luminosas

Indican el estado de las variables del motor del grupo electrógeno, entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Funcionamiento
- Automatismo Bloqueado
- Arranque defectuoso/Perturbaciones
- Control conectado
- Presión del lubricante demasiado baja
- Temperatura del motor demasiado alta
- Número de revoluciones excesivas

Pulsadores

En lo que corresponde a los pulsadores se describen los siguientes:

- Control de señales de alarmas luminosas

- Parada de emergencia
- Arranque manual
- Aviso de desconectado
- Apagar bocina

Switch de selección

El switch de selección sirve para seleccionar el modo de funcionamiento del grupo electrógeno, dentro de los modos se tienen los siguientes:

- Desbloquear
- Arranque a mano
- Automatismo
- Prueba

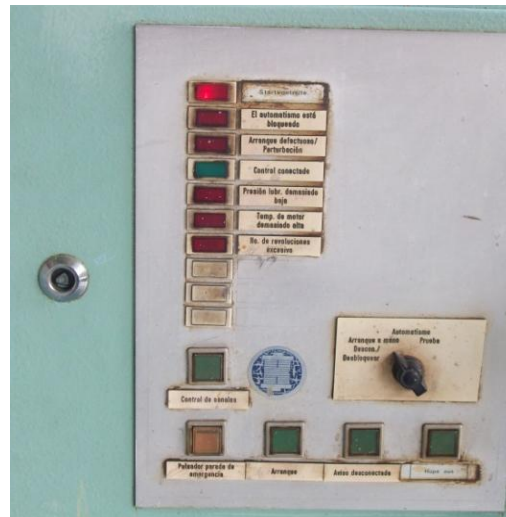


Figura 3. 10: Alarmas, pulsadores y switch de selección del tablero de control y monitoreo

Fuente: EP Petroecuador (2015)

Las alarmas luminosas son comandadas mediante tarjetas inteligentes, las cuales reciben las señales de los sensores de campo y mediante complicados circuitos de monitoreo las procesan para determinar su estado y así activar o desactivar las respectivas alarmas.

En la figura 3.11 se muestra el interior del tablero de control y monitoreo de los grupos electrógenos, donde se alojan las tarjetas electrónicas y los respectivos medidores analógicos.

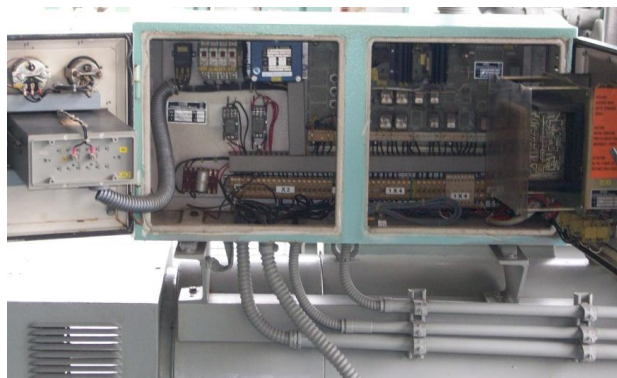


Figura 3. 11: Tablero de control y monitoreo de los grupos electrógenos
Fuente: EP Petroecuador (2015)

El sistema de regulación de tensión de los grupos electrógenos está compuesto por un regulador de la marca AEG tipo TR5D, su función principal es la de mantener constante la tensión de 480 VCA en los bornes principales del generador cuando se aumente o disminuya la carga, en la figura 3.12 se muestra la imagen de la caja donde se encuentra la tarjeta reguladora de tensión conjuntamente con los bornes principales del generador.



Figura 3. 12: tarjeta reguladora de tensión
Fuente: EP Petroecuador (2015)

Adicionalmente en la sala de generación se encuentran instalados los siguientes tableros de control y monitoreo que forman parte del sistema de generación.

- Tablero PLC
- Tablero de transferencia Kuhse

3.11.1. Tablero PLC

Como se puede apreciar el tablero PLC dispone de un controlador lógico programable, del cual no se tiene ningún respaldo, ni clave de acceso a la programación por lo que es imposible reprogramarlo. Como se puede apreciar en el

mencionado tablero se tiene una serie de botoneras las mismas que son poco prácticas y confusas en el momento de la manipulación por parte de los operadores. Es desde este tablero donde se envían las señales para arranque automático o manual de los grupos electrógenos, siempre y cuando el selector del tablero de control y monitoreo se encuentre en la posición indicada. Adicionalmente en este tablero existen una serie de selectores los cuales son manipulados para la respectiva transferencia, ya sea esta automática o manual. Tal como se puede visualizar en la figura 3.13, existen medidores analógicos que monitorean las condiciones de generación de los dos grupos electrógenos (uno a la vez), la visualización de voltajes de línea se consigue con la manipulación de un selector de fases.



Figura 3. 13: Tablero PLC
Fuente: EP Petroecuador (2015)

3.11.2. Tablero de transferencia Kuhse

Es en este tablero donde se realiza la transferencia de carga de uno de los dos grupos electrógenos, en la figura 3.14 se puede evidenciar claramente que las mediciones con carga, tales como: voltajes de fases, corrientes de fases y frecuencia, se presentan en forma analógica, estos datos son interpretados de acuerdo a la apreciación visual de los operadores al momento de la toma de condiciones, promoviendo un margen de error en la lectura de estos datos.

Es necesario recalcar que en este tablero se encuentran dos potenciómetros reguladores de tensión, uno para cada grupo electrógeno, los mismos que no tienen mayor repercusión al momento de la regulación de la tensión.

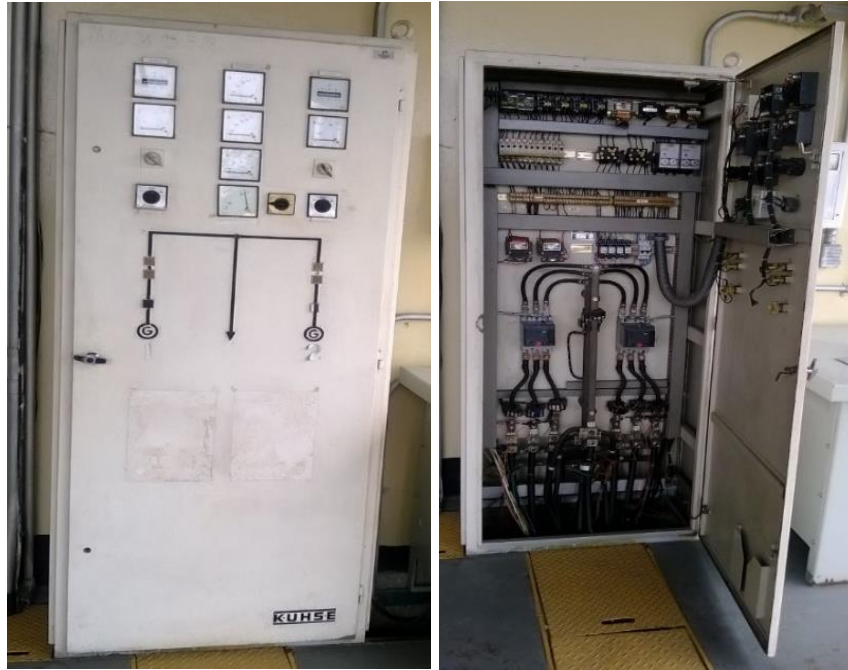


Figura 3. 14: Tablero de transferencia Kuhse
Fuente: EP Petroecuador (2015)

En este tablero se puede visualizar los disyuntores trifásicos motorizados con las respectivas barras del generador 1 y generador 2, y las barras provenientes del contactor trifásico para transferencia de red del interconectado que se encuentra en el tablero PLC.

3.11.3. Funcionamiento

Como se mencionó anteriormente el actual sistema de generación funciona en base a la lógica de relés y contactores, el sistema de arranque y la transferencia de carga de los grupos electrógenos está controlado bajo el autómata DIRECT LOGIC 205 y los tableros de control y monitoreo mencionados anteriormente. Para la puesta en marcha del sistema en general se requiere de la interacción manual de los operadores. Todo el sistema se encuentra implementado en la sala de generación y el registro de datos se debe realizar en el campo en ambientes abrumadores para el operador.

3.12. Detalle de las necesidades para la automatización de grupos electrógenos

Los elementos y señales que se deben tomar en consideración para el diseño de la automatización de los grupos electrógenos son las siguientes:

Entradas Digitales

- Pulsador de parada de emergencia
- Pulsador de reset de alarmas
- Pulsador modo automático
- Pulsador modo manual
- Pulsador de arranque
- Pulsador de parada
- Pulsador de transferencia manual
- Selector de generador activo

Entradas Analógicas

- Señal de alternador
- PT presión de aceite
- RTD temperatura de agua
- RTD temperatura de escape

Salidas Discretas

- Contacto de electroimán
- Contacto de motor de arranque
- Alarma audible

3.13. Análisis de tecnologías para la automatización de grupos electrógenos.

En este punto se va a presentar los resultados obtenidos tras la comparación de diversos parámetros eléctricos y económicos de los diferentes tipos de tecnologías para automatizar grupos electrógenos.

El controlador considerado como una de las opciones para ser utilizado es un PLC M340 de Schneider Electric, Los procesadores de plataforma automatizados M340 gestionan toda la estación PLC, que está formada por módulos de E/S binarias,

módulos de E/S analógicas, módulos de conteo y módulos de comunicación, es decir, tiene una arquitectura modular, posee alta robustez, todos los módulos se pueden cambiar en caliente con la CPU en RUN (excepto la fuente de alimentación y la CPU), se ha considerado este PLC debido a que compañeros de otros poliductos tienen experiencia en el uso de este controlador con muy buenos resultados. Los autómatas M340 tienen un grado de protección IP20. Y su costo es de aproximadamente \$ 4 900,00, según se cotizó a uno de los proveedores.

El software de configuración y programación es el Unity Pro, el mismo que necesita de una licencia para su funcionamiento con un costo aproximado de \$ 7 330,00 lo que aumentaría considerablemente el costo en la implementación.

Como otra de las alternativas se tiene, el módulo DSE 7320 de la marca Deep See Electronics, dicho módulo es encargado de controlar: el encendido, apagado y la transferencia automática de un grupo electrógeno. Posee una pantalla de texto LCD, que permite al operador monitorear la instrumentación sobre el motor, generador y red del interconectado en forma digital, con solo acceder a los menús desplegables. Tiene un grado de protección IP 65 cuando está instalado en un tablero de control con la junta de silicón que se suministra, o IP 42 cuando es instalado sin la junta de silicón. El costo de cada módulo DSE 7320 es de aproximadamente \$ 1 300,00.

El software de configuración es Deep See Electronics Configuration Suite, tiene un lenguaje de programación gráfico y amigable con el usuario y se lo puede descargar gratuitamente desde la página web de Deep See Electronics.

En consecuencia, una vez detallado las características de las posibles tecnologías a hacer utilizadas, es preciso analizar la tecnología más factible, ya sea en el aspecto operativo, económico y sobre todo funcional.

Dado que la implementación de la presente propuesta se trata de la automatización de grupos electrógenos, es muy beneficioso utilizar la tecnología de los módulos DSE 7320, puesto que se trata de una tecnología exclusivamente para grupos electrógenos. Teniendo en cuenta que, la implementación del tablero de control y transferencia es instalado en la sala de generación de la estación Quijos, es conveniente utilizar dispositivos con grado de protección IP 65, adicionalmente

dicho módulo posee una pantalla LCD donde se puede visualizar la instrumentación en forma digital, lo cual es muy favorable al momento de calibrar la frecuencia y el voltaje de los grupos electrógenos. Como se mencionó anteriormente el software de configuración y programación se lo puede descargar desde la web, lo cual no incrementa en costos de la implementación. En lo referente al aspecto económico de acuerdo a cotizaciones realizadas el módulo DSE 7320 es considerablemente más económico.

Por los beneficios manifestados se determina que la implementación de la presente propuesta es realizada con tecnología DSE 7320.

3.14. Conclusiones del capítulo

- Una vez realizado el análisis de resultados, se puede concluir que este sistema de generación no garantiza una estabilidad de voltaje en la energía que suministra ya que existen variaciones de niveles de tensión que se encuentran entre los 438 y 479 VCA y una variación de frecuencia de 59,0 a 61 Hz.
- El actual sistema de generación esta implementado bajo la lógica de relés, contactores y tarjetas electrónicas con tecnología de hace aproximadamente 36 años, debido a que existe una gran cantidad de dispositivos interactuando para realizar las tareas de monitoreo y control la disponibilidad se ve comprometida, ya que a mayor cantidad de componentes del sistema mayor es el riesgo a fallas. Dando como resultado una disponibilidad del 91,57 % y 86,23 % para el generador 1301 y 1302 respectivamente.
- Para el análisis de tecnologías se consideró el PLC M340 y el módulo DSE 7320, estableciendo la tecnología DSE 7320 como la tecnología más factible, ya sea en el aspecto operativo, económico y sobre todo funcional.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA

4.1. Tema

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO MEDIANTE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA DE LOS GRUPOS ELECTROGENOS DE LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO DE LA EP PETROECUADOR DURANTE EL AÑO 2015.

4.2. Justificación

El respaldo energético de la estación Quijos es de vital importancia, debido a las constantes fallas de abastecimiento por parte de la Empresa Eléctrica. Por lo tanto no es posible que se detengan los procesos que conllevan el normal desenvolvimiento del transporte de derivados del petróleo.

Como se mencionó anteriormente, el actual sistema de generación está controlado y monitoreado con tecnología obsoleta. Adicionalmente, en lo que respecta a la calidad de energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos, como principales dificultades de este sistema de control se destacan: la regulación de la corriente de excitación que dificultan la regulación de la potencia reactiva y la tensión en los bornes del generador. Además de la falta de precisión en la regulación de frecuencia dificulta la regulación de la demanda de la potencia activa. Ocasionando de esta manera graves efectos en el equipamiento que controla los grupos principales de bombeo, los cuales son los encargados de bombear los derivados del petróleo.

Por otro lado, el registro de datos o toma de condiciones por parte de los operadores se realiza en la sala de generadores en un ambiente con ruido intenso producido por el funcionamiento de los mismos.

Por lo dicho preliminarmente, es necesario la implementación de un sistema automatizado de los grupos electrógenos, ya que permitirá incrementar la estabilidad y la eficiencia de la energía que proveen. Al contar con tecnología actualizada se garantizará una energía eléctrica de calidad, mayor disponibilidad del sistema de generación de electricidad y una medición en tiempo real de los parámetros más importantes en el Interface Hombre Maquina (HMI) del sistema SCADA existente en la estación Quijos.

4.3. Objetivos

4.3.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar un sistema automatizado con la tecnología más apropiada, que garantice incrementar la eficiencia eléctrica de los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de la EP Petroecuador.

4.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer la factibilidad económica de un sistema de automatización para mejorar la calidad del suministro eléctrico en los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi Quito de la EP Petroecuador.
- Integrar los parámetros del sistema de generación de electricidad a la Interface Hombre Maquina del sistema SCADA existente en la estación.
- Determinar un análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico antes y después de la implementación de la propuesta.

4.4. Estructura de la propuesta

Como estructura de la propuesta se tiene la descripción de los pasos que se llevaron a cabo para alcanzar los objetivos planteados, estos pasos se detallan a continuación:

- Una vez realizado el análisis y seleccionada la tecnología más apropiada, se realizó un análisis de factibilidad económica de un sistema de automatización para mejorar la calidad del suministro eléctrico en los grupos electrógenos de la

estación Quijos. Posteriormente se procedió con la adquisición de los equipos para diseñar y construir el tablero de transferencia en el taller eléctrico y de instrumentación de la estación Osayacu, para finalmente concluir con la automatización de los grupos electrógenos en la estación Quijos.

- La integración de los parámetros de generación al sistema HMI se logró a través de la configuración del DAServer de la plataforma System Management Console y a través de la programación en el software InTouch de Wonderware en las computadoras de control.
- Una vez implementado el sistema propuesto se realizó nuevas mediciones de voltaje y frecuencia con el medidor multifunción Shark 200 por 7 días continuos, tal como recomienda la normativa de (CONELEC-004/01, 2014). Esto, para realizar el análisis comparativo de la estabilidad del nuevo sistema de generación con el sistema anterior.

4.5. Desarrollo de la propuesta

Para el desarrollo de la presente propuesta se ha considerado un sistema de control de lazo abierto ya que la entrada no es afectada o modificada por los valores en la salida del sistema. Sin embargo entre el rotor inductor, campo de inducción y la AVR se estima la existencia interna de un bucle cerrado debido a la regulación del voltaje de salida, tal como se representa en la figura 4.1.

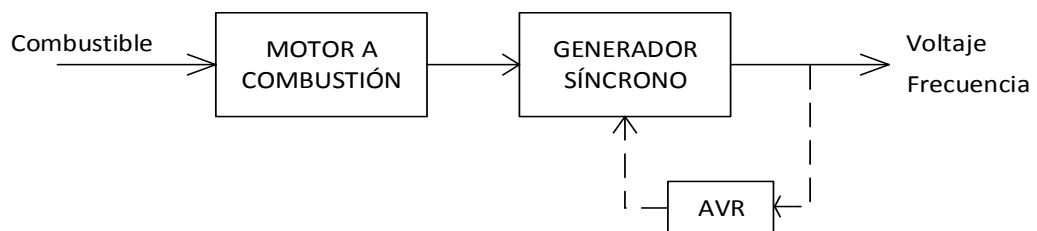


Figura 4. 1: Sistema de control

Fuente: Investigador (2016)

Lo dicho anteriormente se puede aclarar con el esquema del control automático de generación para cada uno de los grupos electrógenos (ver figura 4.2), donde se tiene como variable de entrada el combustible y como variables de salida el voltaje y la frecuencia eléctrica.

Además en el mencionado esquema se agrega las tarjetas de control DSE 7320 y la AVR, el respectivo funcionamiento de las tarjetas se detalla más adelante.

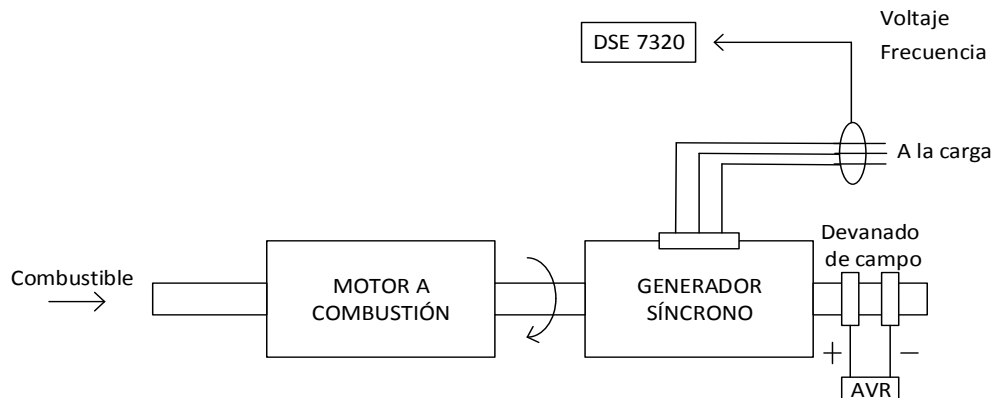


Figura 4. 2: Esquema del control automático de generación
Fuente: Investigador (2016)

4.5.1. Adquisición de dispositivos para el sistema automatizado

Para el desarrollo e implementación de la presente propuesta se utilizó una serie de dispositivos y materiales, varios de los cuales los cuales se detallan a continuación, resaltando las características de los dispositivos más importantes.

4.5.1.1. Módulos DSE 7320

Tarjetas electrónicas de la marca Deep See Electronics modelo DSE 7320, las cuales son encargados de controlar el encendido, apagado y la transferencia automática de los grupos electrógenos. Cada tarjeta DSE 7320 posee una pantalla de texto LCD, que permite al operador monitorear la instrumentación sobre el motor, generador y red del interconectado en forma digital, con solo acceder a los menús desplegables. En la figura 4.3 se puede visualizar una fotografía del mencionado módulo.



Figura 4. 3: Módulo DSE 7320
Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.1.2. Tarjetas AVR SS-053

De las partes del generador, esta es sin duda una de las más importantes. Entre sus funciones están las de controlar y enviar la corriente de excitación del generador, con el fin de mantener constante la tensión de salida en los bornes del generador, entre determinados rangos de frecuencia y de carga ya preestablecidos, de tal manera que se mantenga una estabilidad en el sistema de generación. Este dispositivo controla una corriente de baja intensidad que alimenta los devanados del estator de una excitatriz, la que induce en su rotor una diferencia de potencial que se llevará a un sistema de rectificación. Este llamado puente de rectificación, se encarga de recoger, del devanado trifásico del rotor de la excitatriz una corriente de alto amperaje, para enviarlo al rotor principal del generador rectificadora es decir bipolar (+) y (-). El AVR en el momento del arranque excita el generador a partir de las pequeñas tensiones generadas por el magnetismo remanente. Además garantiza la protección de los devanados rotativos del generador, al producirse sobre excitaciones debidas a las variaciones de frecuencia en el momento del arranque o la parada del motor primario, esto debe realizarlo manteniendo baja la tensión de salida mientras la frecuencia esté por fuera del valor nominal.

En los casos de sobrecargas transitorias en los que el motor tiende a disminuir su velocidad, el AVR disminuye la tensión de salida proporcionalmente a la pérdida de velocidad, disminuyendo la potencia de salida para dar posibilidad al motor de recuperarse rápidamente. El AVR permite ajuste remoto a través de la instalación de un potenciómetro remoto de 1000 OHM, lo cual no aplica en este proyecto, ya que se calibrará previamente los niveles de voltaje. Adicionalmente la AVR censa la potencia reactiva generada a través de un transformador de cuadratura, produciendo una caída de tensión proporcional a los VARs. En la figura 4.4 se muestra la tarjeta AVR.

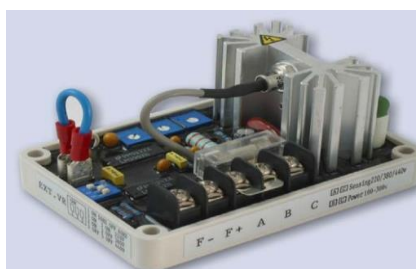


Figura 4. 4: Tarjeta AVR SS-053
Fuente: EP Petroecuador (2016)



Figura 4. 6: Motorizado LV432641
Fuente: EP Petroecuador (2016)

Otros dispositivos utilizados en la implementación se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4. 1: Dispositivos usados en la implementación

Dispositivo	Figura
Breaker V432403	
Contactador LC1-D09	
Pulsadores de paro de emergencia	
Pulsador NA	
Luces piloto	
Selector	
Transformadores de corriente 300/5	

Relés 24 Vcc / Relés 220 Vca	
Relay 54 Vcc	
Diodos rectificadores	
Transformadores de voltaje de 277 Vca a 220 Vca	
Breaker	
Borneras	
Cables	
Canaletas	
Riel DIN	

Fuente: Investigador (2016)

4.5.2. Diseño, construcción e implementación del sistema automatizado para mejorar la eficiencia eléctrica de los grupos electrógeno.

Una vez conocido las necesidades para la implementación del sistema automatizado de los grupos electrógenos se inicia con la construcción del tablero de transferencia.

4.5.2.1. Desarrollo del Hardware.

Diseño y construcción del tablero de transferencia

El diseño y la construcción del tablero de transferencia se llevaron a cabo en el taller eléctrico y de instrumentación de la estación Osayacu, los planos eléctricos del presente diseño se adjuntan en el anexo 3 de este trabajo escrito.

En primera instancia se inició con el montaje e instalación de los componentes que forman parte de este tablero para posteriormente empezar con el cableado respectivo tal como se muestra en la figura 4.7.



Figura 4. 7: Construcción tablero de transferencia (1)

Fuente: EP Petroecuador (2016)

Después de realizar las respectivas conexiones de los diferentes elementos que componen el tablero se realizan pruebas de funcionamiento de la transferencia automática, para lo cual previamente se hizo varias configuraciones de los módulos hasta conseguir el correcto funcionamiento del tablero de transferencia, quedando la programación y configuración de los módulos DSE 7320 tal como se detalla más adelante. En la figura 4.8 se presenta el tablero de transferencia terminado con las respectivas pruebas de funcionamiento, donde se simulo el funcionamiento de los generadores con instrumentación de laboratorio.



Figura 4. 8: Construcción tablero de transferencia (2)
Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.2.2. Desarrollo del Software

La herramienta o software de configuración de los módulos DSE 7320 es el Deep See Electronics Configuration Suite y se puede obtener descargando libremente de la página web de Deep See Electronics, adicionalmente y en forma automática al momento de instalar el software también se instala DSE Controller USB Driver, el cual permite la comunicación USB entre el computador y el módulo DSE 7320.

Este software tiene un lenguaje de programación gráfico y amigable con el usuario. En primera instancia se procede con una descripción de identificación del módulo y la asignación de alarmas luminosas que se activaran en la pantalla principal del módulo DSE 7320. Dichas alarmas se activarán por: temperatura de agua, presión de aceite del motor y cuando el módulo este bloqueado por no estar seleccionado como activo, ver figura 4.9.

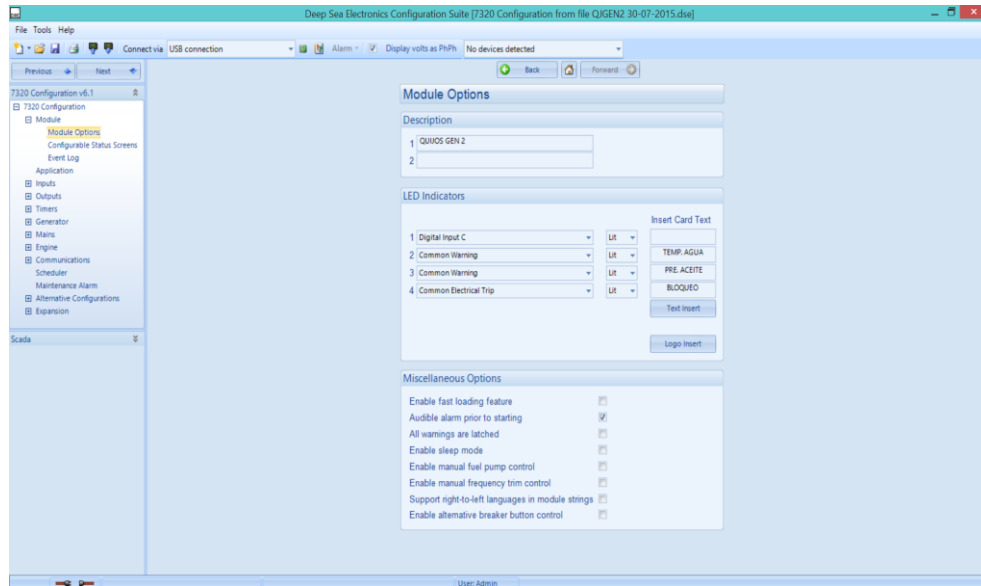


Figura 4. 9: Descripción del módulo DSE 7320
Fuente: Investigador (2016)

Las imágenes que se detallan a continuación indican paso a paso el procedimiento de programación y configuración en las distintas secciones.

En la figura 4.10 se muestra la configuración del estado de la pantalla, donde se selecciona la instrumentación como página de inicio.

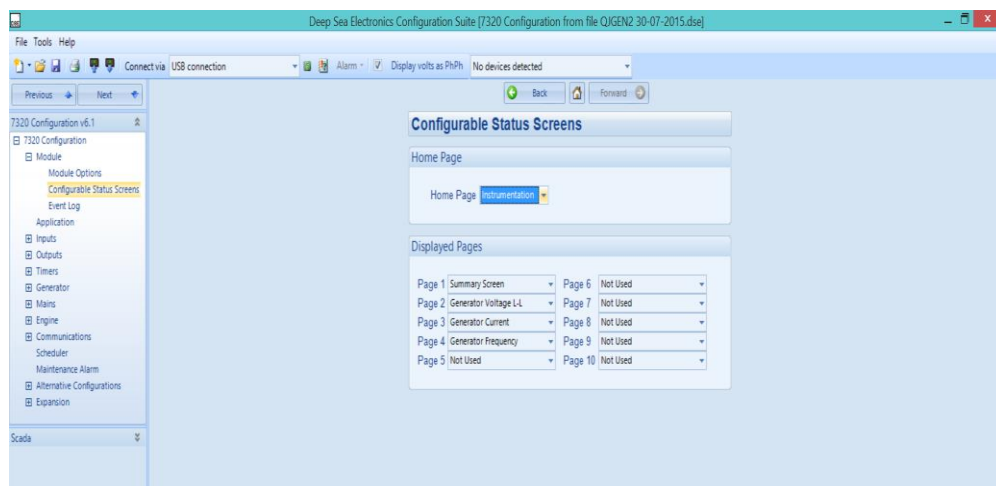


Figura 4. 10: Configuración del estado de la pantalla
Fuente: Investigador (2016)

El display del módulo permite escoger la opción de mostrar las horas de funcionamiento del motor, adicionalmente se registra varios eventos que son seleccionados tal como se muestra en la figura 4.11.

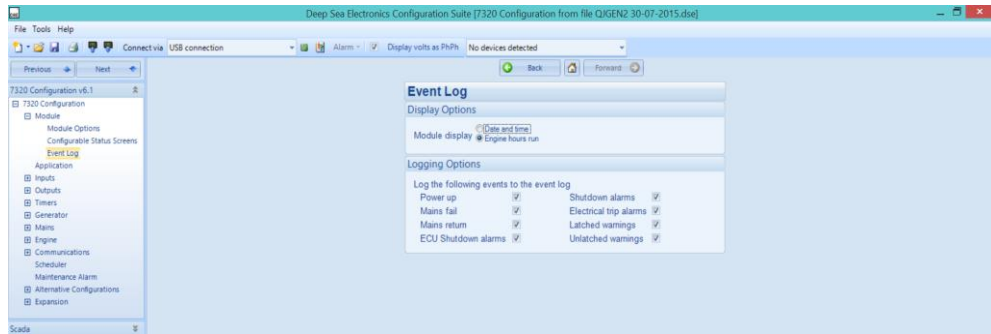


Figura 4. 11: Selección de registro de eventos

Fuente: Investigador (2016)

Se selecciona el tipo de motor, en este caso es un motor a combustión por lo tanto se selecciona un motor convencional, tal como se muestra en la figura 4.12.

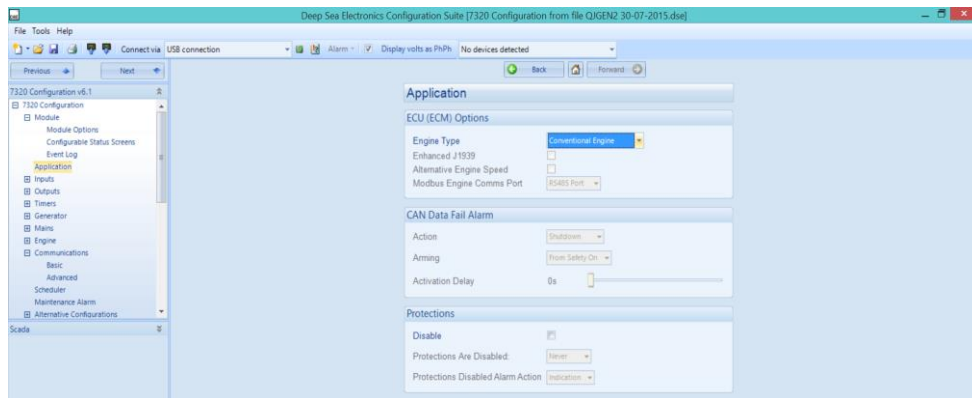


Figura 4. 12: Selección del tipo de motor a combustión

Fuente: Investigador (2016)

Como uno de las entradas del módulo se tiene la presión de aceite del motor a combustión, para lo cual se debe escoger el tipo de sensor a ser utilizado, en caso de no encontrar el indicado se puede personalizar un sensor desde el botón Edit e intercalar la presión vs la resistencia, tal como se muestra en la figura 4.13. Esto se logró gracias a la ayuda de un banco de calibración de presión y un multímetro.



Figura 4. 13: Curva de sensor de presión personalizada

Fuente: Investigador (2016)

Una vez seleccionado el sensor se procede a setear las alarmas por baja presión de aceite del motor, considerando los rangos mínimos según recomienda el manual del equipo, ver figura 4.14.

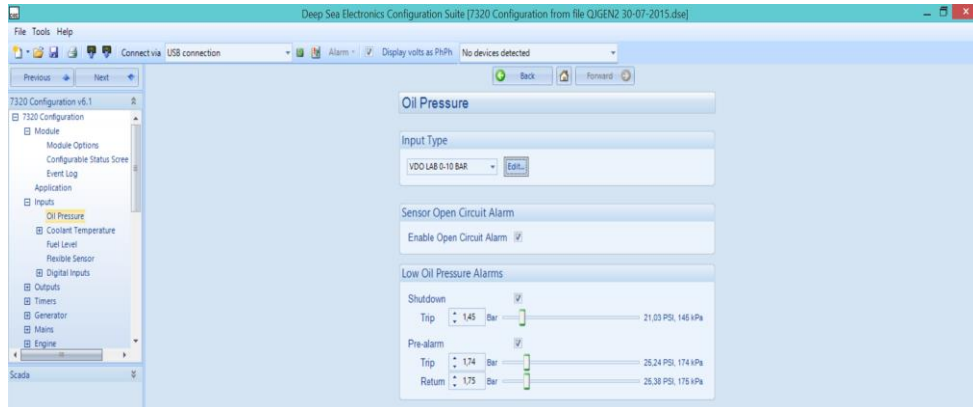


Figura 4. 14: Entrada de presión de aceite

Fuente: Investigador (2016)

Como otra entrada del módulo se tiene la temperatura de agua del motor a combustión la cual está seteada a 85°C (ver figura 4.15) tomando en consideración un rango más amplio del termostato que está conectado al radiador del motor que tiene la apertura en 75°C.

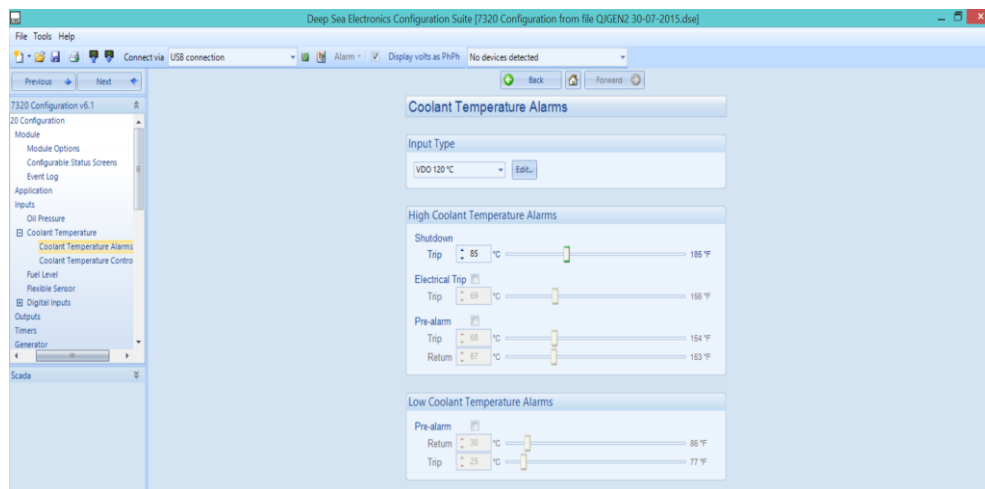


Figura 4. 15: Entrada de temperatura de agua

Fuente: Investigador (2016)

Al no contar con una entrada específica del sensor escape se procede a configurar una entrada de sensor adicional que posee el módulo como entrada el sensor de escape, siendo esto una de las facilidades que proporciona la programación de este módulo, lo dicho se puede verificar en la figura 4.16.

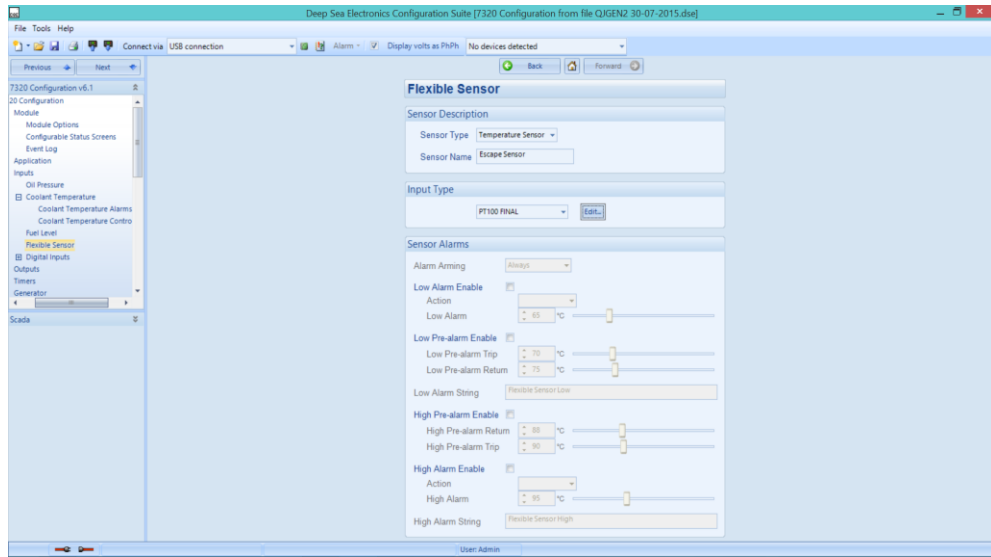


Figura 4. 16: Entrada de sensor de escape

Fuente: Investigador (2016)

Tal como se puede ver en la figura 4.17 se utiliza dos entradas digitales (A y B) del módulo, las mismas que serán utilizadas para la conexión de la selección de un generador activo y el otro generador como bloqueado. Las otras entradas digitales no son utilizadas.

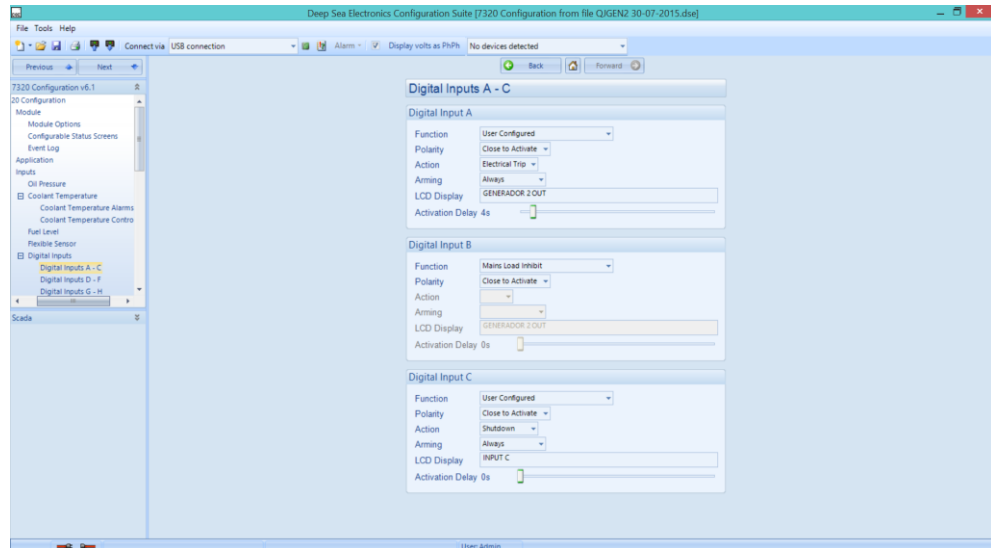


Figura 4. 17: Entradas digitales

Fuente: Investigador (2016)

Las salidas C y D son switch normalmente cerrado y abierto respectivamente (ver figura 4.18), estos son utilizados para el circuito de protecciones de la transferencia. Adicionalmente se configuran las salidas digitales para activación de señales de: alarma audible, encendido (ON/OFF) y para el motor de arranque.

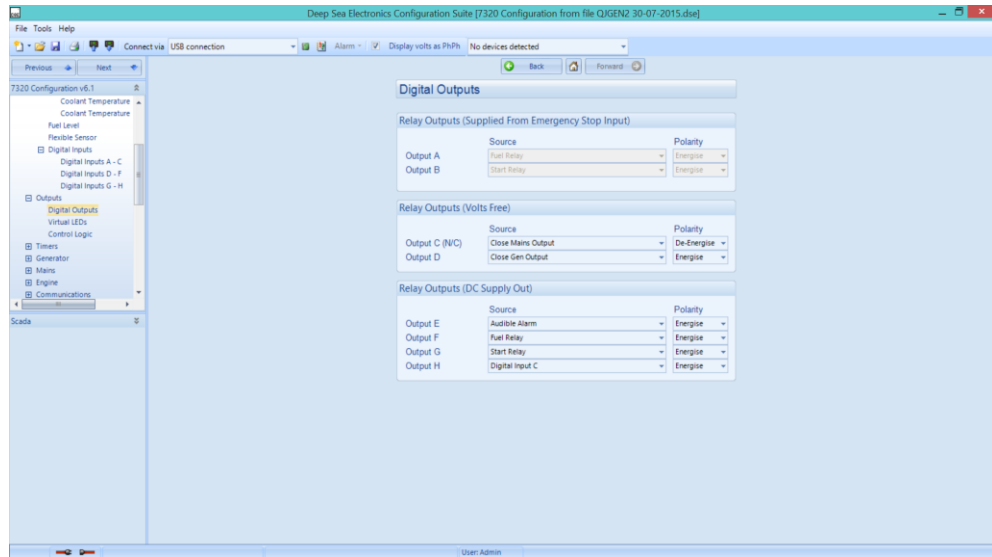


Figura 4. 18: Salidas digitales

Fuente: Investigador (2016)

En la figura 4.19 se muestra los tiempos programados en las diferentes etapas que tiene el generador desde que se tiene la señal de arranque hasta que el generador tome los parámetros nominales.

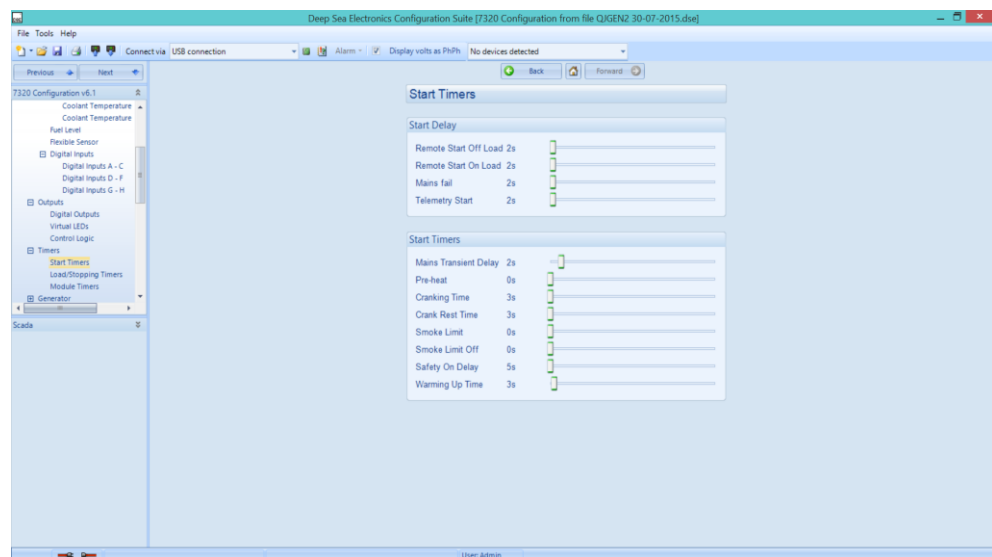


Figura 4. 19: Tiempos de arranque

Fuente: Investigador (2016)

De la misma forma en que se programan los tiempos de encendido del generador también es necesario configurar los tiempos de transferencia de carga y de parada del grupo electrógeno, tal cual se indica en la figura 4.20.

El tiempo total para que un grupo electrógeno tome carga es de aproximadamente 30 segundos desde que se pierde una o todas las fases de la red del interconectado,

mientras que el tiempo de parada del grupo electrógenos es de aproximadamente de 65 segundos desde que retorna la energía de la red.

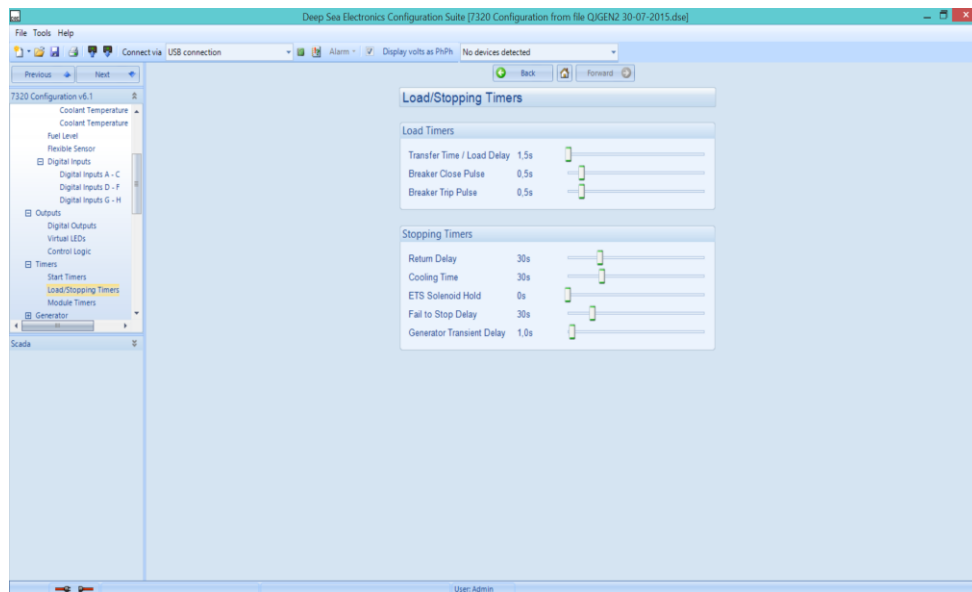


Figura 4. 20: Tiempos de transferencia y de paro

Fuente: Investigador (2016)

Si el módulo se deja desatendido durante 60 segundos la página de estado se volverá a mostrar y cada 5 segundos se desplazarán las pantallas de instrumentación mostrando los valores de los parámetros, lo dicho se puede verificar en la figura 4.21.

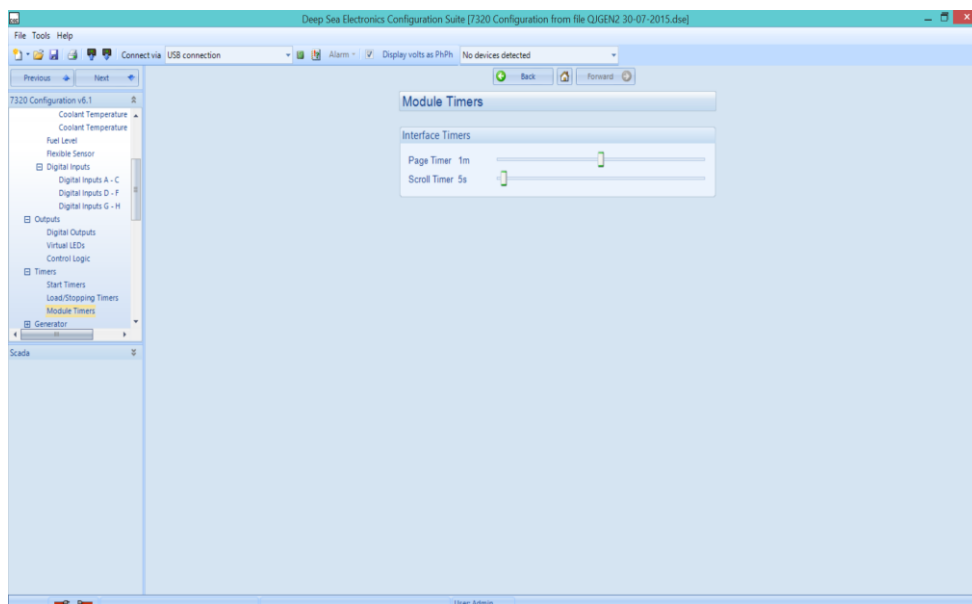


Figura 4. 21: Tiempos de interface

Fuente: Investigador (2016)

En la figura 4.22 se muestra la configuración del generador, siendo para este caso un generador de 150 KVA (120KW) con una configuración en estrella, equipado con un alternador.

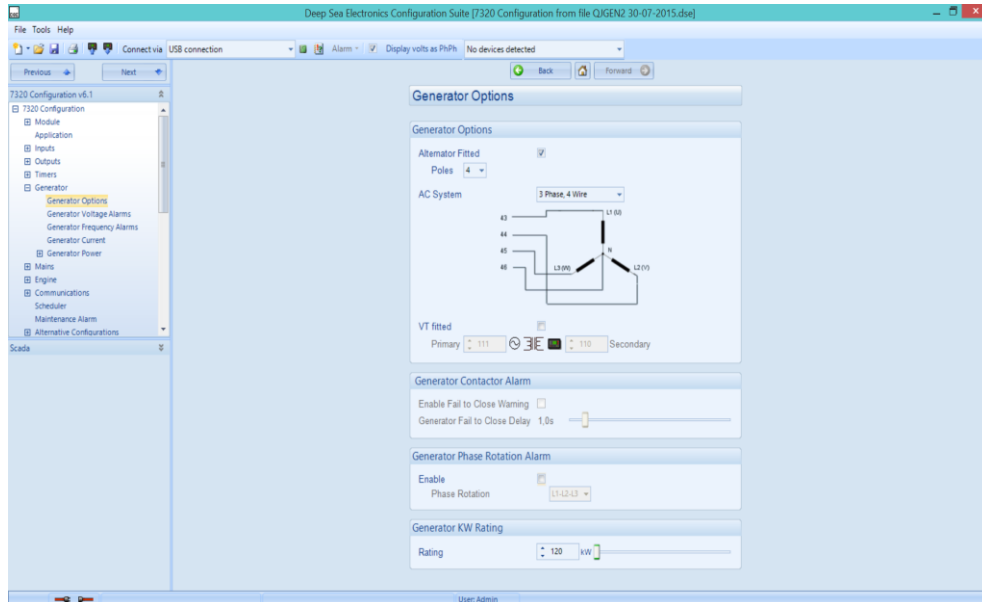


Figura 4. 22: Configuración del generador

Fuente: Investigador (2016)

A continuación se muestra la configuración de voltaje nominal y de las pre-alarmas de bajo y sobre voltaje del generador considerando el +/-10 % de la variación máxima permisible de voltaje para que sea considerado como energía eléctrica de calidad según recomienda el estado del arte, ver figura 4.23.

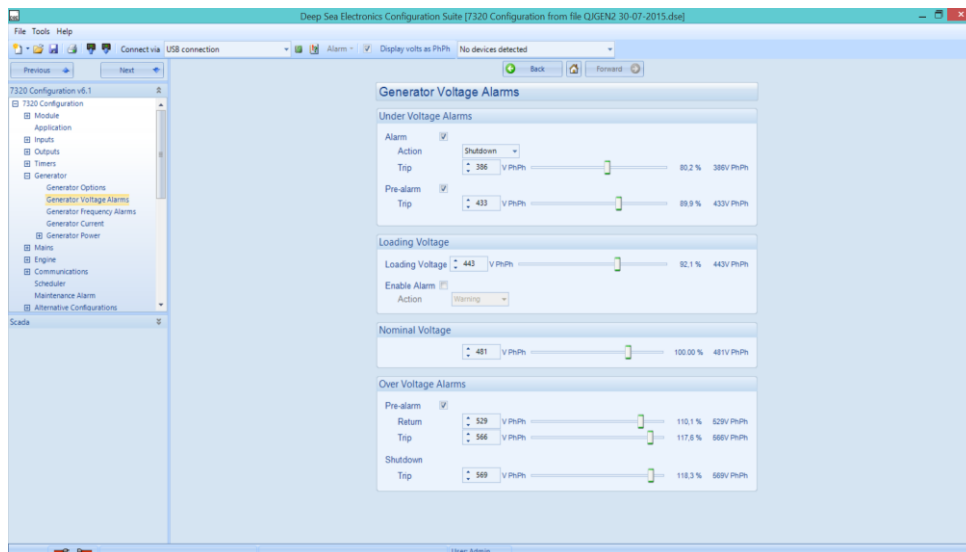


Figura 4. 23: Configuración de alarmas de voltaje de generador

Fuente: Investigador (2016)

En la figura 4.24 se puede visualizar los parámetros de frecuencia que son configurados teniendo en cuenta las recomendaciones que son consideradas para tener una energía eléctrica de calidad, para el caso de la frecuencia se aceptan incrementos hasta del 5 % pero se evitan las frecuencias debajo de lo nominal, sin embargo se ha considerado alarmas de baja frecuencia para registros.

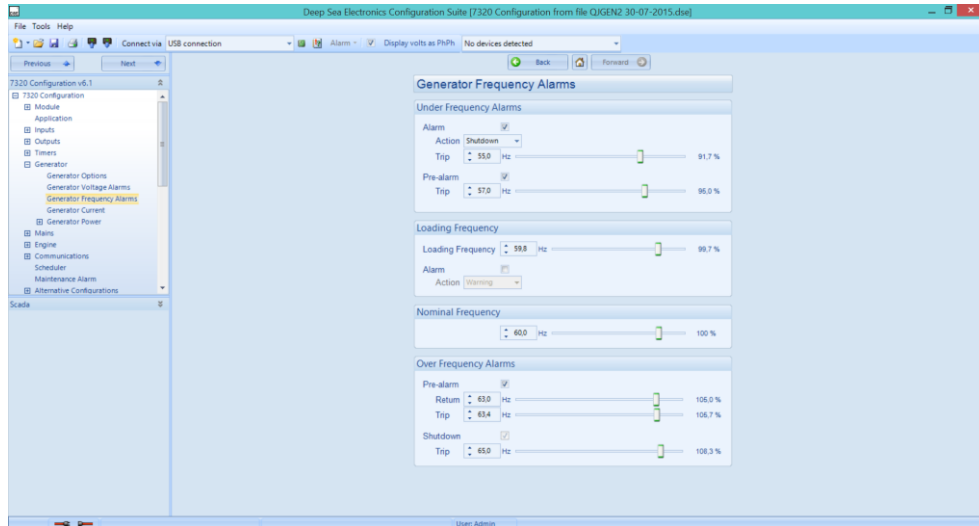


Figura 4. 24: Configuración de alarmas de frecuencia de generador

Fuente: Investigador (2016)

Por otro lado en la figura 4.25 se muestra la configuración del tipo de los transformadores de corriente, siendo el transformador 300/5 el utilizado en esta implementación.

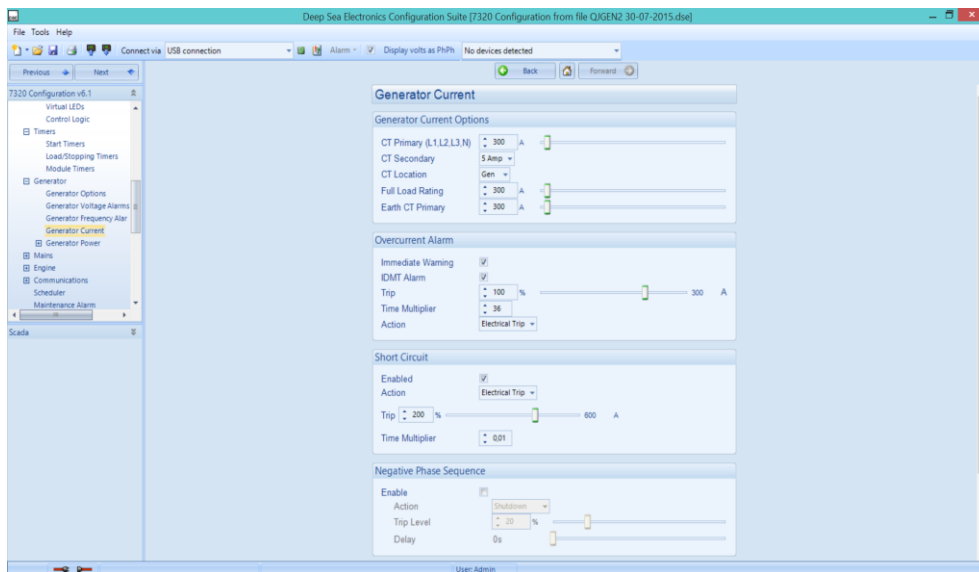


Figura 4. 25: Configuración de transformadores de corriente

Fuente: Investigador (2016)

Por otra parte en la figura 4.26 se muestra la configuración de red principal, donde se activa la detección de falla de la red del interconectado. En cuanto a la configuración del sistema trifásico es el mismo que se ha configurado en el generador por lo tanto se puede visualizar en modo de lectura.

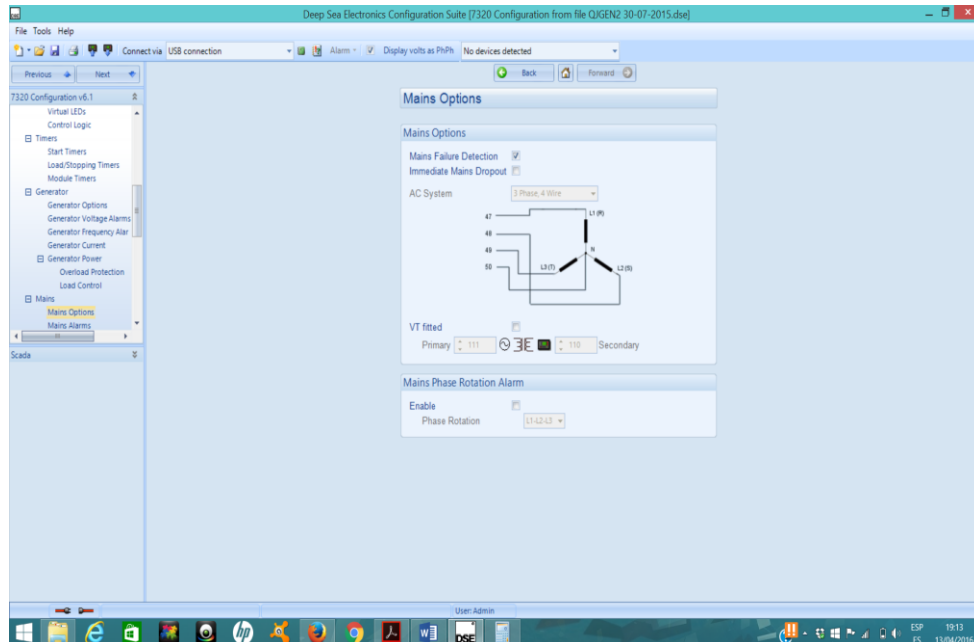


Figura 4. 26: Configuración red principal
Fuente: Investigador (2016)

En lo que tiene que ver con la configuración de alarmas de voltaje y frecuencia de la red principal, de igual manera se mantiene el mismo criterio de los parámetros eléctricos para asegurar una energía eléctrica de calidad. Lo dicho se puede evidenciar en la figura 4.27.

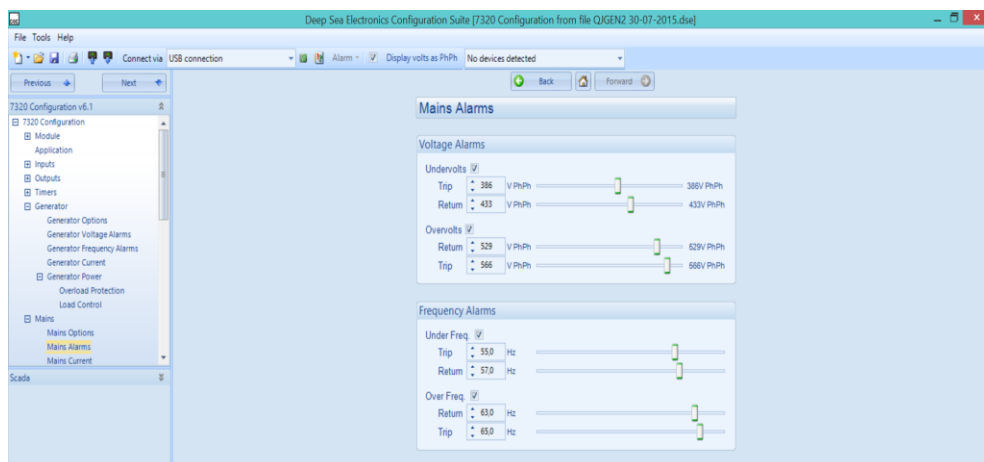


Figura 4. 27: Configuración de alarmas de voltaje y frecuencia de red
Fuente: Investigador (2016)

En cuanto a la configuración de arranque del motor se ha configurado un solo intento de arranque, tal como se muestra en la figura 4.28.

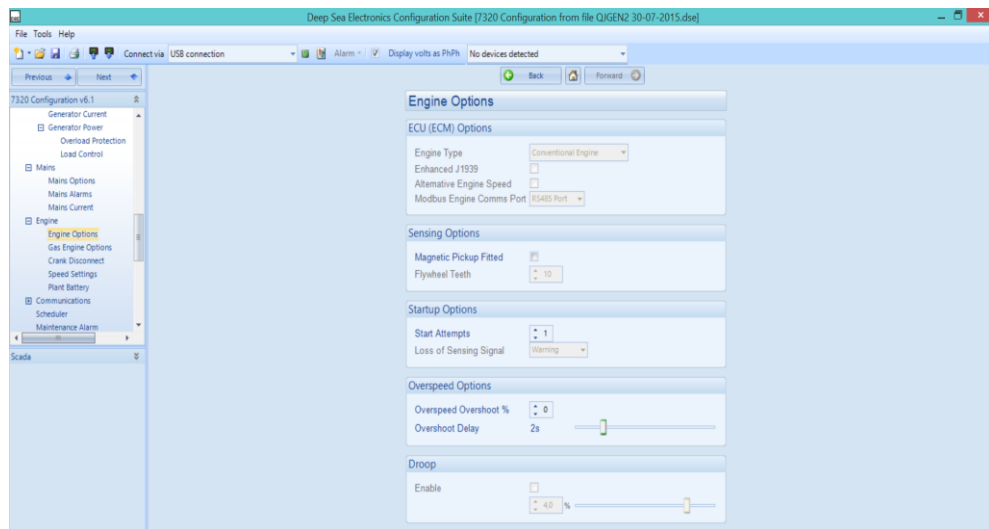


Figura 4. 28: Configuración del arranque del motor
Fuente: Investigador (2016)

Con respecto a las baterías del motor se ha considerado un plan de baterías el cual consta de alarmas de bajo voltaje y sobre voltaje que serán visualizados en forma de advertencia en la pantalla LED del módulo para estar atentos con la alimentación principal del arranque de los grupos electrógenos, ver figura 4.29.

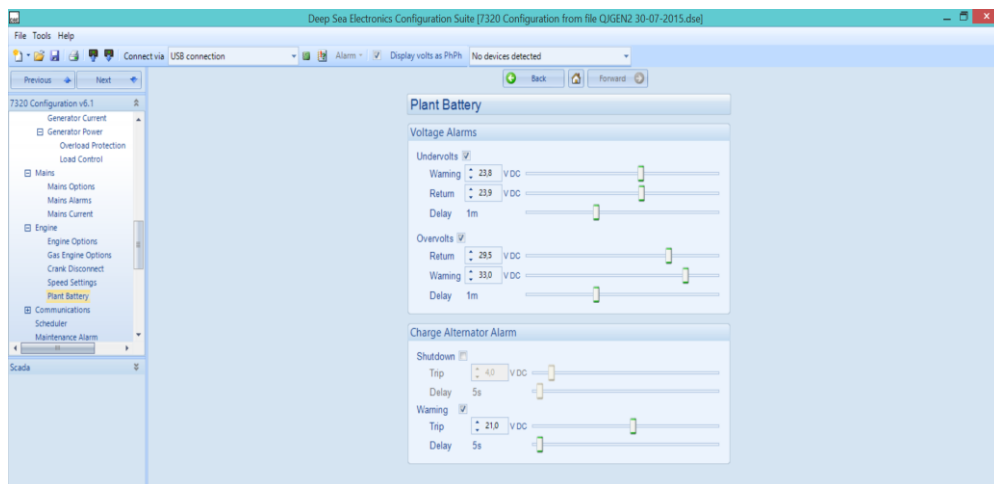


Figura 4. 29: Configuración de batería
Fuente: Investigador (2016)

En la figura 4.30 se muestra una configuración básica del módulo donde se puede identificar el sitio donde va a ser instalado, la dirección esclava modbus y la velocidad de transmisión del puerto serial configurado.

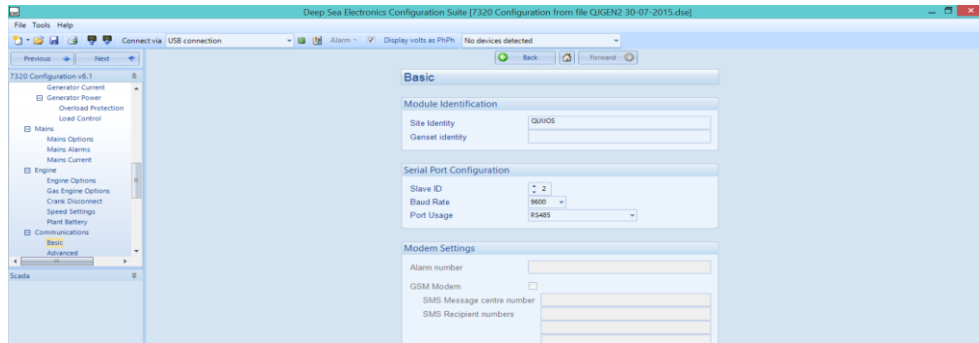


Figura 4. 30: Configuración básica

Fuente: Investigador (2016)

4.5.2.3. Automatización de generadores

Una vez diseñado y construido el tablero de transferencia es tiempo de desarrollar la otra parte de la propuesta de esta investigación en el lugar de los hechos, es decir en la estación Quijos. Inicialmente se procedió a desmontar el sistema de control y monitoreo antiguo de cada uno de los grupos electrógenos, uno a la vez, de tal manera que no se interrumpa el normal desempeño de transporte de derivados del petróleo. Al mismo tiempo se desmontó el cableado de la instrumentación del motor a combustión, en vista de que dicho cableado no ha sido cambiado durante los años de funcionamiento de dicho sistema.

En lugar de los tableros de control y monitoreo del sistema antiguo que se tenía en cada grupo electrógeno, se realiza el montaje y la instalación de una nueva caja donde se realizaran las conexiones de la instrumentación del motor a combustión, la alimentación 24 VCD de las baterías del motor y los 110 VCA provenientes del tablero de centro de control de motores (MCC) para alimentación del calentador de agua del motor, tal como se muestra en la figura 4.31.



Figura 4. 31: Caja de conexiones del grupo electrógeno

Fuente: EP Petroecuador (2016)

Es necesario recalcar que todo el sistema nuevo implementado en la presente propuesta, básicamente funciona con la alimentación de las baterías (24 VCA), por lo tanto se consideró necesario la actualización de tecnología de los cargadores de baterías, de tal manera que se garantice un total funcionamiento del nuevo sistema. En la figura 4.32 se puede apreciar una imagen de los nuevos cargadores, mantenedores automáticos de baterías.

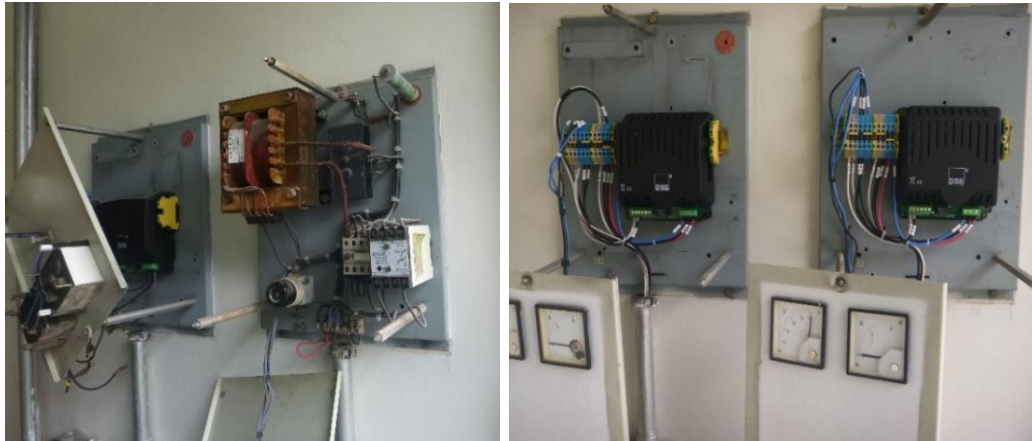


Figura 4. 32: Cargadores mantenedores de baterías
Fuente: EP Petroecuador (2016)

Posteriormente se realizó el cambio de los voltímetros y amperímetros analógicos por unos digitales de tal manera que se pueda llevar un mejor control de los niveles de voltaje de las baterías, adicionalmente por estética se realizó el montaje e instalación de los cargadores de baterías en una sola caja quedando tal cual se muestra en la figura 4.33.



Figura 4. 33: Medidores digitales de las baterías
Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.2.4. Montaje e instalación de tablero de transferencia Kuhse automatizado

Al culminar con el cableado y conexión del motor del grupo electrógeno 1302, se procedió a trabajar en el tablero de transferencia de energía del sistema antiguo, para lo que fue necesario desenergizar la estación por completo, este trabajo se logró gracias a un paro programado de bombeo. En primera instancia se empezó con la desconexión del cableado del sistema antiguo (ver figura 4.34) y posteriormente con el desmontaje del tablero propiamente dicho.



Figura 4. 34: Desmontaje tablero de transferencia antiguo

Fuente: EP Petroecuador (2016)

A continuación del desmontaje del tablero de transferencia antiguo se procedió a montar e instalar el tablero de transferencia nuevo, tal como se indica en la figura 4.35.



Figura 4. 35: Montaje e instalación tablero de transferencia nuevo

Fuente: EP Petroecuador (2016)

Resumiendo todo el trabajo de la implementación, el tablero de transferencia nuevo instalado luce tal como se muestra en la figura 4.36. El manual de operaciones del tablero se encuentra en el anexo 4 del presente trabajo escrito.



Figura 4. 36: Tablero de transferencia implementado
Fuente: EP Petroecuador (2016)

Finalmente, para completar la propuesta se concluye con la automatización del grupo electrógeno 1301, quedando los grupos electrógenos tal como se indica en la figura 4.37.



Figura 4. 37: Grupos electrógenos automatizados
Fuente: EP Petroecuador (2016)

Regulación de frecuencia

La regulación de frecuencia se logró gracias a la calibración de la bomba de inyección del motor a combustión interna con una visualización digital en los módulos DSE 7320, ver figura 4.38.



Figura 4. 38: Regulación de frecuencia

Fuente: EP Petroecuador (2016)

Teniendo en cuenta que, el número de polos del generador es 4 y que las revoluciones de la unidad impulsora, es decir del motor a combustión interna es de 1800 r.p.m., al aplicar la ecuación 1.4 del capítulo 1, se tiene que, el valor de frecuencia calculado para los grupos electrógenos es de 60 Hz.

$$f = \frac{P}{2} \cdot \frac{n}{60} = \frac{4 \cdot 1800}{120} = 60 \text{ Hz}$$

Teóricamente para alcanzar una frecuencia nominal de 60 Hz el motor a combustión debe tener 1800 rpm. Sin embargo, en la práctica para alcanzar una frecuencia aproximada de 60 Hz se requeriría una velocidad nominal de 1812 rpm, ver figura 4.39.



Figura 4. 39: Velocidad del motor

Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.2.5. Conexión de tarjeta AVR y regulación de voltaje

La conexión de la tarjeta SSO53 Universal Voltage Regulator se indica en el Datasheet ubicado en el anexo 5 del presente trabajo escrito, donde se explica el tipo de conexión de la tarjeta de acuerdo a los requerimientos del usuario, siendo para este caso voltaje trifásico de 480 VCA y 60 Hz.

En lo que respecta a la regulación de voltaje, se llevó a cabo una vez culminado todo el trabajo de automatización, dicha regulación se realizó a través del potenciómetro (VOLT) de regulación disponible en la tarjeta AVR, con el generador girando a velocidad nominal y sin carga. Adicionalmente se calibró la estabilidad de la tensión de salida con el otro potenciómetro (STAB) de la tarjeta AVR, con el generador girando a velocidad nominal y con carga.

El % de regulación de voltaje tomando como ejemplo L1 y aplicando la ecuación 1.3 de este trabajo escrito se tiene:

$$V(\%) = \frac{\text{Voltaje en vacío} - \text{Voltaje a plena carga}}{\text{Voltaje a plena carga}} \cdot 100$$

$$V(\%) = \frac{482 - 480}{480} \cdot 100 = 0,42 \%$$

Por lo tanto, el nivel de regulación de tensión se encuentra dentro del $\pm 1\%$ que recomienda el Instituto Costarricense en las especificaciones técnicas para grupos electrógenos, ver anexo 1.

La tarjeta AVR montada en el generador se muestra en la figura 4.40.



Figura 4. 40: Regulación de voltaje
Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.3. Integración parámetros de generación al HMI

Con respecto a la configuración, para la adquisición de datos eléctricos en tiempo real del sistema de generación, primeramente se configuró la dirección IP 172.25.140.215 a la tarjeta de red del medidor SHARK, tal como se muestra en la figura 4.41.

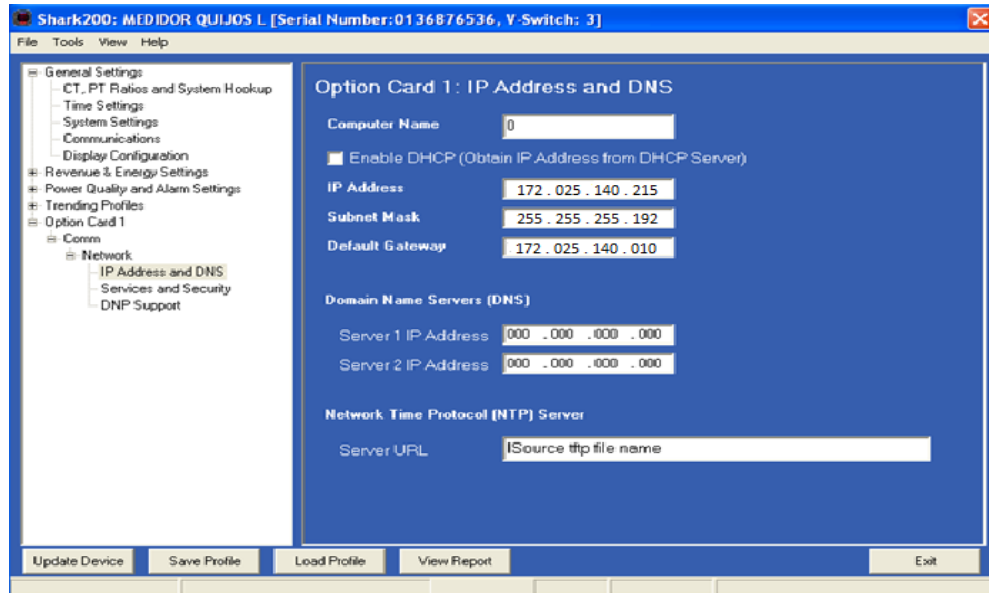


Figura 4. 41: Configuración IP medidor Shark

Fuente: EP Petroecuador (2016)

En las computadoras de control en el System Management Console (SMC) de la plataforma Wonderware en el nodo RED_QJ se creó un objeto ModbusBridge (BRIDGE_4) y se asignó la dirección IP del medidor SHARK, posteriormente se creó un objeto ModbusPLCRS denominado SHARK_200, tal como se muestra en la figura 4.42.

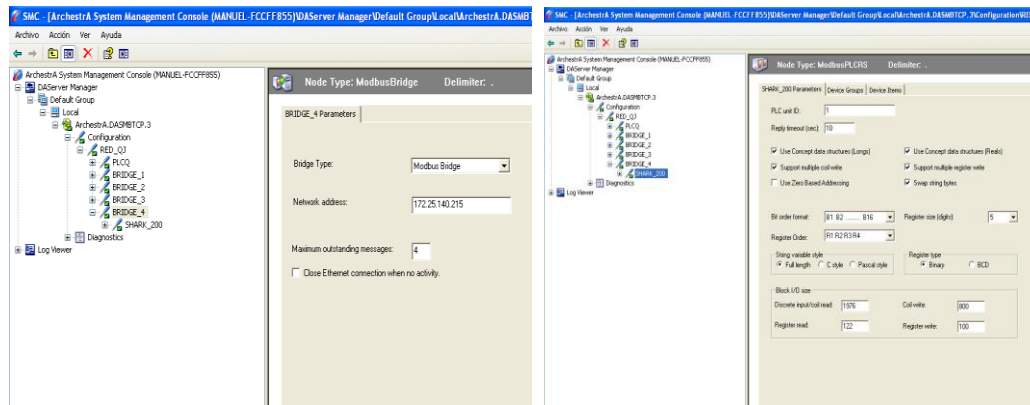


Figura 4. 42: Configuración SMC (1)

Fuente: EP Petroecuador (2016)

En el objeto SHARK_200 se configuró el intervalo de actualización en 1000 ms y se creó los parámetros a ser leídos con su respectiva dirección modbus del medidor SHARK, ver figura 4.43.

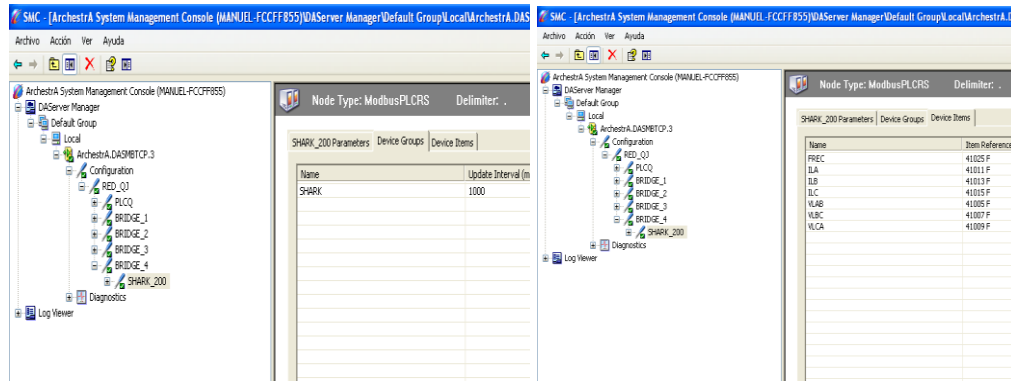


Figura 4. 43: CONFIGURACIÓN SMC (2)

Fuente: EP Petroecuador (2016)

En WindowMaker en la ventana Condiciones de la aplicación del InTouch, se rediseño dicha ventana de tal manera que se pueda agregar los parámetros del medidor de energía, quedando la ventana tal como se muestra en la figura 4.44.

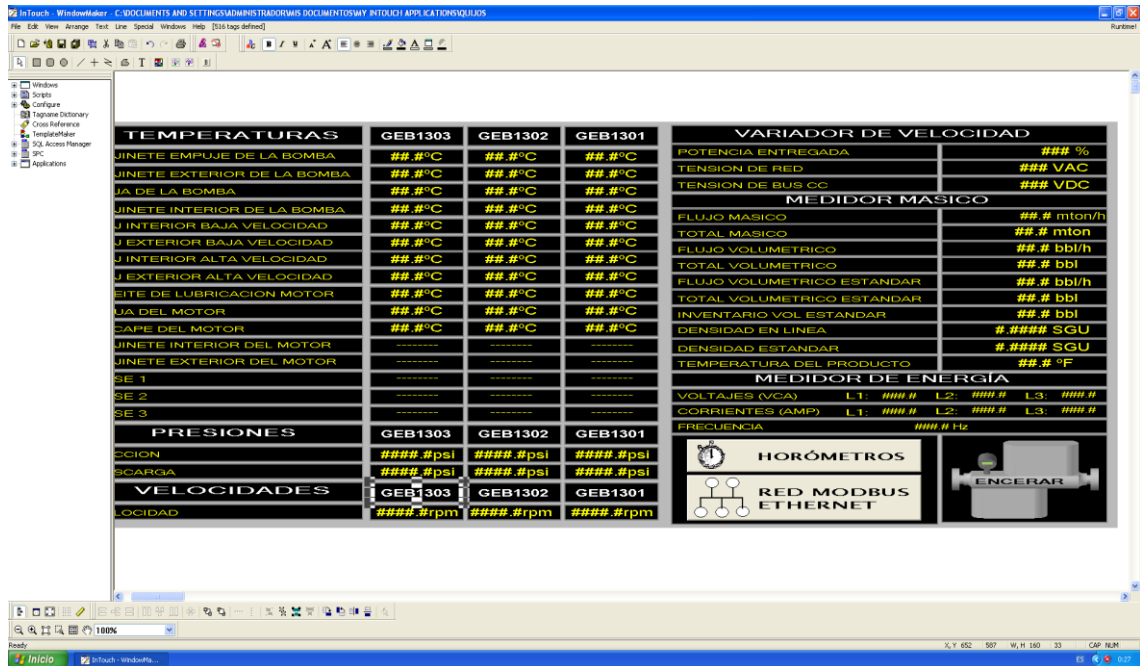


Figura 4. 44: Programación InTouch (1)

Fuente: EP Petroecuador (2016)

Posteriormente se asignó a cada parámetro la dirección modbus que fue asociada en SMC, para lo cual, previamente se creó un Access Name denominado SHARK_200, ver figura 4.45.

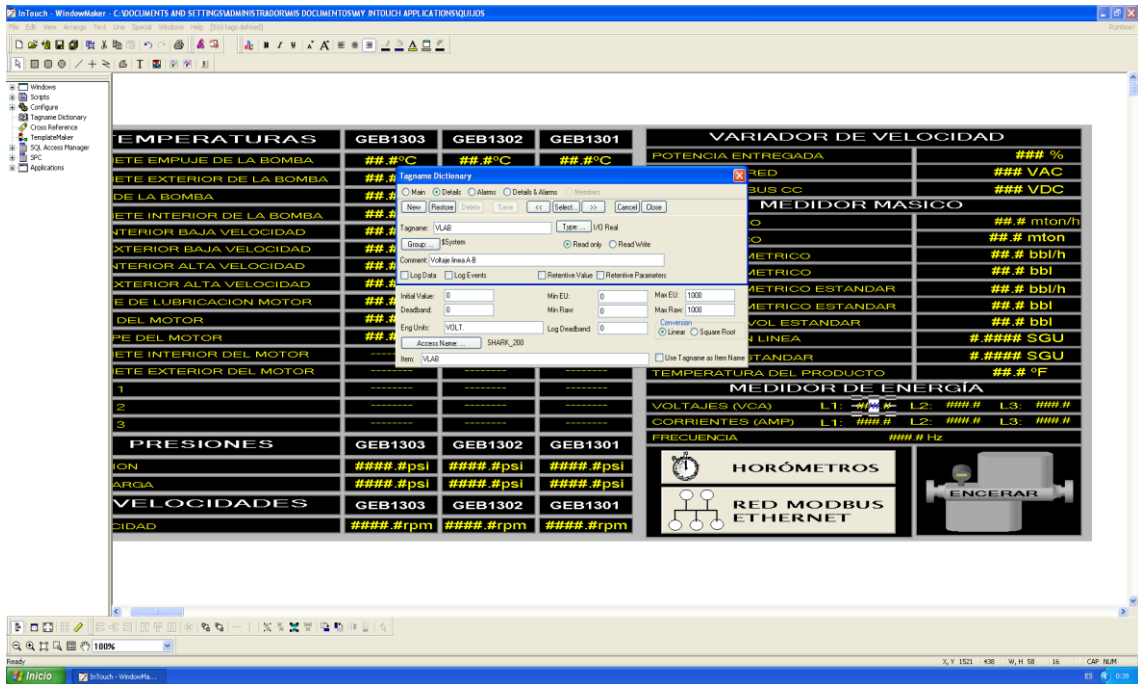


Figura 4. 45: Programación InTouch (2)
Fuente: EP Petroecuador (2016)

Finalmente, la ventana condiciones del HMI con los parámetros de generación en tiempo real quedó tal como se indica en la figura 4.46.

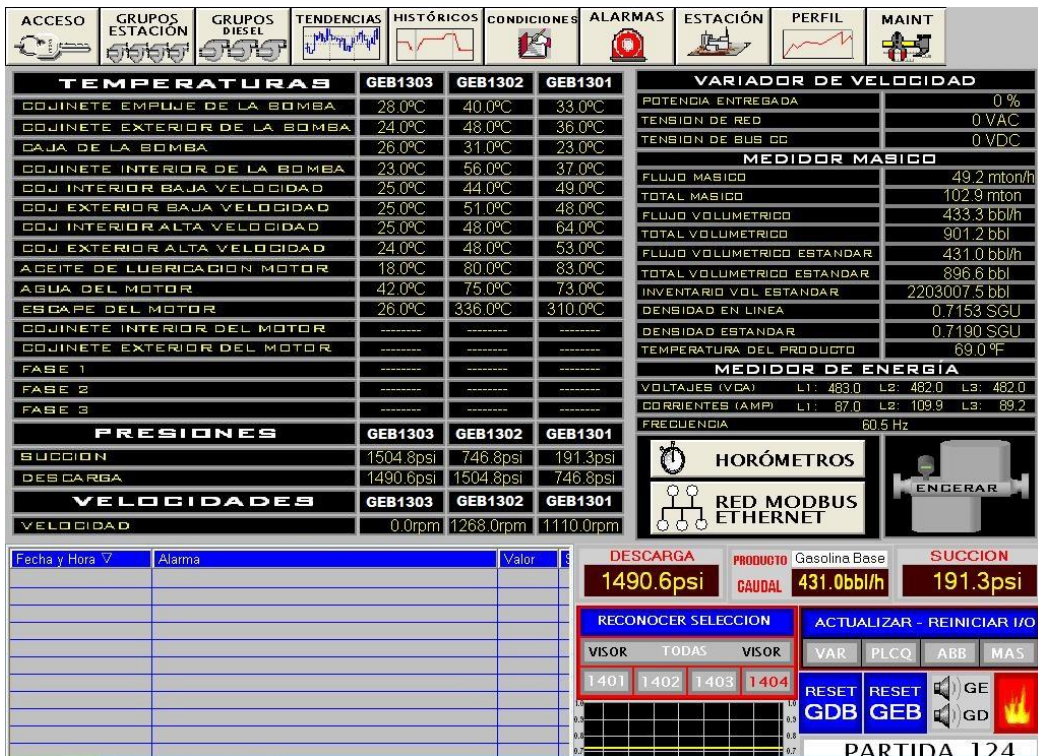


Figura 4. 46: Parámetros de generación en el HMI
Fuente: EP Petroecuador (2016)

4.5.4. Análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico

El siguiente punto trata de un análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico antes y después de la propuesta, para las nuevas mediciones se considera un periodo de 7 días continuos desde el 14/08/2015 hasta el 20/08/2015 tal como recomienda el (CONELEC-004/01, 2014).

Haciendo referencia a la investigación realizada en el estado del arte, varios actores coinciden que la estabilidad del sistema eléctrico depende netamente de la tensión, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Al considerarse un sistema de respaldo energético, el investigador considera necesario adicionar la disponibilidad y tiempos de respuesta de los grupos electrógenos. Por cuanto se realizó la siguiente comparación en la tabla 4.2.

Disponibilidad del grupo electrógeno 1301:

Tiempo Promedio Para Fallar:

$$TPPF = \frac{200}{1} = 200$$

Tiempo Promedio Para Reparar:

$$TPPR = \frac{1}{1} = 1$$

$$D = \frac{200}{200 + 1} \times 100 = 99,50 \%$$

Disponibilidad del grupo electrógeno 1302:

Tiempo Promedio Para Fallar:

$$TPPF = \frac{190}{1} = 190$$

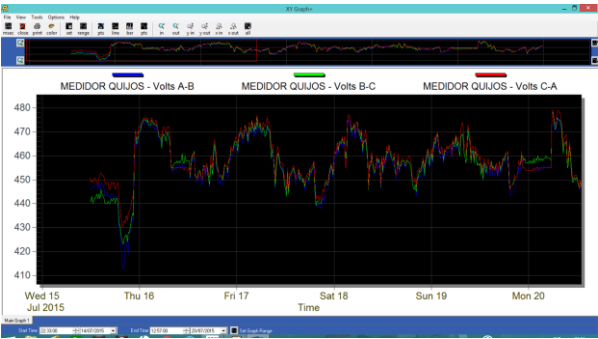
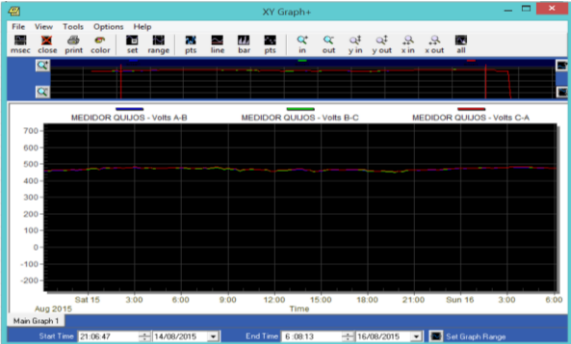
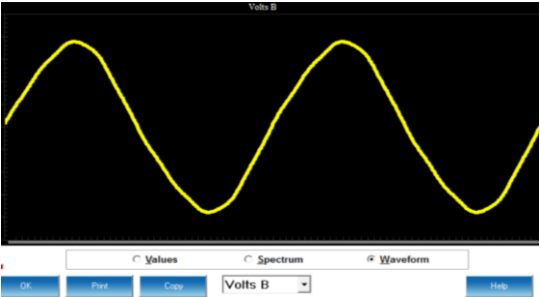
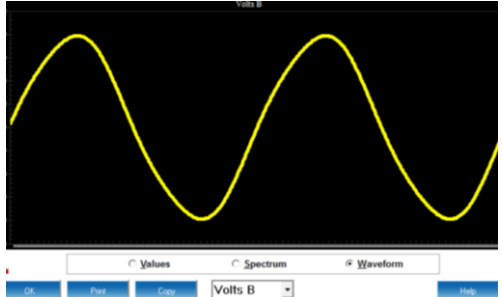
Tiempo Promedio Para Reparar:

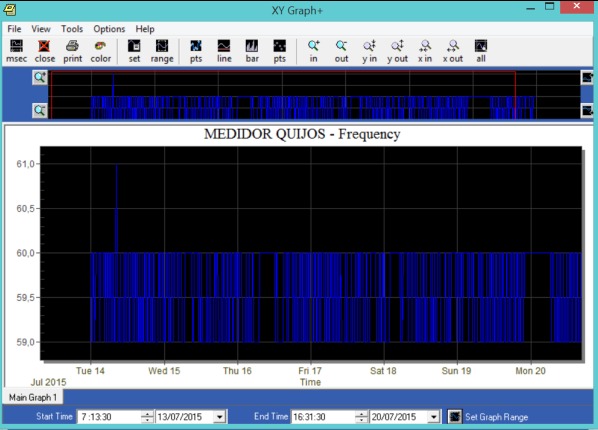
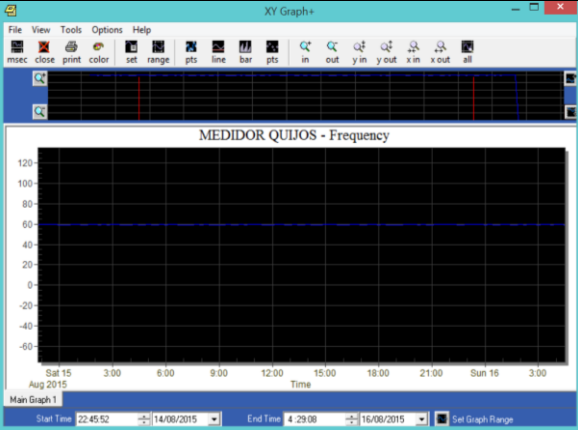
$$TPPR = \frac{1}{1} = 1$$

$$D = \frac{190}{190 + 1} \times 100 = 99,48 \%$$

En el anexo 6 se detalla los datos necesarios para los cálculos de la disponibilidad de los grupos electrógenos después de la implementación de la propuesta.

Tabla 4. 2:
Análisis comparativo de sistemas

PARÁMETROS	SISTEMA ANTIGUO	SISTEMA NUEVO
<p style="text-align: center;">VOLTAJE</p>		
<p style="text-align: center;">ONDA DE VOLTAJE</p>		
<p style="text-align: center;">FRECUENCIA</p>		

		
DISPONIBILIDAD GEN 1301	91,57 %	99,50 %
DISPONIBILIDAD GEN 1302	86,23 %	99,48 %
TIEMPO TOTAL DE TRANSFERENCIA	50 s	30 s

Fuente: Investigador (2016)

Una vez realizado el análisis comparativo de la estabilidad del sistema eléctrico antes y después de la propuesta (ver tabla 4.2), se puede comprobar que al implementar un sistema de control automatizado en los grupos electrógenos de la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito, sí es posible incrementar la estabilidad y la eficiencia de la energía que suministra este sistema de generación.

4.6. Relación variables de control

De acuerdo al sistema de control de lazo abierto presentado anteriormente la relación entre las variables de salida (voltaje y frecuencia) y la variable de entrada (combustible) se puede representar gráficamente tal como se muestra en figura 4.47 y figura 4.47 respectivamente, dichas mediciones se llevaron a cabo por un periodo de 1 hora, los datos de las mediciones y del instrumento de medición de combustible se adjuntan en el anexo 7.

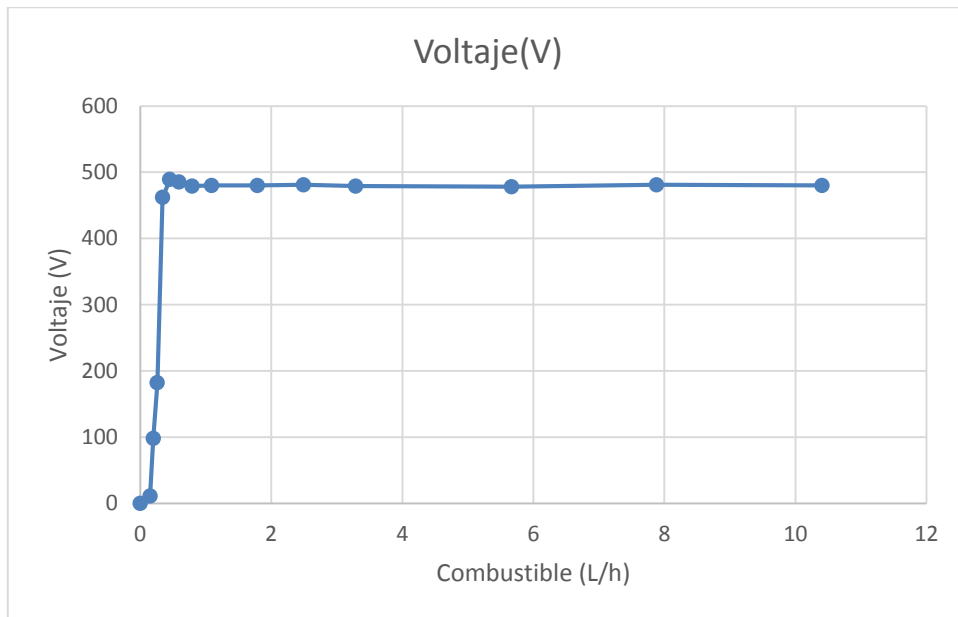


Figura 4. 47: Gráfica Voltaje vs Combustible
Fuente: Investigador (2016)

La figura 4.48 muestra la relación voltaje y combustible donde claramente se puede observar el crecimiento de la curva hasta alcanzar un valor pico de 489 VCA, en ese momento entra a trabajar la tarjeta AVR y regula los niveles de tensión de salida hasta alcanzar los parámetros nominales de voltaje (480 VCA) y poder realizar la respectiva transferencia de carga.

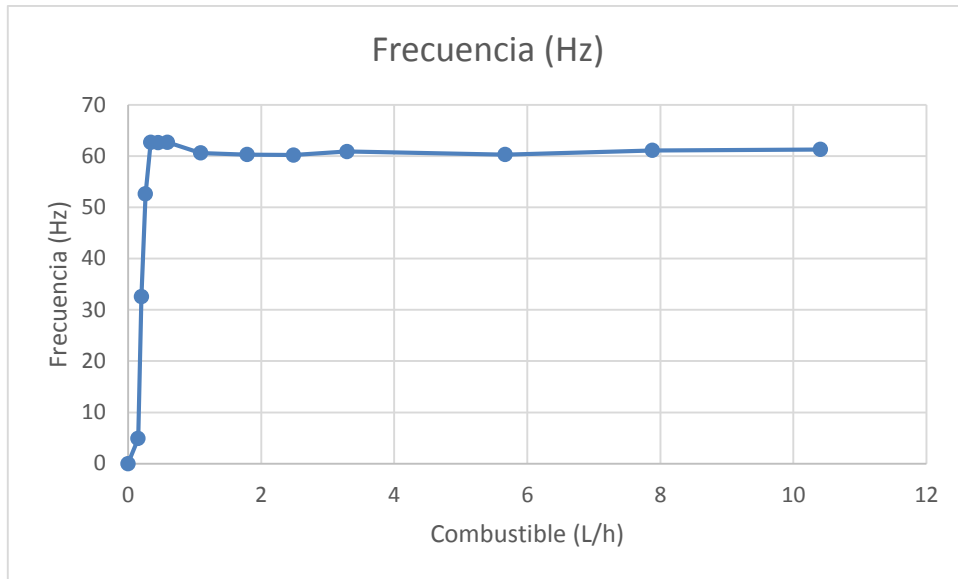


Figura 4. 48: Gráfica Frecuencia vs Combustible

Fuente: Investigador (2016)

La figura 4.48 expresa la relación de la frecuencia eléctrica y el combustible consumido por el motor a combustión, una vez más se puede comprobar que el generador al momento del arranque alcanza valores picos de hasta 62.7 Hz, pero una vez que toma carga tanto los niveles de voltaje como de frecuencia tienen variaciones mínimas y se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente.

4.7. Evaluación socio-económica-ambiental de la propuesta

Para esta evaluación se toma como referencia el triángulo de desarrollo sostenible, según (Sánchez, 2016) los vértices del triángulo representan las tres principales dimensiones o ámbitos del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental, los mismos que interactúan entre sí en un proyecto, lo dicho anteriormente se puede ver en la figura 4.49.



Figura 4. 49: Triángulo del desarrollo sostenible

Fuente: Sánchez (2016)

4.7.1. Evaluación socio ambiental

Con la implementación de la presente propuesta, se disminuye los impactos ambientales negativos causados por varios intentos de arranque de los grupos electrógenos. Ya que, en cada uno de estos intentos de arranque se presentan emisiones a la atmosfera con parámetros físicos-químicos por fuera de lo establecido en la normativa ambiental vigente (Acuerdo Ministerial 091), las mediciones son descritas en la tabla 4.3.

Tabla 4. 3:
Emisiones de gases

CONTAMINANTE (mg/Nm ³)	Valores Límites	Valores Medidos
Óxidos de Carbono (CO)	1500	1600
Óxidos de azufre (SO ₂)	700	900
Óxidos de Nitrógeno (NO _X)	2000	2100

Fuente: Informe de monitoreo ambiental interno poliducto Shushufindi Quito (2015)

Estos parámetros se encuentran por fuera de la normativa vigente, es importante recalcar que con el anterior sistema se producían de dos a tres intentos de arranque, con la implementación de la propuesta esto ocurre una sola vez, disminuyendo considerablemente esta contaminación.

Adicionalmente, con la implementación de la propuesta se ayuda a mitigar y reducir las probabilidades de sobrepresiones y roturas del poliducto, causadas por falta del restablecimiento inmediato del suministro eléctrico durante los cortes inesperados de energía eléctrica, evitando de esta manera posibles contaminaciones ambientales por derrames de hidrocarburos y pérdidas económicas para la estatal petrolera por gastos que se dan en reparaciones de tubería y en remediaciones ambientales en sitios afectados.

Por otra parte, con la elaboración de esta propuesta el número de tableros que se tenían anteriormente se reduce de 4 a 1, por tal motivo se reducen los mantenimientos preventivos y correctivos y con esto se disminuye la generación de desechos. Consecuentemente se minimizan los riesgos tanto para el personal de mantenimiento como de operaciones.

4.7.2. Evaluación económica

La presente propuesta de investigación adquiere una factibilidad positiva hablando económicamente, dado que los grupos electrógenos utilizados son los mismos que se encuentran en la estación Quijos, en cuanto a los módulos DSE 7320, medidor Shark 200 y a las tarjetas AVR usadas para mejorar la calidad de energía eléctrica fueron adquiridas con el fondo rotativo que se administra en el área de mantenimiento electromecánico del poliducto Shushufindi-Quito. Es importante recalcar que los demás dispositivos y materiales usados para la implementación de esta propuesta se obtuvieron del stock de la bodega Osayacu. El costo total de implementación incluido materiales, dispositivos y mano de obra es de aproximadamente \$ 50 000.

El análisis de la rentabilidad de la inversión se realizó a través de los cálculos del Valor Actual Neto (VAN) y de la Taza Interna de Retorno (TIR), para lo cual se ayudó de una hoja de cálculo de Excel, la misma que se adjunta en el anexo 8.

En la figura 4.50 se muestra la curva de análisis de rentabilidad de la inversión.

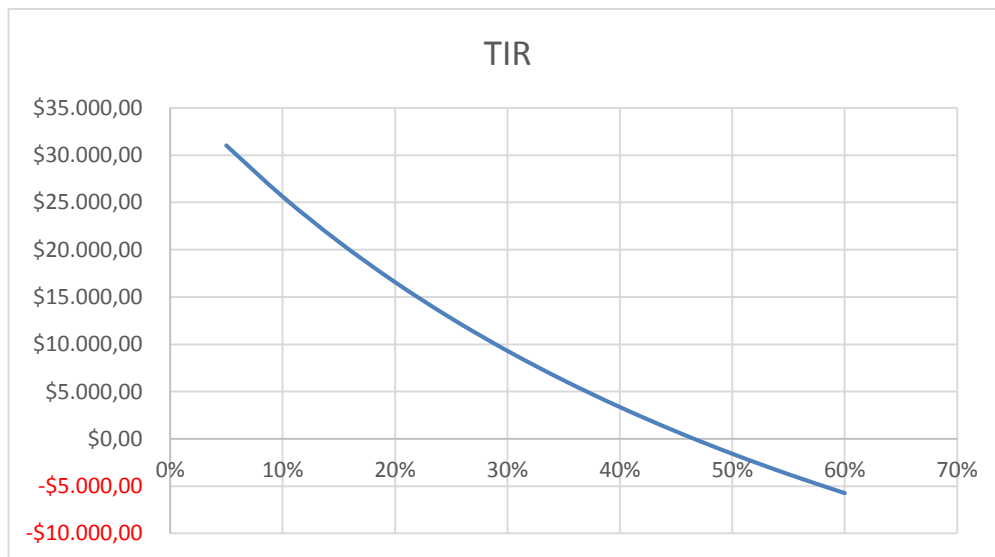


Figura 4. 50: Análisis de rentabilidad de la inversión

Fuente: Investigador (2016)

Para que un proyecto sea viable se debe considerar un VAN > 0 y un TIR > 10 %, de acuerdo a los resultados de la hoja de cálculo se tiene un VAN de \$ 25 628,41 y una TIR de 47 %, por lo tanto el proyecto es rentable, y su recuperación será en aproximadamente 1 año 2 meses.

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema automatizado para los grupos electrógenos a través de la tecnología DSE 7320 y la AVR SS053 para mejorar la calidad de energía suministrada por el sistema de generación de electricidad de la estación Quijos.
- La presente propuesta adquiere una factibilidad económica positiva, ya que al realizar el análisis de la rentabilidad de la inversión a través del cálculo del VAN y TIR, se tiene un VAN de \$ 25 628,41 y una TIR de 47 %, por lo tanto el proyecto es rentable, y su recuperación será en aproximadamente 1 año 2 meses.
- La integración de los parámetros de generación al sistema HMI se logró gracias a la comunicación ethernet del medidor Shark 200 por medio de la configuración del DAServer de la plataforma System Management Console y a través de la programación en el software InTouch de Wonderware en las computadoras de control.
- Al efectuar el análisis comparativo se tiene como resultados, que al llevar a cabo la implementación de la propuesta se obtiene mayor estabilidad en el sistema de generación con un voltaje aproximado a 480 VCA, una frecuencia de 60,3 Hz, un incremento de disponibilidad cerca del 99,50 % y un tiempo de respuesta de 30 segundos.
- Con la implementación de la presente propuesta se logró disminuir las variaciones de los niveles de voltaje de 9,36 % a 0,84 % y las variaciones de frecuencia de 3.38 % a 1,66%, mejorando de esta manera la calidad de energía eléctrica suministrada por los grupos electrógenos de la estación Quijos.

RECOMENDACIONES

- Debido a que en esta investigación se realizó un análisis de calidad de energía eléctrica desde el punto de vista de generación, se recomienda hacer un análisis desde el punto de vista de la carga, para evitar problemas de fluctuaciones en los niveles de voltaje causados por distorsiones armónicas.
- De acuerdo a las mediciones realizadas se ha observado que existe una variación del factor de potencia que va desde 0,77 hasta 0,88 por lo tanto se recomienda realizar la corrección del factor potencia en vista de que estos valores se encuentran por debajo de lo que recomienda la norma.
- Teniendo en cuenta que el consumo máximo de carga de la estación Quijos es de 50 A y en base a la curva de rendimiento del generador, se puede comprobar que los actuales grupos electrógenos están sobredimensionados, por lo tanto se determina que en la mencionada estación se puede trabajar con un generador de 50 kVA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Álvarez, J., & Nájera, R. (2010). Automatización de generadores. *Diseño e implementación de un sistema automatizado para el funcionamiento de los generadores de energía eléctrica en la estación Osayacu, para la empresa Petrocomercial*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 01 de 04 de 2015, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1650/6/T-ESPE-027402.pdf>
- Arcurio, E., & Estrella, C. (2011). *Tesis previo al título de Ing. Electromecánico: "Análisis del Inventario en la Generación Distribuida de Electricidad en el Emplazamiento de Fuel Oil Bayamo Provincia Cubana de Granma, Aplicando el Análisis del Ciclo de Vida."*. Recuperado el 20 de 12 de 2015, de Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1094/1/T-UTC-0756.pdf>
- Arévalo, M. (2011). *Tesis previo al título de Máster en Sistemas Eléctricos de Potencia: Calidad del Producto Eléctrico en Empresas de Distribución del Ecuador*. Recuperado el 06 de 01 de 2016, de Repositorio Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2548/1/tm4455.pdf>
- Armenteros, Y. Q. (s.f.). *Grupos Electrogenos*. Recuperado el 25 de 06 de 2016, de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos88/importacion-grupos-electrogenos/importacion-grupos-electrogenos.shtml>
- Carchipulla, M., & LLumiquinga, O. (01 de 01 de 2013). Diseño de sistema Scada. *Diseño e implementación de un sistema scada para la administración del suministro de energía eléctrica del edificio de la corporación GPF*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 01 de 04 de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5529/1/CD-4628.pdf>
- Cervantes, O. (2014). *Tesis previo al título de Ingeniero Eléctrico: Metodología de Medición de Calidad de Energía Eléctrica en base a Normas Nacionales e Internacionales para la Universidad de la Costa - CUC*. Recuperado el 29 de 01 de 2016, de Repositorio Universidad de la Costa - CUC: <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/234/Proyecto%20de%20grado%20%28final%29.pdf?sequence=1>
- Chew, J. (2005). *Tesis previo al título de Bachiller en Ing. Eléctrica: Conceptos Generales sobre Grupos Electrógenos*. Recuperado el 25 de 10 de 2015, de Repositorio Universidad de Costa Rica: <https://es.scribd.com/doc/285000373/1/CAPITULO-1-Introduccion>
- CONELEC-004/01. (15 de 07 de 2014). *Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución*. Recuperado el 23 de 10 de 2015, de Agencia de Regulación y Control de

- Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-CalidadDeServicio.pdf>
- Electro Industries/Gauge Tech. (24 de 06 de 2010). *Datasheet Shark 200 & 200T*. Recuperado el 25 de 01 de 2016, de Electroind:
http://www.electroind.com/pdf/sp/ES149701_SP_Shark200_manual.pdf
- Energy Solutions Provider. (s.f.). *¿Que es un grupo electrogeno?* Recuperado el 20 de 12 de 2015, de SDMO Industries: <http://www.sdmo.com/ES/FAQ/Pre-venta#!/que-es-un-grupo-electrogeno>
- Gil, C. (26 de 09 de 2014). *Aplicación de Herramientas de Inteligencia Artificial en Armónicos de Corriente y Voltajes en Sistemas y Máquinas Eléctricas: su Importancia y Trabajos Relacionados*. Obtenido de Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología:
<http://publicaciones.urbe.edu/index.php/revecitec/article/view/2087/4754>
- Gordillo, F., & Peñafiel, R. (28 de 08 de 2012). *Tesis previo al título de Ing. Eléctrico: Diseño de un Filtro Trifásico Multinivel de dos Etapas para la Industria en Cuenca*. Recuperado el 22 de 10 de 2015, de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca:
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2972/1/UPS-CT002494.pdf>
- Harper, G. (2004). *El Libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. Recuperado el 13 de 11 de 2015, de
https://books.google.com.ec/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Harry, M. (1998). *Curso Práctico de Electricidad* (Vol. 3). México, D.F.: LIMUSA, S.A.
- ICE. (s.f.). *ICE*. Recuperado el 03 de 07 de 2016, de
<http://studylib.es/doc/383709/especificaciones-tecnicas-grupo-electrogeno-3g>
- IEEE 1159-1995. (s.f.). *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*. Recuperado el 23 de 10 de 2015, de Follow Science:
http://followscience.com/content/download/?post_id=410187
- Leenhouts, D. (s.f.). *Como Calcular la Eficiencia de un Generador de Electricidad*. Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de eHow en español:
http://www.ehowenespanol.com/calcular-eficiencia-generador-electricidad-como_76221/
- LRSE. (30 de 12 de 2013). *LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO*. Recuperado el 01 de 04 de 2015, de REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 43 DE 10-oct-1996 :
<http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/2.7-Leyes-conexas.pdf>

- Martinez, G., & Lopez, J. (2008). *Tesis previo al título de Tecnólogo Electricista: Libro Interactivo de Máquinas Eléctricas*. Recuperado el 30 de 12 de 2015, de Repositorio Universidad Tecnológica de Pereira:
<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1765/1/6213133M385.pdf>
- Mileaf, H. (1998). *Curso Practico de Electricidad (Vol. 4)*. (I. Hayden Book Company, Trad.) Balderas, México D.F.: LIMUSA, S.A.
- Muguerza, D. (s.f.). *Micro Centrales Hidroeléctricas*. Recuperado el 12 de 01 de 2016, de Sistema Mid: http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-30_04-34-30103746.pdf
- Ortega, J., & Ramírez, J. (1979). *Maquinas de Corriente Alterna*. Barcelona, España: CEAC, S.A.
- Pájaro, N. (s.f.). *Manual de Indicadores de Mantenimiento*. Recuperado el 23 de 10 de 2015, de ACADEMIA: <https://www.academia.edu/9694594/INDICADORES>
- Ponsa, P., & Granollers, A. (s.f.). *Diseño y Automatización Industrial*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de Universidad Politécnica de Catalunya:
<http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- Sánchez, N. (2016). *Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 05 de 07 de 2016, de Aranjuez Sostenible: <http://jornadas.aranjuezsostenible.org.es/desarrollo-sostenible/>
- Sanchis, R., Romero, J., & Ariño, C. (2010). *Automatización Industrial (Primera ed.)*. Publicacions de la Universitat Jaume I. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de <http://www.uji.es/bin/publ/edicions/auto.pdf>
- Senplades. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Recuperado el 01 de 04 de 2015, de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo:
<http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Zumba, P., & Álvarez, O. (s.f.). *Generadores de Corriente Alterna*. Recuperado el 27 de 11 de 2015, de <http://www.slideshare.net/pzumbap/generadores-corriente-alterna>

BIBLIOGRÁFICA CONSULTADA

- Harper, G. (2015). *EL ABC DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA*. Mexico D.F.: LIMUSA
- Harper, G. (2004). *EL LIBRO PRACTICO DE LOS GENERADORES, TRANSFORMADORES Y MOTORES ELECTRICOS*. Mexico D.F.: LIMUSA S.A.
- Mileaf, H. (1998). *Curso Practico de Electricidad (Vol. 4)*. (I. Hayden Book Company, Trad.) Balderas, México D.F.: LIMUSA, S.A.

Ortega, J., & Ramírez, J. (1979). Máquinas de Corriente Alterna . Barcelona, España: CEAC, S.A.

Sanchez, M. (2009). CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Santos, D.(s.f.). Máquinas eléctricas de corriente alterna. Madrid, España.

Meza, Vinicio. (2014). La investigación aplicada y básica/pura en el Instituto Centroamericano de Administración Publica, ICAP: Un acercamiento para la discusión. San José, Costa Rica.

Murillo, F. (2006). Maquinas Electricas I.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL

- <http://www.americasgenerators.com/uploads/docs/Universal%20SEA-053%20Automatic%20Voltage%20Regulator.pdf>
- <http://blagshat.blogspot.com/2013/02/proyecto-factible-wilfredo-jimenez.html>
- <https://www.deepseapl.com/genset/auto-mains-utility-failure-control-modules/dse7320>
- <https://www.deepseapl.com/power/24-volt-battery-chargers/dse9255>
- http://www.electroind.com/products/Shark200/pdf/manuals/E149701_Shark%20200%20User%20Manual.pdf
- <http://www.energiasrenovables.ciemat. Es/especiales/energia/index.htm>.
- <http://www.eppetroecuador.ec/>
- <http://www.iecor.com/electrica-cordoba/informacion/estudio-de-calidad-de-energia-electrica.html>
- <http://www.genpowerusa.com/content/files/MANUAL-MCPHERSON-AVR-SS053.pdf>
- <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica>
- http://www.inviertaencolombia.com.co/adjuntos/273_sector%20el%20a9ctrico%202010-06-22.pdf.
- <http://www.lestronics.com/MTS/SS053Standard.pdf>
- <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/003-10-GE-VIGENTE.pdf>

ANEXO 1	EXTRACTO DE NORMATIVAS CONELEC	1 / 3															
<p>REGULACIÓN CONELEC-004/01, 2014</p> <p>Objetivo</p> <p>El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.</p> <p>La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:</p> <p>Niveles de Voltaje</p> <p>El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje. Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:</p> <table border="1" data-bbox="405 1025 1262 1234"> <thead> <tr> <th></th> <th>Subetapa 1</th> <th>Subetapa 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto Voltaje</td> <td>± 7,0 %</td> <td>± 5,0 %</td> </tr> <tr> <td>Medio Voltaje</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje. Urbanas</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje. Rurales</td> <td>± 13,0 %</td> <td>± 10,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Etapas de Aplicación, se definen las siguientes Subetapas: Subetapa 1: de 24 meses de duración. Subetapa 2: tendrá su inicio a la finalización de la Subetapa 1, con una duración indefinida.</p> <p>La frecuencia de operación será de 60 Hz ± 3 Hz.</p> <p>Factor de Potencia Según (CONELEC-004/01, 2014), Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia ($\cos \phi$), si en el 5 % o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. El valor mínimo es de 0,92.</p>				Subetapa 1	Subetapa 2	Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %	Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %
	Subetapa 1	Subetapa 2															
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %															
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %															

ANEXO 1	EXTRACTO DE NORMATIVAS ICE	2 / 3
<p style="text-align: center;">INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD TELECOMUNICACIONES ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS Y SISTEMA DE PARALELISMO</p> <p>Frecuencia de salida.</p> <p>La frecuencia de operación será de 60 Hz \pm 3 Hz. La regulación de frecuencia no debe exceder \pm 0.25%.</p> <p>Regulación de voltaje</p> <p>El regulador de voltaje será del tipo estado sólido y permitirá una regulación automática de voltaje de salida de \pm 1% máximo desde vacío hasta plena carga. El regulador de voltaje permitirá una regulación automática de voltaje de salida de \pm 0.5% máximo incluyendo las variaciones de velocidad del motor y cambios en la carga.</p> <p>Proceso de Transferencia</p> <p>Se deberán suministrar los circuitos necesarios para la realización del proceso general de transferencia de carga, el cual deberá ajustarse a lo descrito a continuación:</p> <p>Tiempo de confirmación de falla de red comercial (TCFR): Retardo de Arranque</p> <p>Es el tiempo necesario para confirmar una anomalía en la red comercial, la cual puede ser por alto o bajo voltaje, alta o baja frecuencia, pérdida de fase. Los límites establecidos para dichos parámetros podrán ser ajustados según lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Bajo voltaje: Cuando el voltaje disminuye en un 10% del voltaje nominal. b) Alto voltaje: Cuando el voltaje aumenta en un 10% del voltaje nominal. c) Baja frecuencia: Cuando la frecuencia disminuye un 5% de la frecuencia nominal. d) Alta frecuencia: Cuando la frecuencia aumenta un 5% de la frecuencia nominal. <p>Al finalizar el TCFR se enviará la señal temporizada (0 -120 seg.) ajustable de arranque al motor generador. En caso de que las condiciones de la red comercial se normalicen antes de vencer este tiempo se cancelará la temporización de arranque del motor generador. El TCFR deberá ser de 0 a 300 segundos (ajustables).</p> <p>Tiempo de toma de carga (TTCC): Retardo de Transferencia</p> <p>El tiempo de toma de carga es el necesario para que el motor del grupo electrógeno una vez puesto en marcha y estabilizado, tanto en voltaje como en velocidad, sea capaz de tomar la carga fundamental y realizar la transferencia de la carga de la red comercial al motor generador.</p> <p>El TTCC deberá ser de 0 a 300 segundos (ajustables).</p>		

ANEXO 1	EXTRACTO DE NORMATIVAS IEEE	3 / 3
<p data-bbox="341 445 839 474">FÓRMULA DESBALANCE SEGÚN IEEE 1159</p> <p data-bbox="341 517 1313 654">En este caso el índice de desbalance se estima como la desviación máxima entre el valor de los voltajes de línea y el promedio de los voltajes de línea, dividida entre el promedio de los voltajes de línea, según se expresa en (5) donde los sub índices i y j corresponden a las fases a, b y c.</p> $u_2 = 100 \cdot \max\left[\frac{u_{i,j} - u_{media}}{u_{media}}\right] \quad (5)$ <p data-bbox="341 943 970 972">LÍMITE PARA EL INDICE DE DESBALANCE EN TENSION</p> <p data-bbox="319 1014 1313 1111">La norma IEC 61000-2-2, al igual que la norma IEEE 1159, recomienda que el índice de desbalance de tensión en un suministro eléctrico no debe superar el 2 %. Y el desbalance de corriente no debe superar el 10%.</p>		

ANEXO 2	DATOS PARA CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD GENERADOR 1301 Y 1302 ANTES DE LA PROPUESTA	1 / 2
----------------	--	--------------

**DATOS DE GRUPOS ELECTROGENOS 1301 Y 1302
POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO
ESTACIÓN QUIJOS**

PERIODO ENERO - JULIO 2015

Fuente: Sistema Main Tracker, Bitácora de Operaciones e Informes semanales de turnos de trabajo de Mantenimiento Eléctrico Año 2015

FALLAS	HORAS DE PARO	
	GEN 1301	GEN 1302
Tarjeta de control de arranque G.2		2
Cambio de tarjeta mainboard G.2		3
Megado de bobinado G.1	3	
Tarjetas de control de instrumentos G.2		2
Relés de tarjeta Mainboard G.2		2
Electroimán G.2		2
Sistema de arranque del G.2		3
Revisión de generación del G.1	6	
Cambio de diodos G.2		4
Cambio de tarjeta AVR G.1	2	
Cableado tablero PLC-G.1 G.1	3	
Sistema de arranque del G.1	3	
Transferencia del G.2		2
Electroimán G.1	2	
TOTAL DE FALLAS	19	20

Elaborado por:

Ing. Manuel A. Chuquimarca S.

TÉCNICO LÍDER DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

OSAYACU, 2016-01-27

ANEXO 2	DATOS PARA CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD GENERADOR 1301 Y 1302 ANTES DE LA PROPUESTA	2 / 2
----------------	--	--------------

**DATOS DE GRUPOS ELECTROGENOS 1301 Y 1302
POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO
ESTACIÓN QUIJOS**

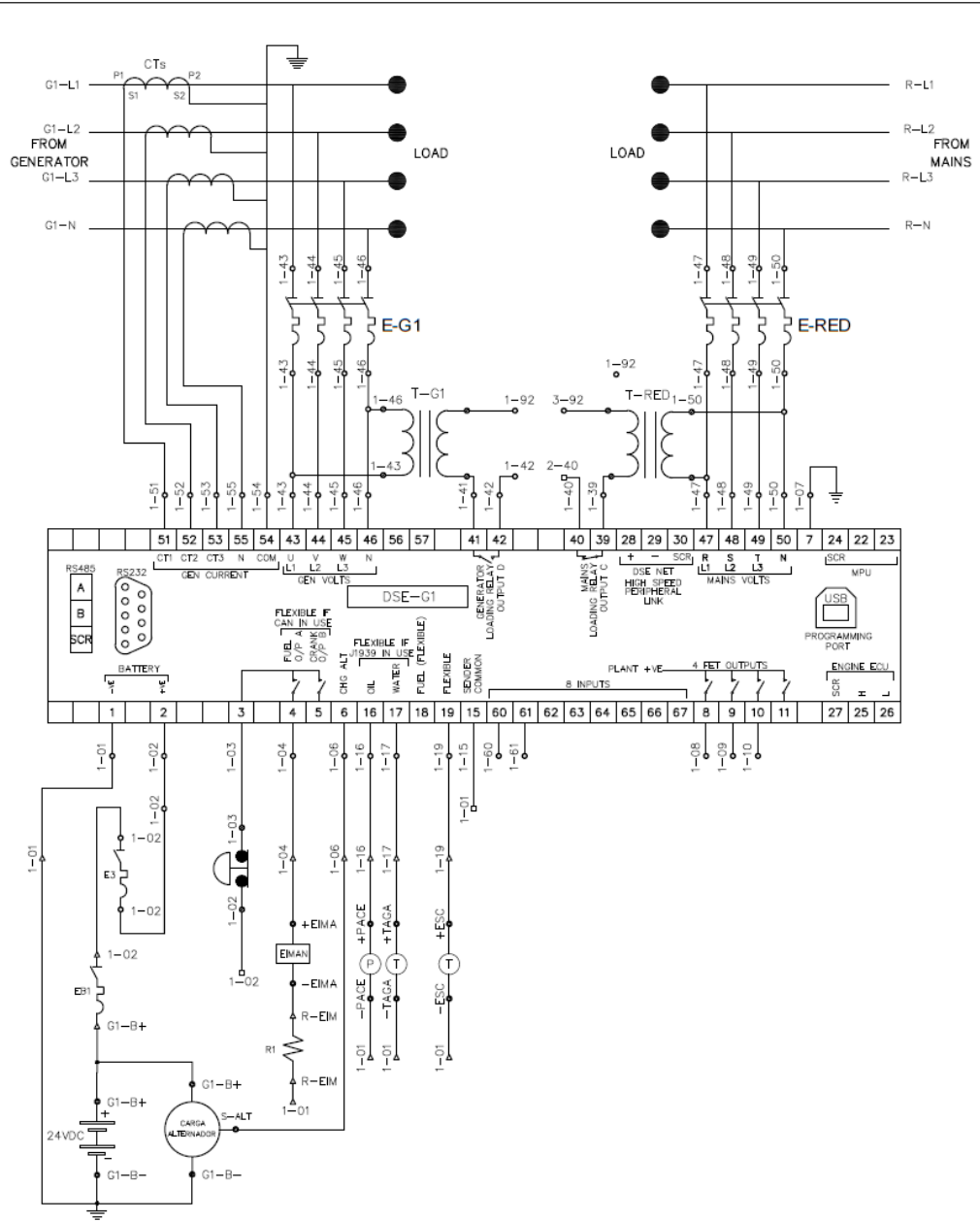
PERIODO ENERO - JULIO 2015

Fuente: Sistema Main Tracker, Bitácora de Operaciones e Informes semanales de turnos de trabajo de Mantenimiento Eléctrico Año 2015

DATOS GENERADORES	CÓDIGO ACTIVO	HORAS TRABAJADAS	CANTIDAD DE FALLOS (M.C.)	CANTIDAD DE HORAS DE FALLO (HORAS DE PARO)
GENERADOR 1301	EGMD0003PS	206	13	19
GENERADOR 1302	EGMD0004PS	219	10	20
MOTOR DE GENERADOR 1301	CEDE0010PS	206	0	0
MOTOR DE GENERADOR 1302	CEDE0011PS	219	3	15
GRUPO ELECTROGENO 1301		206	13	19
GRUPO ELECTROGENO 1302		219	13	35

DISPONIBILIDAD GRUPOS ELECTROGENOS		
GEN 1301	T.P.P.F	15.85
	T.P.P.R	1.46
	DISP (%)	91.57
GEN 1302	T.P.P.F	16.85
	T.P.P.R	2.69
	DISP (%)	86.23

La elaboración de los planos se llevó a cabo bajo la nomenclatura del Manual de Elaboración de Planos, Nomenclatura y Codificación para Equipos e Instrumentos de Petrocomercial ex filial de EP Petroecuador.



PROYECTO:
AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232
CON MODULOS DSE 7320

DISEÑADO POR:
ING. MANUEL CHUQUIMARCA

FECHA:
11/10/2015

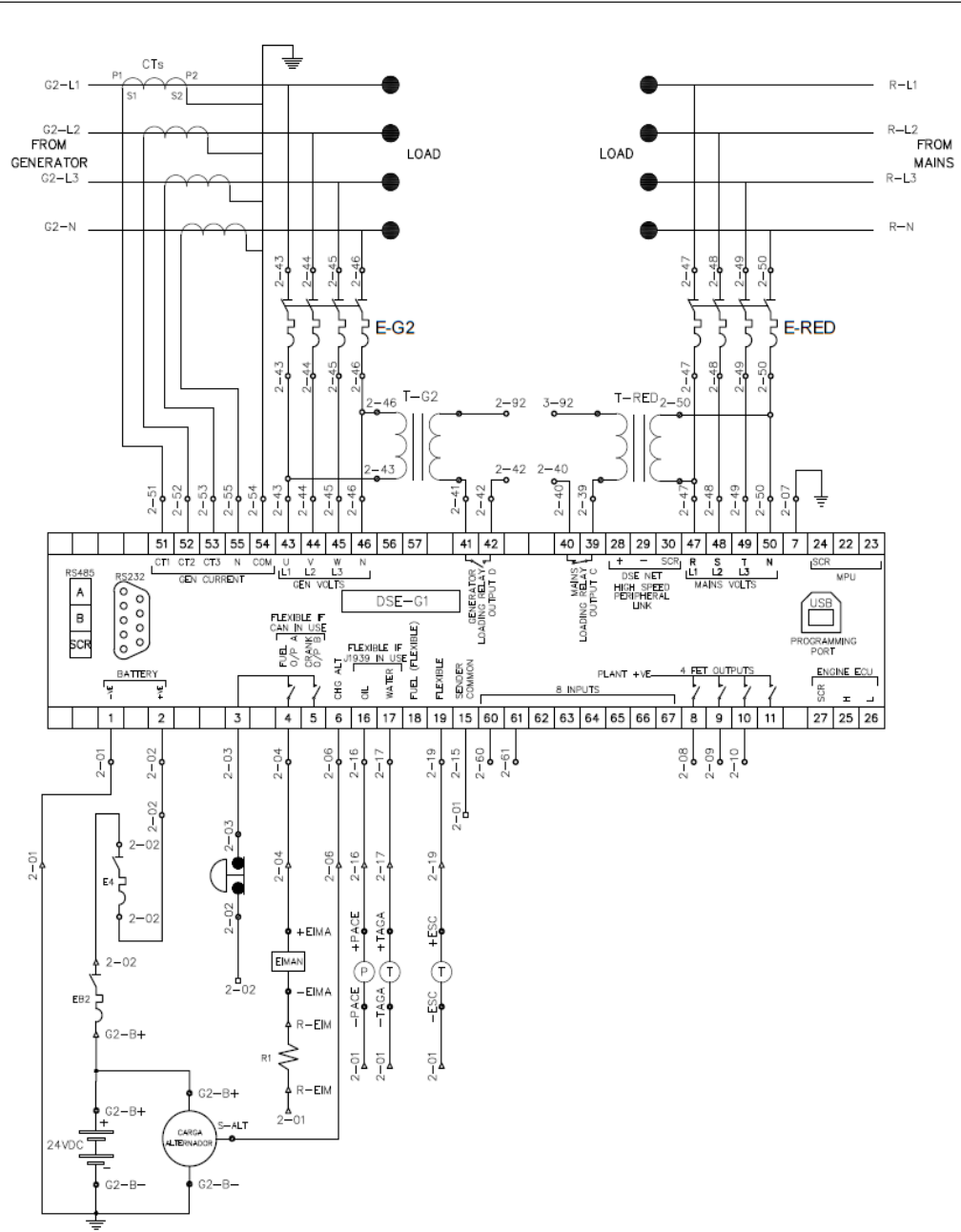


TITULO:
CONEXION MODULO DSE 7320 GENERADOR 1

REVISADO POR:
ING. WILSON PAZMIÑO

HOJA:
1/6
REVISION:
REV 2

POLIDUCTO
SHUSHUFINDI-QUITO
AREA:
MANTENIMIENTO ELECTRICO



PROYECTO:
AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232
CON MODULOS DSE 7320

TITULO:
CONEXION MODULO DSE 7320 GENERADOR 2

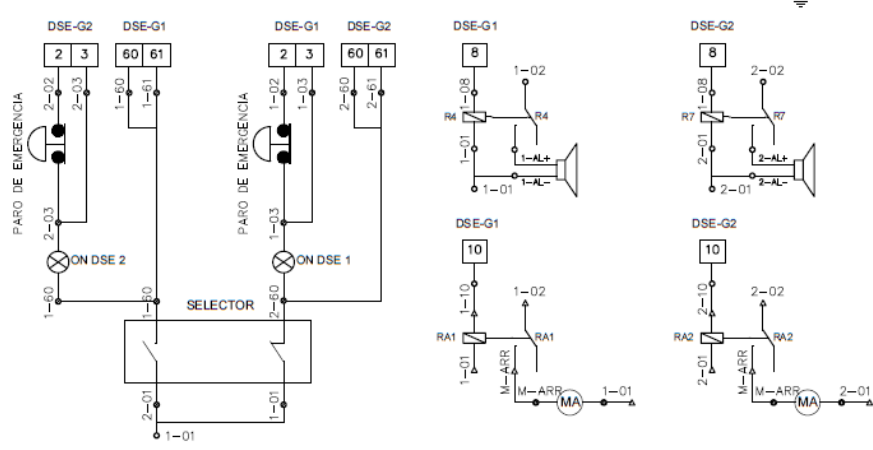
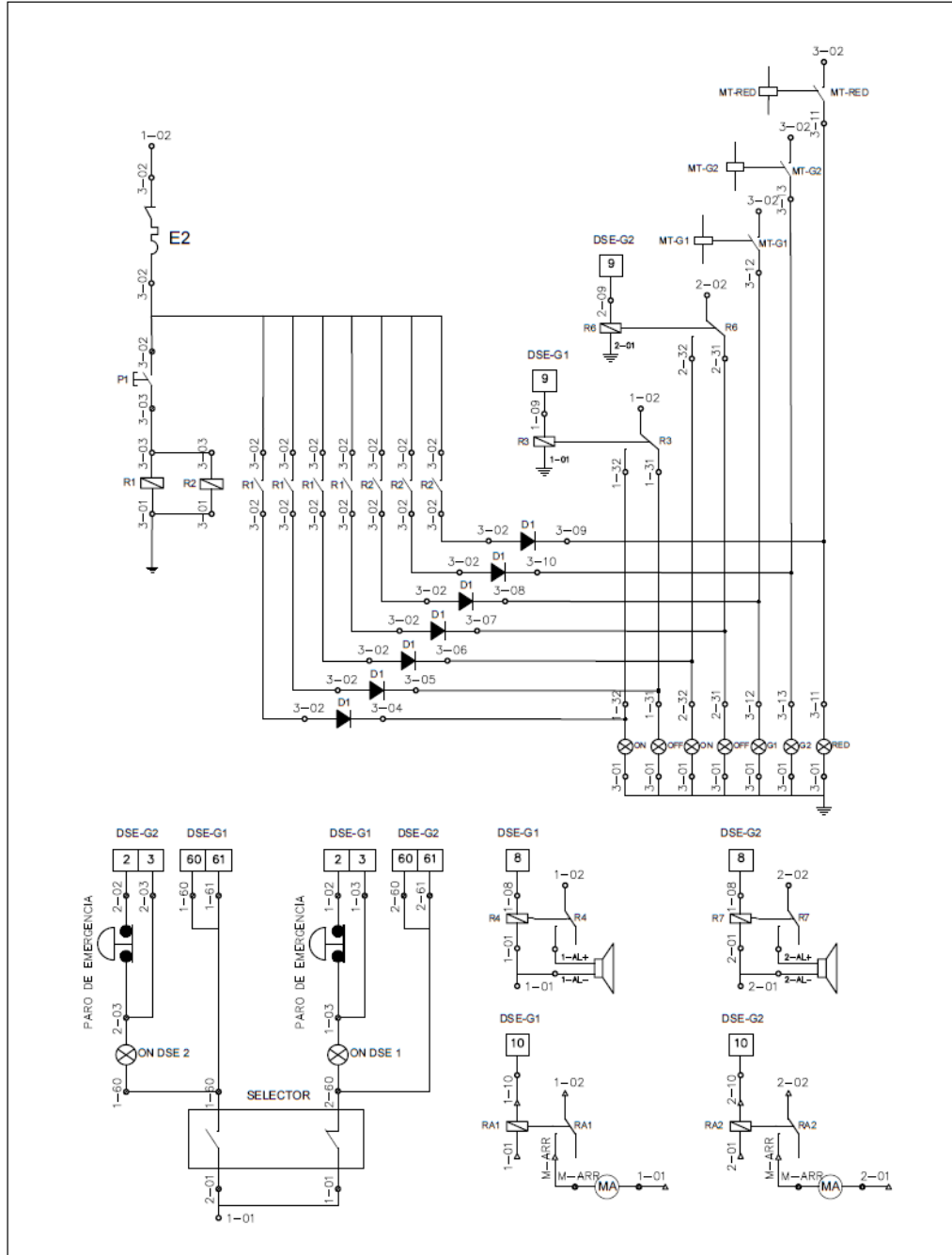
DISEÑADO POR:
ING. MANUEL CHUQUIMARCA


REVISADO POR:
ING. WILSON PAZMIÑO

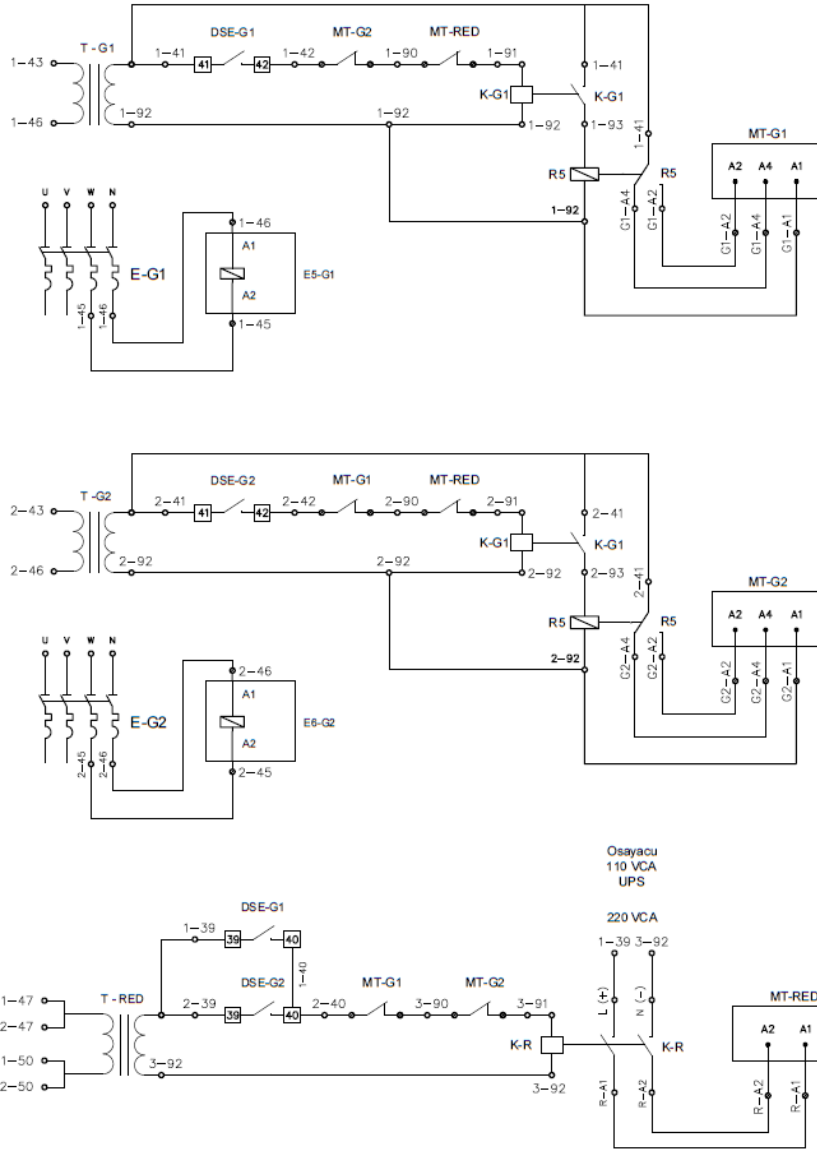
FECHA:
11/10/2015
HOJA:
2/6
REVISION:
REV 2




PETROECLUADOR
POLIDUCTO
SHUSHUFINDI-QUITO
AREA:
MANTENIMIENTO ELECTRICO

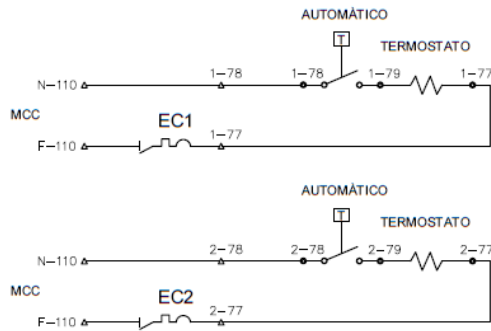


<p>PROYECTO: AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232 CON MODULOS DSE 7320</p>	<p>DISEÑADO POR: ING. MANUEL CHUQUIMARCA</p>	<p>FECHA: 11/10/2015</p>	 <p>POLIDUCTO SHUSHUFINDE-QUITO</p>
<p>TITULO: LUCES DE CONTROL Y SIRENAS DEL TABLERO</p>	<p>REVISADO POR: ING. WILSON PAZMIÑO</p>	<p>HOJA: 3 / 6</p>	

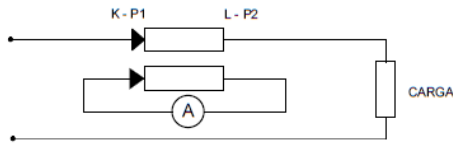


<p>PROYECTO: AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232 CON MODULOS DSE 7320</p>	<p>DISEÑADO POR: ING. MANUEL CHUQUIMARCA</p>	<p>FECHA: 11/10/2015</p>	 POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO
<p>TITULO: CONEXION PROTECCIONES DEL TABLERO</p>	<p>REVISADO POR: ING. WILSON PAZMIÑO</p>	<p>HOJA: 4 / 6</p>	

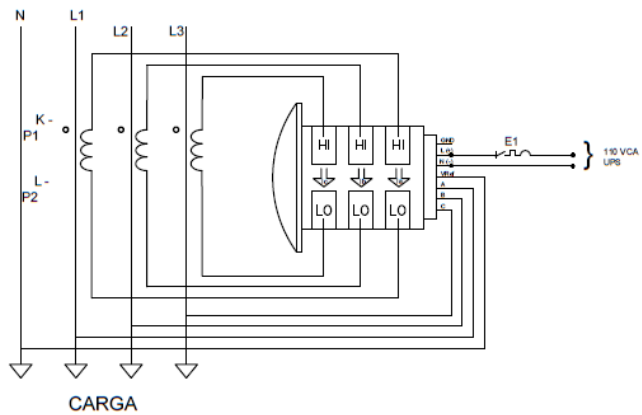
CONEXIÓN EN MOTORES DE GENERADOR 1 Y GENERADOR 2




CONEXIÓN TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



CONEXIÓN MEDIDOR DE ENERGÍA SHARK 200




<p>PROYECTO: AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232 CON MODULOS DSE 7320</p>	<p>DISEÑADO POR: ING. MANUEL CHUQUIMARCA</p>	<p>FECHA: 11/10/2015</p>	
<p>TITULO: VARIAS CONEXIONES</p>	<p>REVISADO POR: ING. WILSON PAZMIÑO</p>	<p>HOJA: 5 / 6</p>	

CAJA DE CONEXIONES GEN 1		
DESCRIPCIÓN	TERMINAL	NOMENCLATURA
24 VCD	Positivo Baterías G1	G1-B+
	Negativo Baterías G1	G1-B-
110 VCA MCC	Fase calentador de agua	F-110
	Neutro calentador de agua	N-110
DSE GENERADOR 1	1-04	+EIMAN
	1-06	S-ALT
	1-10	START
	1-16	+PACE
	1-17	+TAGA
	1-19	+ESC

CAJA DE CONEXIONES GEN 2		
DESCRIPCIÓN	TERMINAL	NOMENCLATURA
24 VCD	Positivo Baterías G2	G2-B+
	Negativo Baterías G2	G2-B-
110 VCA MCC	Fase calentador de agua	F-110
	Neutro calentador de agua	N-110
DSE GENERADOR 2	2-04	+EIMAN
	2-06	S-ALT
	2-10	START
	2-16	+PACE
	2-17	+TAGA
	2-19	+ESC

CALIBRE DE CONDUCTORES ELECTRICOS	
CALIBRE AWG	DETALLE DE USO
16	Cableado del tablero KUHSE
	Cableado instrumentacion motor
	Cableado KUHSE - GEN1 / GEN 2.
	Cableado señal alternador
14	Alimentación 24 VDC tablero KUHSE
12	Alimentación 110 VCA
	Cableado motor de arranque
10	Alimentacion baterias 24 VDC

PROYECTO: AUTOMATIZACION DE GENERADORES 232 CON MODULOS DSE 7320	DISEÑADO POR: <hr/> ING. MANUEL CHUQUIMARCA	FECHA: 11/10/2015	
	TITULO: NOMENCLATURA Y SIMBOLOGIA	REVISADO POR: <hr/> ING. WILSON PAZMIÑO	
		REVISION: REV 2	AREA: MANTENIMIENTO ELECTRICO

MANUAL DE OPERACIONES

AUTOMATIZACIÓN TABLERO DE TRANSFERENCIA KUHSE

POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO

ESTACIÓN QUIJOS

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

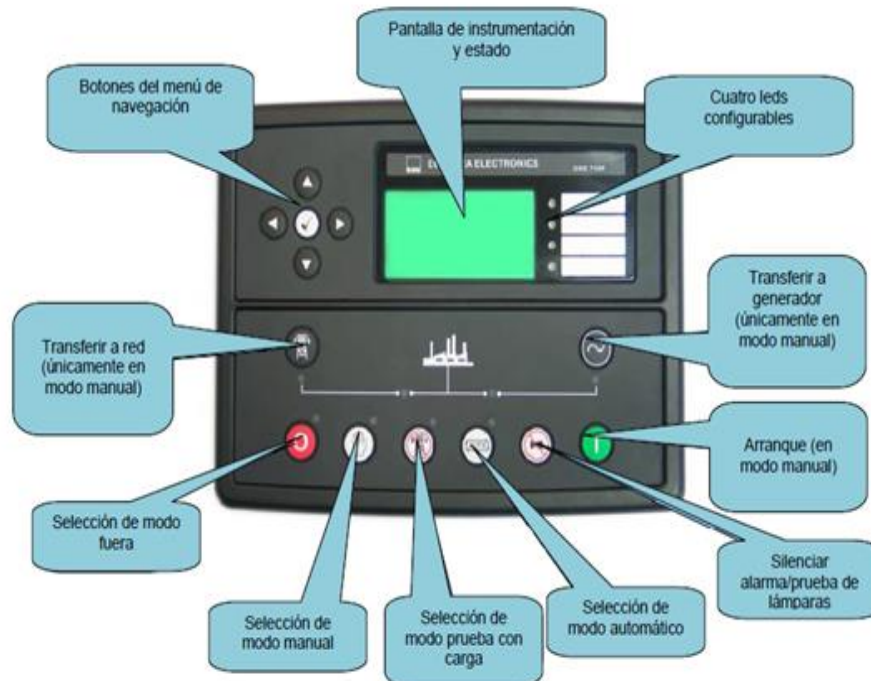
La automatización del tablero de transferencia principal KUHSE se ha logrado a través de dos tarjetas electrónicas de la marca Deep See Electronics modelo DSE 7320, las cuales son las encargados de controlar el encendido, apagado y la transferencia automática de los grupos electrógenos (generadores) 1301 y 1302. Cada tarjeta DSE 7320 posee una pantalla de texto LCD, que permite al operador monitorear la instrumentación sobre el motor, generador y red del interconectado, con solo acceder a los menús desplegables.

Adicionalmente el tablero cuenta con un medidor de potencia y energía SHARK 200. Esta unidad dispone de un registro de datos y perfiles de carga para proporcionar un análisis de calidad de energía.

2. TARJETA ELECTRÓNICA DSE 7320

A continuación se muestra una descripción de los controles que posee la tarjeta electrónica DSE 7320. Al seleccionar cualquiera de los modos un indicador LED color rojo a lado del botón se encenderá para indicar que dicho modo está activo.

Grafico N° 1: Tarjeta DSE 7320



3. TABLERO AUTOMATIZADO KUHSE

A continuación se muestra una descripción de los elementos del tablero.

Grafico N° 2: Identificación de elementos en Tablero KUHSE




En la Tabla N° 1 se muestra la descripción detallada de los numerales señalados en el Grafico N°2.

Tabla N° 1: Descripción detallada de elementos de tablero KUHSE

NUMERAL	DATALLE
1	Medidor de potencia y energía
2, 3	Luz piloto de generador activo
4,5	Tarjetas DSE 7320 GEN 1301 Y GEN 1302 respectivamente.
6	Selector de generador activo
7,8	Paros de emergencia (STOP)
9,11	Luz piloto de generador encendido (ON)
10,12	Luz piloto de generador apagado (OFF)
13, 14, 15	Luz piloto de transferencia de carga (LOAD)
16	Pulsador comprobador de luces del tablero (LIGHTS)

De aquí en adelante a cada elemento del tablero se hará referencia de acuerdo a su respectivo numeral para facilidad de comprensión en el funcionamiento del tablero de transferencia KUHSE.

4. SELECCIÓN ACTIVA DEL GENERADOR 1301

Al conmutar el selector (6) al generador 1301, la alarma sonora del generador 1302 se activará, por lo tanto lo primero que se debe hacer es, silenciar la alarma presionando la tecla  de la tarjeta DSE 7320 que controla al generador 1302.




Una vez seleccionado el generador 1301, la luz piloto 2 se encenderá, posteriormente se debe restablecer la tarjeta DSE 7320 del generador 1301 a través de la tecla , y se debe poner a la tarjeta en modo automático . Lo dicho anteriormente se ilustra gráficamente en la siguiente imagen.

Grafico N° 3: Selección del generador 1301



5. SELECCIÓN ACTIVA DEL GENERADOR 1302

Al conmutar el selector (6) al generador 1302, la alarma sonora del generador 1301 se activará, por lo tanto lo primero que se debe hacer es, silenciar la alarma presionando la tecla  de la tarjeta DSE 7320 que controla al generador 1301.



Una vez seleccionado el generador 1302, la luz piloto 3 se encenderá, posteriormente se debe restablecer la tarjeta DSE 7320 del generador 1302 a través de la tecla , y se debe poner a la tarjeta en modo automático . Lo dicho anteriormente se ilustra gráficamente en la siguiente imagen.

Grafico N° 4: Selección de generador 1302



6. TRANSFERENCIA DE CARGA EN MODO AUTOMÁTICO.


Seleccione AUTO  en el panel frontal de la tarjeta DSE 7320 del generador que se encuentra seleccionado como activo. Este modo permite a la tarjeta controlar automáticamente la función del generador. La tarjeta monitorea el estado de suministro eléctrico de la red del interconectado y una vez que se detecte pérdida de fases o bajo voltaje, la secuencia de arranque inicia y el motor debe alcanzar la velocidad de operación. Una vez que el generador está disponible se realiza la transferencia automática de carga, el tiempo aproximado de transferencia es de 25 segundos desde que se pierde el suministro eléctrico.

Grafico N° 5: Transferencia de carga en modo automático



La tarjeta DSE 7320 al detectar la presencia y comprobar los parámetros nominales del suministro eléctrico de la red del interconectado automáticamente transferirá carga a la red. Y después de un tiempo aproximado de 30 segundos se apagará el generador.

7. ARRANQUE MANUAL DEL GENERADOR 1301.

Este procedimiento se lo realiza como calentamiento del motor a combustión para posteriormente ejecutar el cambio de aceite.




Seleccionar el generador 1301 como activo. El modo manual se activa presionando el botón  en el panel frontal de la tarjeta DSE 7320, posteriormente presionar el botón start  para que arranque el motor, tal como se indica en la siguiente figura.

Grafico N° 6: Modo manual del generador



En este modo el motor continuara en marcha hasta que el botón detener  es presionado.

8. ARRANQUE MANUAL DEL GENERADOR 1302.

Este procedimiento se lo realiza como calentamiento del motor a combustión para posteriormente ejecutar el cambio de aceite.




Seleccionar el generador 1302 como activo. El modo manual se activa presionando el botón  en el panel frontal de la tarjeta DSE 7320, posteriormente presionar el botón start  para que arranque el motor, tal como se indica en la siguiente figura.



Grafico N° 7: Modo manual del generador 1302



En este modo el motor continuara en marcha hasta que el botón detener  es presionado.

9. TRANSFERENCIA DE CARGA EN MODO MANUAL.

Este procedimiento se lo llevará a cabo cuando el generador es encendido en forma manual, y no se dispone del suministro eléctrico de la red del interconectado.

Una vez encendido el generador y alcanzado los parámetros nominales de generación (voltajes y frecuencia) un indicador LED color verde debajo del botón  se encenderá, indicando que el generador se encuentra disponible para tomar carga, posteriormente se debe presionar el botón  para realizar la respectiva transferencia de carga.



Después de haber confirmado la existencia de energía eléctrica de red se debe presionar el botón  para transferir carga a la red.

Grafico N° 8: Transferencia de carga en modo manual




Si este procedimiento se quiere realizar cuando se dispone del suministro eléctrico de la red del interconectado, pues automáticamente se realizara la transferencia de carga con la red, quedando encendido el generador a esperas de que se le mande a detener.


10. PAROS



Cuando una alarma está presente, la alarma audible se activa, la alarma puede ser silenciada presionando el botón , la pantalla LCD cambiara de la página de información para mostrar la página de alarmas.

La pantalla LCD muestra múltiples alarmas, ejemplo: Paro por alta temperatura del motor, Paro de emergencia, baja presión de aceite, etc.

Los paros son alarmas no autoreseables y detienen el generador. Borrar la alarma y eliminar la falla, después presione el botón Detener/Restablecer , para restear la tarjeta DSE 7320. No olvide poner la tarjeta en modo AUTOMATICO.

11. VISUALIZACIÓN DE CONDICIONES.

La toma de condiciones se realiza de las diferentes páginas de información desplazándose a través del menú de navegación  de la tarjeta DSE 7320. Usado para navegar por la instrumentación, registros de eventos y pantallas de configuración.

Los botones anterior/siguiente  sirven para desplazarse entre las páginas de información (estado, motor, generador, red, alarmas, registro de eventos, puerto serial). Y a través de los botones arriba/abajo  para ver la instrumentación que contienen cada una de las páginas de información.

En la siguiente tabla se muestra el contenido desglosado de cada uno de las páginas de información de la tarjeta electrónica DSE 7320.

Tabla N° 2: Páginas de información DSE 7320

Páginas de información	Contenido e Instrumentación
Estado	Muestra los estados: generador en reposo, generador disponible, con carga, etc.
Motor	Velocidad, presión de aceite, temperatura de refrigerante, voltaje de baterías, tiempo de operación, sensor de escape,
Generador	Voltaje, frecuencia, corriente, carga de generador, factor de potencia, secuencia de fases.
Red	Voltaje, frecuencia, secuencia de fases.
Alarma	La tarjeta muestra mensajes de alarmas.
Registro de eventos	La tarjeta mantiene un registro de las últimas alarmas y/o cambios de estado de selección.
Puerto serial	Muestra la configuración del puerto serial: Velocidad de transmisión, dirección esclavo.

12. MEDIDOR SHARK 200

El Shark 200 es un medidor multifunción, registro de datos, medidor de potencia y energía con capacidad de grabación de forma de onda, La unidad proporciona medición multifunción de todos los parámetros eléctricos y hace que los datos estén disponibles en múltiples formatos a través de la pantalla. La unidad también cuenta con el registro de datos y perfiles de carga para proporcionar un análisis de datos históricos, y la grabación de forma de onda que le permite mejorar el análisis de calidad de energía.

Grafico N° 9: Medidor Shark 200



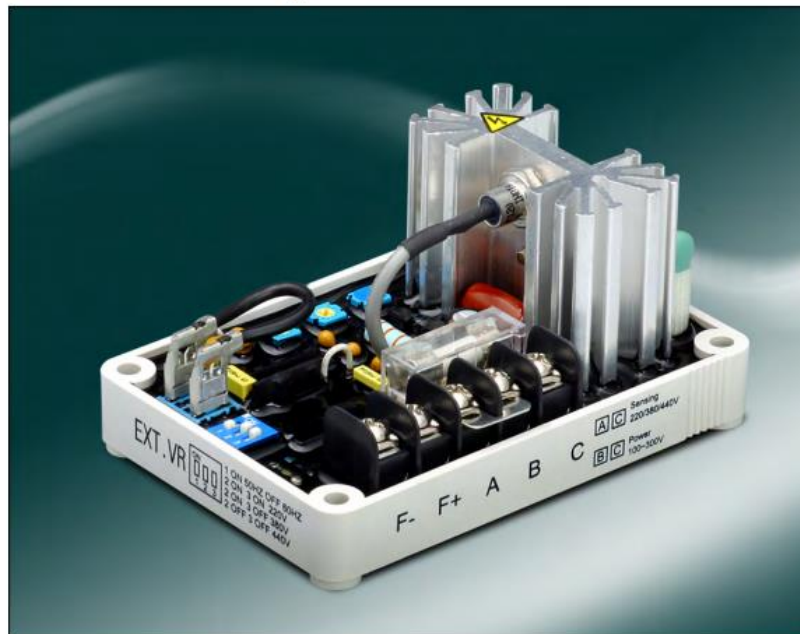
Puede utilizar el botón de abajo de la carátula del medidor Shark 200 para visualizar las lecturas de energía, o esperar que el cambio se lo realice automáticamente, cada parámetro se muestra durante 7 segundos, con una pausa de 1 segundo entre los parámetros.

Cada vez que presione el botón de abajo podrá ver los parámetros de energía tales como: voltajes línea-neutro, voltajes línea-línea, corrientes en cada línea, potencia, factor de potencia, frecuencia, etc. A medida que pulsa el botón de abajo el designador de parámetros le indica la unidad de medida de la lectura desplegada a través del encendido de un indicador LED color rojo.

Universal

SS-053

Generator Automatic Voltage Regulator Operation Manual



Self Excited Automatic Voltage Regulator
5 Amp AVR For General Generators

1. INTRODUCTION

Sensing Input		External Volts Adjustment
Voltage	220 / 380 / 440 VAC, 1 phase 2 wire DIP switch selectable	7% with 1K ohm 1 watt trimmer
Frequency	50 / 60 Hz, DIP switch selectable	EMI Suppression Internal electromagnetic interference filtering
Power Input		Unit Power Dissipation
Voltage	100 ~ 300 VAC, 1 phase 2 wire or internal Auxiliary Winding	Max. 8 watt
Output		Under Frequency Protection (Factory Setting)
Voltage	Max. 63 VDC @ 220 VAC input Max. 90 VDC @ 240 VAC input	60 Hz system presets knee point at 55 Hz 50 Hz system presets knee point at 45 Hz
Current	Continuous 5A Intermittent 7A for 10 sec	Soft Start Ramp Time 3 sec.
Resistance	Min. 15 ohm Max. 100 ohm	Dimensions 101mm L * 69mm W * 47.5mm H
Voltage Regulation < ± 0.5% (with 4% engine governing)		Weight 183g ± 2%
Voltage Build-up Residual voltage at AVR terminal > 5 VAC		
Thermal Drift 0.03% per °C change in AVR ambient		

2. WIRING

In a standard AVR, when the generator has an unbalanced load, the NEUTRAL conducts the current from this unbalance load, and the voltage from the N to the 3 phases constantly changes the sensing reference input voltage to the AVR making it hard to have a constant output voltage on the generator.

This model AVR corrects this problem by sensing directly from the output of the generator being it 220, 380, or 490 volts.

- When the rated phase voltage of the generator is 220VAC, the input terminals B, C and sensing terminals A, C are the same (as in figure 3 factory setting). or connect independent. (as show as figure 2).
- But when the voltage of the generator is 380V, 480V, the power input terminals B, C and sensing terminals A, C are connected separately (as show in Figure 4 or figure 5). Power inputs B and C must never go over 300 VAC.

3. F+, F- terminals connect to the generator field. (J and K)

4.- For use with independent power winding see Fig 10

EXT.VR is rated at (1K Ohm 1W) Keep terminals shorted when the external pot is not used.

P.S. : A, B, C, F+, F- usage AWG 16 1.25 mm² wire gauge are 85°C above 600V.

The EXT.VR connection wires must be insulated.

3. ADJUSTMENTS

Set voltage setting for 220V / 380V / 440V and frequency setting for 50/60HZ is show in figure 7. double check the voltage/frequency setting before start the generator.

CAUTION :

THE GENERATOR OR AVR MAY BE DAMAGED IF THE VOLTAGE / FREQUENCY SELECTOR SETTING IS SET WRONG.

UFRO DIP:
Close - refer to solid curve in Figure 8.
Open - refer to dotted curve in Figure 8.

build-up voltage for the regulator. If reversing the field wires does not induce build-up, and the residual voltage is less than then 5 Vac, stop the engine and proceed with the next steps

1 Before starting the generator, set the voltage and stability, adjustment full CCW and with the engine runs, set the voltage adjustment CW to the voltage required. (If you are using an external remote pot, set this pot to its center position before adjusting the pot on the AVR)

1. With the engine at rest and the regulator's field wires disconnected, apply the DC voltage from a 12 volt battery to the fields with the Positive to F+ and Negative to F-, using a current-limiting resistor from 3 to 5 ohms 20 watt. (The set battery is OK.)

2. Adjust the "STAB" move CW slowly until the voltage becomes unstable and then back it up. When under-adjusted, the AVR reaction time is slow. By using an old-fashioned needle voltmeter, adjusting the "stability" is easier when you are looking for a stable needle when changing load.

2. Flash allowing 3 seconds before removing the DC volts.

3. Disconnect the AVR (wires 3 and 4) start the generator and remeasure the "residual" voltage, if this voltage is now greater than 5 Vac, reconnect the voltage regulator. But if less than 5 Vac repeat the field flashing procedure.

4. FIELD FLASHING

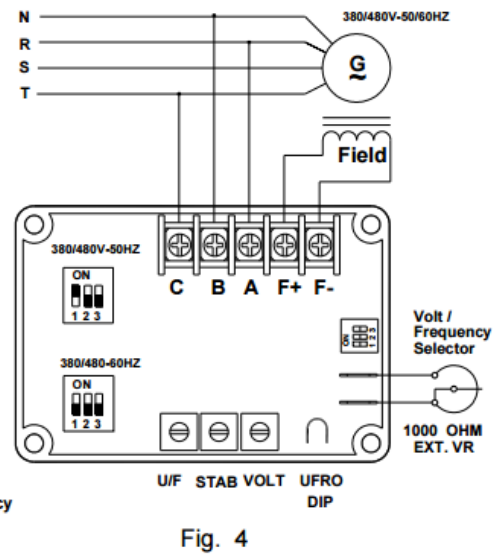
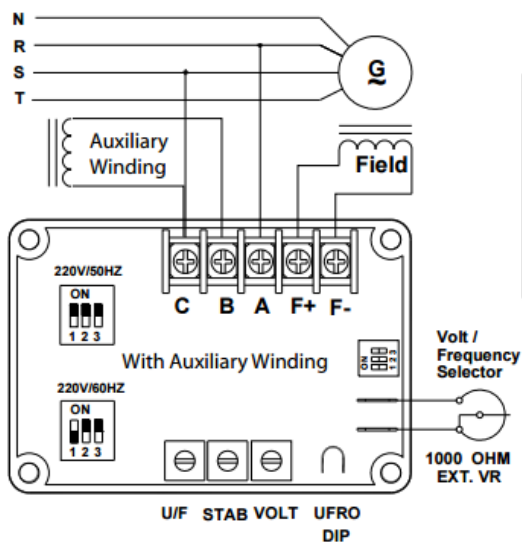
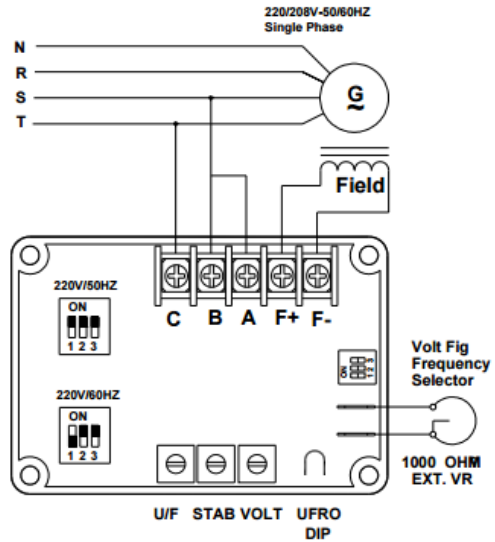
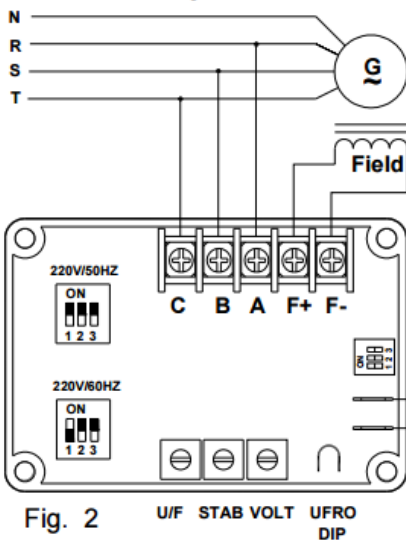
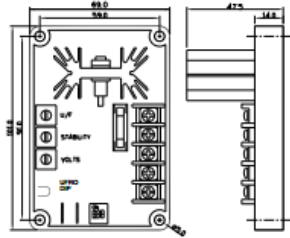
When the regulator is operated for the first time the polarity of residual magnetism may be reversed or too small to achieve the necessary

4. If repeating steps a and b does not result in generator voltage build-up, but residual is greater than 5 Vac, replace the voltage regulator.

5. TROUBLE SHOOTING

SYMPTOM	CAUSE	CORRECTION
Voltage does not build up	Engine speed is too low.	refer to the Generator Manual.
	Residual voltage is too low.	refer to the section introduction of excite.
	B,C,F+,F- wires are not connected well. Defective Generator.	refer to Figure 2 - Figure 5. refer to the Generator Manual.
Out voltage low	The input wiring of A,B,C are not correct.	refer to Figure 2 - Figure 5.
	Check the external potentiometer.	Check wiring and potentiometer.
	Under frequency.	refer to the Generator Manual.
	The exciter does not match the AVR. The voltage / frequency selector setting is not correct.	refer to the Generator Manual. refer to Figure 7.
Fuse blown	The exciter flash is too large or wiring doesn't connect well.	refer to the Generator Manual. refer to Figure 2 - Figure 5.
Out voltage high	A,C terminals are not connect or wiring incorrect.	refer to Figure 2 - Figure 5.
	The voltage / frequency selector setting is not correct.	refer to Figure 7.
Out voltage instable	Stability Adjustment doesn't adjust well.	refer to the section introduction of Adjustment.

6. FIGURE AND SIZE



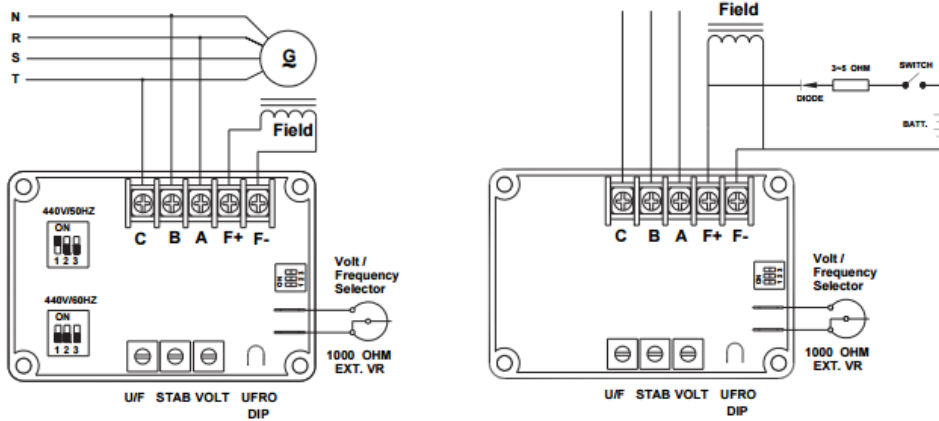


Figure 5

Flash with Battery
Figure 6

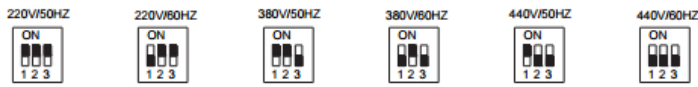
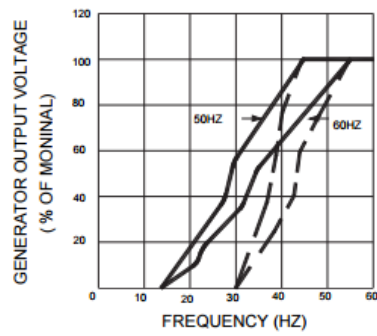
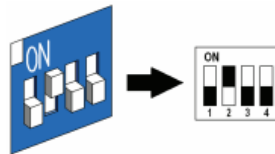
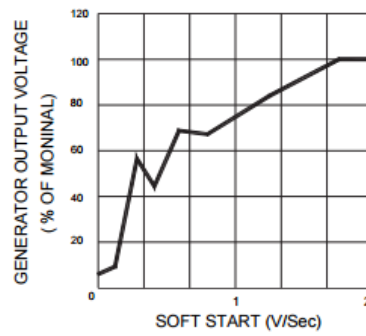


Figure 7



Frequency Compensation Curves
Figure 8



Soft Start Curve
Figure 9

ANEXO 6	DATOS PARA CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD GENERADOR 1301 Y 1302 IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA	1 / 2
----------------	---	--------------

**DATOS DE GRUPOS ELECTROGENOS 1301 Y 1302
POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO
ESTACIÓN QUIJOS**

PERIODO SEPTIEMBRE 2015 - MARZO 2016

Fuente: Sistema Máximo, Bitácora de Operaciones e Informes semanales de turnos de trabajo de Mantenimiento Eléctrico Año 2015 - 2016.

FALLAS	HORAS DE PARO	
	GEN 1301	GEN 1302
Cambio de baterías	1	
Cambio de sensor de presión		1
TOTAL DE FALLAS	1	1

Elaborado por:

Ing. Manuel A. Chuquimarca S.

TÉCNICO LÍDER DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

OSAYACU, 2016-04-05

ANEXO 6	DATOS PARA CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD GENERADOR 1301 Y 1302 IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA	2 / 2
----------------	---	--------------

**DATOS DE GRUPOS ELECTROGENOS 1301 Y 1302
POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO
ESTACIÓN QUIJOS**

PERIODO SEPTIEMBRE 2015 - MARZO 2016

Fuente: Sistema Máximo, Bitácora de Operaciones e Informes semanales de turnos de trabajo de Mantenimiento Eléctrico Año 2015 - 2016.

DATOS GENERADORES	CÓDIGO ACTIVO	HORAS TRABAJADAS	CANTIDAD DE FALLOS (M.C.)	CANTIDAD DE HORAS DE FALLO (HORAS DE PARO)
GENERADOR 1301	EGMD0003PS	200	0	0
GENERADOR 1302	EGMD0004PS	190	0	0
MOTOR DE GENERADOR 1301	CEDE0010PS	200	1	1
MOTOR DE GENERADOR 1302	CEDE0011PS	190	1	1
GRUPO ELECTROGENO 1301		200	1	1
GRUPO ELECTROGENO 1302		190	1	1

DISPONIBILIDAD GRUPOS ELECTROGENOS		
GEN 1301	T.P.P.F	200.00
	T.P.P.R	1.00
	DISP (%)	99.50
GEN 1302	T.P.P.F	190.00
	T.P.P.R	1.00
	DISP (%)	99.48

La tabla de datos para las gráficas de relación Voltaje vs Combustible y Frecuencia vs Combustible se presentan a continuación. Estos datos fueron tomados por un período de 1 hora.

Tiempo (s)	Caudal (L/h)	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)
0	0	0	0
5	0,15	11	4,9
10	0,2	98	32,6
15	0,26	182	52,6
20	0,34	462	62,7
25	0,45	489	62,6
30	0,59	485	62,7
60	0,79	479	60,6
100	1,09	480	60,3
150	1,79	480	60,2
230	2,49	481	60,9
450	3,29	479	60,3
900	5,67	478	61,1
1800	7,88	481	61,3
3600	10,41	480	60,9

El instrumento para la medición de combustible es un Electronic Fuel Meter, el mismo que se colocó al ingreso de la toma de combustible del grupo electrógeno tal como se muestra en la siguiente figura. La unidad de medida de este dispositivo es calibrable.



COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ESTACIÓN QUIJOS (INCLUYE REPUESTOS Y MANO DE OBRA

SISTEMA ANTERIOR (USD)	6022,91
SISTEMA NUEVO (USD)	2075,34
AHORRO ANUAL (USD)	3947,57

BENEFICIO POR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE GENERACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE

HORAS PROMEDIO MENSUALES DE PARO DE BOMBEO POR PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN	2
HORAS ANUALES DE PARO DE BOMBEO POR PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN	24
CAUDAL DEL TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES (bb/h)	400
TOTAL DE BARRILES ANUALES BOMBeadOS POR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE GENERACIÓN	9600
COSTO DE TRANSPORTE POR BARRIL (USD)	4,128
BENEFICIO POR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE GENERACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE	39628,8

HOJA DE CÁLCULO

