

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN
LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA
CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES
ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE
CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO EN
PETROAMAZONAS EP”**

Trabajo de titulación bajo la modalidad Estudio Técnico
previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR

Yuri Bladimir Villacís Chico

TUTOR:

Ing. Daniel Álvarez Msc.

AMBATO-ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de grado: “ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO EN PETROAMAZONAS EP”, presentado por el ciudadano Yuri, CERTIFICO, que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ambato agosto del 2016.

Ing. Daniel Álvarez Msc.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

El presente trabajo de investigación: “ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO EN PETROAMAZONAS EP”, es absolutamente original, auténtico y personal; en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto del 2016

Yuri Bladimir Villacís Chico

C.I. 1802375830

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Yuri Bladimir Villacís Chico, declaro ser autor del Estudio Técnico, titulado **“ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO EN PETROAMAZONAS EP”**, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 11 días del mes de agosto de 2016, firmo conforme:

Autor: Yuri Bladimir Villacís Chico

Firma:

Número de Cédula: 1802375830

Dirección: Isaías Sánchez y German Chacón (La Floresta)

Correo Electrónico: yuri_villacis@petroamazonas.ec

Teléfono: 032848126 - 0996768488

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Informe de Investigación Científico, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previa la obtención del Título de Ingeniero Industrial por lo tanto autorizamos al postulante a la presentación a efectos de su sustentación pública.

Ambato, agosto del 2016

Ing. Mg. Leonardo Cuenca N.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Edith Tubón N.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Marcelo Tierra A.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A Dios, hacedor de todas las cosas
existentes en el mundo

A mi esposa Silvia por brindarme su
comprensión, amor y cariño. A mis
hijos Estefanía, Natasha e Isaac, que
son mi fortaleza para escalar un
peldaño más en mi carrera profesional.

Yuri Bladimir

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanas y a toda mi familia que estuvieron apoyándome incondicionalmente. A mis amigos y personas que estuvieron en el transcurso de mi formación gracias por todo su apoyo.

A mi tutor el Ingeniero Daniel Álvarez por su guía y apoyo en la realización del presente estudio técnico.

Gracias a los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTI por sus enseñanzas, dedicación y por formarnos como buenos profesionales.

Gracias

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría del trabajo de grado.....	iii
Autorización Repositorio Digital.....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
Resumen ejecutivo.....	xiv
Summary.....	xv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Tema.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	5
Justificación.....	7
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	8

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio.....	9
Enfoque de la investigación.....	9
Justificación de la metodología.....	10
Población y muestra.....	10

Diseño del trabajo.....	12
Procedimiento para la obtención y análisis de datos.....	14
Hipótesis.....	16
Señalamiento de variables.....	16

CAPÍTULO III
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Descripción de los MCC.....	17
Topología eléctrica de los wellpads.....	19
Modelación con ETAP.....	22
Proceso de extracción de crudo.....	31
Entrevista a personal técnico.....	40
Cálculo de pérdidas de producción.....	45

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores de confiabilidad de los escenarios.....	47
Contraste con otras investigaciones.....	51
Verificación de hipótesis.....	54
Propuesta.....	57

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	60
Bibliografía	
Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población.....	11
Tabla 2: Operacionalización variable independiente.....	12
Tabla 3: Operacionalización variable dependiente.....	13
Tabla 4: Plan de recolección de información.....	14
Tabla 5: Análisis ETAP.....	30
Tabla 6: Conocimiento de responsabilidades y riesgos.....	40
Tabla 7: Análisis comparativo de escenarios operativos.....	41
Tabla 8: Eficiencia en seguridad y maniobras.....	42
Tabla 9: Aplicación práctica inmediata.....	43
Tabla 10: Reporte de fallas.....	44
Tabla 11: Alternativa 1.....	45
Tabla 12: Alternativa 2.....	46
Tabla 13: Matriz de confiabilidad.....	48
Tabla 14: Datos para la comprobación de hipótesis.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas.....	4
Figura 2: Shelter de equipos de superficie.....	17
Figura 3: Interior de un MCC.....	18
Figura 4: Exterior de un MCC.....	18
Figura 5: Construcción de facilidades.....	19
Figura 6: Topología eléctrica actual.....	20
Figura 7: Topología eléctrica propuesta.....	21
Figura 8: Barra AC Edit.....	23
Figura 9: Primeros pasos de modelación ETAP.....	24
Figura 10: Primeras verificaciones con ETAP.....	24
Figura 11: Dimensionamiento de dispositivos.....	25
Figura 12: Barra de herramientas ETAP.....	25
Figura 13: Análisis de flujo de carga.....	26
Figura 14: Alertas ETAP.....	26
Figura 15: Modelación ETAP corregida.....	27
Figura 16: Modelación corregida.....	27
Figura 17: Modelación corregida 480 v.....	28
Figura 18: Resultados del flujo de carga.....	28
Figura 19: Informes ETAP.....	29
Figura 20: Modelación ETAP a 13800v.....	29
Figura 21: Resultado del flujo de carga.....	30
Figura 22: Perforación de pozo exploratorio.....	32
Figura 23: Wellpad de producción.....	33
Figura 24: Moderna plataforma.....	34
Figura 25: Diseño de equipo de fondo.....	35
Figura 26: Proceso de extracción de crudo.....	37
Figura 27: Reporte diario de producción.....	39
Figura 28: Conocimiento de responsabilidades y riesgos.....	40
Figura 29: Análisis comparativo de escenarios.....	41
Figura 30: Eficiencia y seguridad en maniobras.....	42

Figura 31: Aplicación práctica inmediata.....	43
Figura 32: Reporte de fallas.....	44
Figura 33: Curva T-Student.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla T-Student

Anexo 2: Guion de entrevista

Anexo 3: Central de facilidad de procesos

Anexo 4: Reporte de producción Bloque Palo Azul

Anexo 5: Estudio ETAP, MCC 480 V, Diagrama de Análisis de Flujo

Anexo 6: Estudio ETAP, 13800 V, Diagrama de Análisis de Flujo

Anexo 7: Supresor de armónicos.

Anexo 8: Traje de seguridad ARC FLASH.

Anexo 9: Fosas de revisión.

Anexo 10: Cable TECK METAL CLAD.

Anexo 11: Electrical Canadian Code

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA DE PETROAMAZONAS EP CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO PRODUCTIVO”

Autor: Yuri Bladimir Villacís Chico

Tutor: Ing. Daniel Álvarez Msc.

RESUMEN EJECUTIVO

El proceso diario de extracción de crudo involucra una estrecha interrelación entre hombre y maquinaria. En el campo de operaciones se presentan distintos escenarios, por ejemplo el bloque petrolero Palo Azul de Petroamazonas extrae crudo de sus campos con métodos de levantamiento artificial basados en bombas electro sumergibles (ESP por sus siglas en Inglés) alimentados por energía eléctrica desde la superficie y controladas por medio de dispositivos electrónicos conocidos como variadores de frecuencia o variadores de velocidad (VSD por sus siglas en Inglés). Para esto se cuenta con centros de control de motores (MCC por sus siglas en Inglés) alimentados desde una planta de generación a 13800 voltios, método de distribución que es apropiado en el área petrolera. Basado en la experiencia y conocimientos adquiridos a lo largo de los años en distintas empresas y campos petroleros se entrega el presente análisis que busca contrastar entre los escenarios operativos descritos en el párrafo anterior, es decir, entre MCC alimentados directamente a 13800 voltios o MCC alimentados a 480 voltios. La contrastación busca establecer cuál de los dos escenarios incide en la acción extractiva de crudo, basados en aspectos como seguridad, maniobrabilidad de dispositivos, costos de facilidades, mejora de calidad de energía en la fuente, entre otros que han sido aplicadas en el método estadístico T-Student. Por medio de este método se busca confirmar la hipótesis establecida en el presente trabajo que dice que los MCC energizados a 480 voltios son más eficientes para alimentar a los equipos de superficie que mueven a las bombas electro sumergible de los pozos petroleros. No se busca en lo absoluto desmerecer los atributos y las características consideradas por los ingenieros en los diseños de las facilidades proyectadas o construidas actualmente a 13800 voltios, el presente trabajo no busca crear divergencia o división de criterios. Tan solo es un análisis que puede o no ser considerado en las futuras construcciones de las facilidades de la empresa en sus campos o wellpads de producción.

Palabras Clave: Artificial, escenarios, extracción, facilidades, levantamiento MCC, operativos, procedimiento, proceso, wellpads.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS DE PRODUCCIÓN PETROLERA DE PETROAMAZONAS EP CON CENTROS DE CONTROL DE MOTORES ENERGIZADOS A 13800 Y A 480 VOLTIOS DE CORRIENTE ALTERNA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO PRODUCTIVO”

Author: Yuri Bladimir Villacís Chico

Advisor: Eng. Daniel Álvarez Msc.

EXECUTIVE SUMMARY

The daily oil extraction process involves a close relationship between man and machinery. In the field of operations scenarios are presented, such as the oil block Palo Azul Petroamazonas extracted crude from their fields with artificial lift methods based on pumps electric submersible (ESP for its acronym in English) powered by electricity from the surface and controlled by known electronic devices such as inverters or variable speed drives (VSD English). For this it has motor control centers (MCC in English) fed from a generating plant to 13,800 volts, distribution method is appropriate in the oil sector. Based on the experience and knowledge acquired over the years in different companies and oil fields this analysis seeks to contrast between operating scenarios described in the preceding paragraph, ie between MCC fed directly to 13800 volts or MCC is delivered fed at 480 volts. The contrasting seeks to establish which of the two scenarios affects the extractive action of crude, based on aspects such as safety, handling devices, costs of facilities, improving power quality at the source, among others that have been applied in the statistician method T-Student. Through this method seeks to confirm the hypothesis established in this paper that says MCC energized at 480 volts are more efficient to feed the moving surface equipment electric submersible pumps from oil wells. Not looking at all detracting from the attributes and characteristics considered by engineers in the design of the planned or currently constructed facilities 13800 volts, this paper does not seek to create conflict or division criteria. It is just an analysis that may or may not be considered in the future construction of the facilities of the company in their fields or wellpads production.

Descriptors: Artificial, scenarios, extraction, facilities, lifting MCC, operating, procedure, process, wellpads.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

“Análisis comparativo de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna y su incidencia en el proceso de extracción de crudo en Petroamazonas EP”

Introducción

Las operaciones petroleras están día tras día sometidas a constantes cambios de mejoras, se podría decir que todas las estaciones y facilidades de producción son entes vivientes por que continuamente se las somete a trabajos de mejora lo que involucran cambios, ampliaciones o reducciones, reemplazos de equipos, repotenciaciones o reconversiones; contando con la intervención de la mano del hombre, estos cambios buscan optimizar los procesos para hacerlos más efectivos y eficientes, buscando minimizar pérdidas, maximizar la seguridad tanto humana como de las plantas en sí, al igual busca hacer más amigable y llevadero la relación proceso-operador.

A nivel mundial empresas como ENCANA u OCCIDENTAL aplican distintas topologías eléctricas en sus campos de producción acorde al escenario operativo y al proceso de extracción de crudo, ENCANA opta por una distribución en media tensión a 35 mil voltios para luego por medio de transformadores reductores alcanzar un voltaje de 480 voltios manejables por medio de MCC (Motor Control

Center) para sus equipos de superficie (variadores y transformadores). OCCIDENTAL centra su distribución directa a 13800 voltios por medio de MCC a cada uno de los equipos de superficie que por medio de transformadores reductores individuales alimentan con 480 voltios a los mismos.

En Ecuador se aplican variadas formas de distribución eléctricas para el sector petrolero, por medio de sistemas de generadores se provee de 480 voltios a las facilidades, también se aplican distribuciones a 35 mil voltios para por medio de transformadores reductores proveer de 480 V a los campos de producción petrolera, tomando en consideración cada uno de los escenarios operativos.

La petrolera estatal Petroamazonas EP alimenta a sus facilidades de producción; es decir al proceso de extracción de crudo con sistemas de distribución a 13800 voltios a sus equipos de superficie que se componen de un transformador reductor (SDT: Step Down Transformer 13800/480 VAC), un variador de frecuencia (VSD: Variable Speed Drive), y un transformador elevador (SUT: Step Up Transformer). Todos esto equipos alimentados a 480 voltios de corriente alterna (VAC: Volts Altern Current) que proporcionan la energía necesaria a una bomba electrosumergible (ESP: Electric Submersible Pump) instalada en el subsuelo a gran profundidad y permite la extracción del petróleo.

Bajo este contexto se ha planteado presentar un estudio que permita establecer las ventajas y desventajas de la construcción y operación de Centros de Control de Motores (MCC por sus siglas en Inglés) energizados a 13800 o a 480 voltios de corriente alterna, centrando el estudio en directrices tanto técnicas, operativas, de seguridad, maniobrabilidad, de costos de montajes, devolución de una buena calidad de energía a la red con la reducción de contaminación de armónicos, facilidades de ampliaciones, optimización de la distribución en baja tensión.

En concordancia con lo anteriormente expuesto se buscará establecer cuál de los dos sistemas sería el más apropiado para ser aplicado considerando factores como los de seguridad en la maniobrabilidad de los dispositivos de corte como

interruptores, seccionadores o breakers, facilidades de ampliaciones de los switchgears (SWGR) en los MCC, provisión emergente de energía externa directa a barras en caso de fallas en la red de distribución normal, factibilidad de control en sitio de fenómenos eléctricos como las corrientes armónicas, costos de construcción y de montaje, optimización del tendido de cables tanto por bandeja como bajo tierra, y la estandarización del diseño y construcción de los Centros de Control de Motores (MCC por sus siglas en Inglés). Todos estos factores que inciden directamente en el proceso productivo de una empresa petrolera.

ÁRBOL DE PROBLEMAS

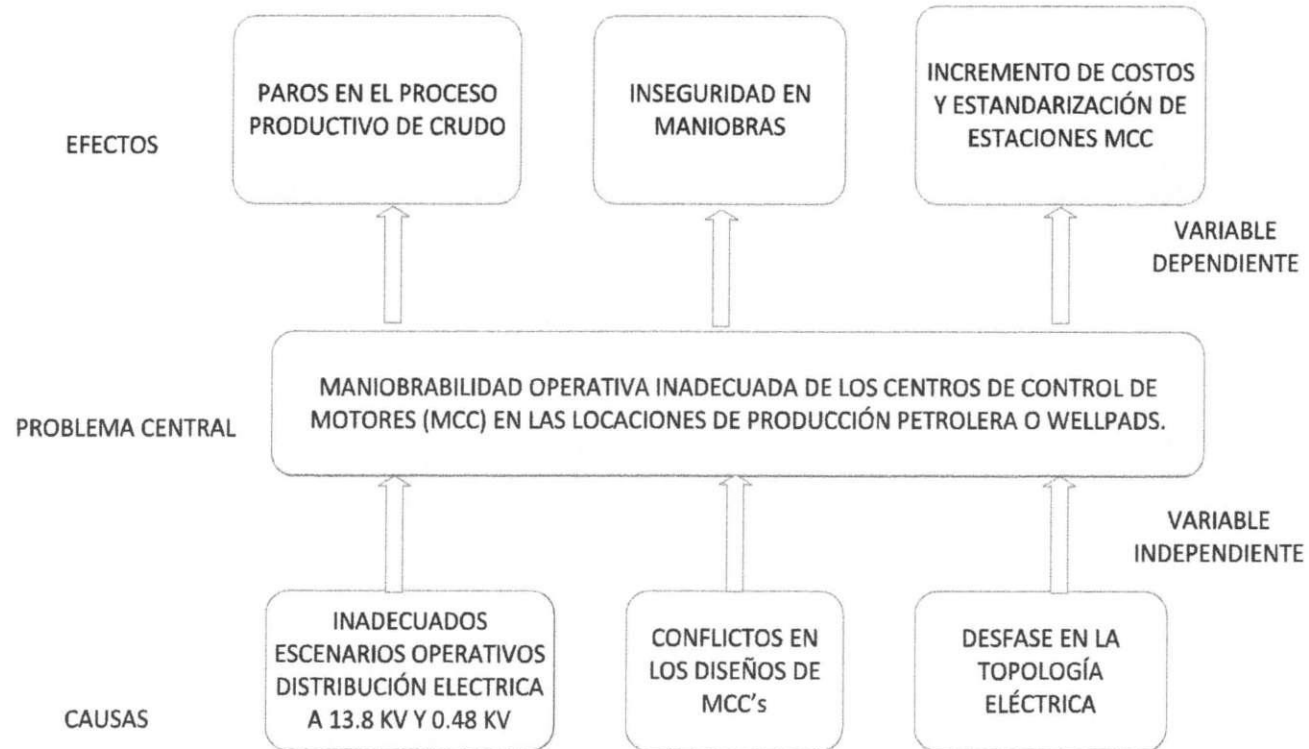


Figura 1: Árbol de problemas
Elaborado por: Yuri Villacís

Antecedentes.

En primer lugar se consultó el trabajo de grado de Ludeña, Jahaira y Bastidas, César (2009): **“Análisis y optimización de la energía eléctrica para pozos de producción petrolera Oriente-Ecuador, realizado para la empresa Equipoil S.A.** de la Escuela Politécnica del Ejército del Ecuador como requisito para optar el título de Ingeniería.

La investigación presenta al detalle una descripción de la arquitectura tanto de las locaciones de extracción o wellpads, así como de las instalaciones de procesos para la obtención de crudo así como sus componentes más importantes. Define conceptos y normas aplicadas en las construcciones de las facilidades, establece definiciones de áreas clasificadas y centra su estudio en calidad de energía suministrada a los Centros de Control de Maquinaria o MCC por sus siglas en Inglés.

Este trabajo ayudó en la comprensión de lo importante que resulta el controlara distorsiones en el suministro de energía por la presencia en especial de cargas no lineales como los variadores de frecuencia que en la actualidad son la columna vertebral de la industria pero que son el origen de distorsiones armónicas causantes de serios problemas en el resto de equipos eléctricos colgados al mismo sistema y que resulta en la mayoría de los casos imprescindible controlar.

El enfoque se lo plantea para instalaciones petroleras a 480 voltios de corriente alterna (VAC) construidas bajo normas como: NFPA 30, NFPA 30A, NFPA 70, API RP-500 en este valor de voltaje se pueden controlar también flickers, transientes, distorsiones armónicas o ruidos con métodos como instalación de filtros, supresores, inductancias u otros en el sistema.

En el proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico de Ortiz, Roger (2010): **“Diseño eléctrico de una isla de producción petrolera del bloque 15 (well pad)”** de la Escuela Politécnica Nacional expone criterios importantes sobre

la inclusión del tema de la clasificación de áreas peligrosas en el diseño de las facilidades, presenta un resumen detallado de estudios previos a la selección de los materiales eléctricos a utilizar y una descripción detallada de cada uno de ellos.

Se consultó además en este trabajo un tema crucial que expone el autor relacionado con el Estudio de Flujo de Potencia y Cortocircuito, este tipo de análisis se lo realiza por medio de un software que permite simular un escenario operativo y por medio de esto elabora un proyecto detallado de coordinación de protecciones eléctricas necesario en las operaciones reales; en este estudio, todos los equipos están referidos a una barra alimentadora de 480 voltios de corriente alterna. Se detalla la construcción civil del MCC basado en la norma NEC 2005 artículo 110.26.

Finalmente el autor expone un Análisis Económico del Diseño y Construcción Eléctrica de un wellpad, que tiene relación directa con el tema central de la presente investigación que involucra también a sistemas de distribución a 13 800 voltios de corriente alterna (VAC) este análisis permitirá establecer criterios que conducirá al presente estudio a definir cuál de los dos sistemas sería ejecutable, económico, productivo y seguro para construir y operar.

En el proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico de Ipiiales, Zaira y Morales, Fernando (2013): **“Diseño para la implementación de un shelter modular de potencia para monitoreo, operación y control en una isla de producción de crudo del sector amazónico”** de la Escuela Politécnica Nacional exponen la utilización del Software ETAP como herramienta para la modelación de flujos de potencia y cortocircuitos para determinar las capacidades de corrientes, voltajes, cortocircuito aplicados en base a normas y estándares. Hacen un análisis del sistema de puesta a tierra para protección de los equipos a instalarse en el shelter.

Finalmente realizan un análisis de costos del diseño para la implementación futura del shelter.

Justificación.

La presente investigación se respalda en la vinculación directa con el área eléctrico petrolera del autor por más de veinte años, una firme formación técnico-profesional en el país y en el exterior, manejo de softwares y programas computacionales como el ETAP, que permite establecer una coordinación de protecciones en los sistemas eléctricos de baja, media o alta tensión; el programa ET para acceso y modificación de parámetros en unidades electrógenas CATERPILLAR; softwares de acceso para programación y extracción de información de una gran gama de relés de protección de sistemas eléctricos como los MULTILIN, SEPAM, ION, EASYGEN etc. Factores que convierten a la presente investigación en muy **factible** de realizarlo, se posee acceso a información y asesoramiento de empresas petroleras filiales, se cuenta con muy buenos recurso tecnológicos y con el talento humano necesario para el trabajo.

Tema muy **importante** ya que tiene relación directa el tema eléctrico con el tema productivo, involucrando estudios y metodologías que aporten al desarrollo del tema investigativo.

El **impacto** de desarrollo del presente tema de investigación radica en involucrar la gestión y la operatividad en el proceso de extracción de crudo, utilizando herramientas técnicas muy acorde a la investigación planteada.

Como **beneficiarios** del desarrollo del trabajo investigativos se cuentan al personal directivo que contara con una herramienta de decisión y al personal operativo que tendrán los recursos y escenarios óptimos para el proceso de extracción de crudo.

Objetivo General.

Analizar comparativamente los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a

480 voltios de corriente alterna y su incidencia en el proceso de extracción de crudo en Petroamazonas EP.

Objetivos Específicos.

- Describir los factores de confiabilidad en los centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna para optimizar el proceso de extracción de crudo con el análisis de escenarios operativos.
- Describir el proceso de extracción de crudo en las plataformas petroleras del distrito amazónico, mediante la revisión del procedimiento usado actualmente.
- Contrastar de manera técnica los resultados obtenidos de un análisis de los escenarios operativos de distribución eléctrica tanto a 13 800 voltios como a 480 voltios que en la actualidad se aplican en el sector petrolero basándose en normas como NFPA 30, NFPA 30A, NFPA 70, API RP-500, para plantear la mejor solución al problema identificado en el presente estudio.
- Proponer una alternativa de solución al problema identificado en el presente estudio técnico.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de Estudio

Dominio: Tecnología y sociedad.

Línea de investigación: Empresarialidad y productividad

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Sistemas de distribución eléctrica en MCC a 13.8 y 0.48 KVAC.

Aspecto: Proceso de extracción de crudo

Objeto de estudio:

- Sistemas de distribución eléctrica en MCC a 13.8 y 0.48 KVAC.
- Productividad y estandarizaciones en construcción y montajes de MCC.

Periodo de análisis: enero a junio de 2015 (6 meses)

Enfoque

La presente investigación es de tipo cuantitativo.

Cuantitativa, ya que se busca recopilar información existente en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP; tales como voltaje, amperaje, HP, temperatura, presión, gravedad específica, barriles diarios, entre otros, además de que maneja valores numéricos sobre escenarios operativos en el control de motores energizados y sobre la producción diaria en los pozos, que va orientada a conseguir un resultado determinado, por lo que utilizó la estadística descriptiva para tabular, preservar y analizar los datos con la finalidad de obtener indicadores que coadyuven a sustentar los objetivos de la Investigación.

Justificación de la metodología

Al realizar la **investigación de campo**, se observó en los escenarios reales el entorno donde se desarrolla las actividades de extracción de crudo y el funcionamiento de los diversos equipos y sistemas de control de los wellpads, accediendo a la posibilidad de tener el contacto directo entre el investigador y la realidad, obteniendo información de acuerdo a los objetivos planteados en el presente estudio.

También se hizo necesario aplicar la Investigación documental – **bibliográfica**, porque mediante la misma se obtuvo información científica en textos, manuales, reportes técnicos e historiales de la empresa que ayuden a sustentar los objetivos del trabajo investigativo.

La investigación exploratoria permitió diagnosticar el problema que afecta a los wellpads de producción petrolera.

Además de la aplicación de la **investigación descriptiva** para poder describir el desarrollo y aplicación de las variables del estudio, profundizando en el conocimiento sobre las causas que provocan el fenómeno y que afectan directamente al control operativo del bloque 18 de Petroamazonas.

De la misma manera se aplica la **investigación correlacional** para determinar el grado de relación o asociación entre las variables independiente y dependiente en la presente investigación.

Población y muestra

A continuación se detallan todos los Wellpads y los pozos del Bloque Palo Azul motivos de estudio que cuentan con un mismo diseño y alimentados a 13800 voltios, de donde se recabara la información y los datos que sustentarán los objetivos de la Investigación.

Tabla 1: Población

PAD	POZO
PATA	PATA-006BT
A	PLAA-001BT
A	PLAA-016H
A	PLAA-030BT
B	PLAB-002H
B	PLAB-003H
B	PLAB-005H
B	PLAB-006S1H
B	PLAB-008H
B	PLAB-010S1H
B	PLAB-036HS1H
C	PLAC-004H
C	PLAC-013S1H
C	PLAC-017H
C	PLAC-038H
C	PLAC-039H
C	PLAC-040H
C	PLAC-046H
C	PLAC-048H
D	PLAD-015H
D	PLAD-024H
D	PLAD-028HH
D	PLAD-032H
D	PLAD-034HH
D	PLAD-042AH
D	PLAD-044H
Norte	PLAN-029H
Norte	PLAN-049HS1HP
Norte	PLAN-051HH
Norte	PLAN-052HP
Norte	PLAN-053R1H

Fuente: Bloque 18 Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

Diseño del trabajo. (Matriz de operacionalización).

Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente: Escenarios operativos de control de motores energizados en MCC a 13.8 Kv y 0.48 Kv.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de la Investigación	Técnicas e instrumentos de investigación.
Formas de proporcionar energía eléctrica útil para el funcionamiento de MCC tanto a 13.8 KV y a 0.48 KV y su respectivos factores de confiabilidad.	Factores de confiabilidad	Medidas de voltajes, corrientes y potencias registradas.	¿Cuáles son los factores de confiabilidad en los diseños a 13 800 voltios? ¿Cuáles son los factores de confiabilidad en los diseños a 480 voltios?	Observación - Simulaciones con softwares especiales, toma de lecturas y datos técnicos, levantamiento de información de campo. Entrevista a jefes de sección – guía de entrevista

Fuente: Bloque 18 Petroamazonas
Elaborado por: Yuri Villacís

Tabla 3: Operacionalización de la variable dependiente: Proceso de extracción de crudo

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de la Investigación	Técnicas e instrumentos de investigación
Proceso aplicado para llevar el crudo hasta la superficie por medio de técnicas mejoradas de extracción con la instalación de bombas electro sumergibles en el subsuelo, producción normal del bloque en barriles netos y pérdidas en barriles por paradas.	Producción normal de barriles	Barriles netos producidos por día	¿Cuántos barriles netos se produce por día en el B 18?	Técnica: Observación. Instrumento: Reporte diario de Producción en el Bloque. Diagrama de bloques del proceso
	Pérdidas de producción en barriles por paradas	Barriles netos perdidos por día	¿Cuántos barriles perdidos por paradas por día?	

Fuente: Bloque 18 Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

Plan de recolección de la información

Para recolectar la información para la investigación se siguieron los siguientes pasos:

- Definición de los sujetos: Personas u objetos que van a ser investigados
- Selección de las técnicas a emplearse en el proceso de recolección de la información:

Tabla 4: Plan de Recolección de Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de investigación
2. ¿De qué persona u objetos?	Wellpads y pozos del bloque 18 de Petroamazonas
3. ¿Sobre qué aspectos?	Centros de control de motores energizados en MCC a 13.8 Kv y 0.48 Kv y proceso productivo en construcción y montajes de MCC's.
4. ¿Quiénes?	Investigador (Yuri Villacís)
5. ¿Cuándo?	Desde el mes de Enero a Junio del 2015 (6 meses)
6. ¿Dónde?	Bloque 18 de Petroamazonas
7. ¿Cuántas veces?	Las necesarias para sustentar los objetivos de Investigación
8. ¿De qué técnicas?	Encuesta, entrevista, observación
9. ¿Con qué?	Simulaciones con softwares especiales, toma de lecturas y datos técnicos, levantamiento de información de campo, diagrama del proceso.
10. ¿En qué situación?	En proceso normal de producción

Fuente: Bloque 18 Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

Además se investigó y se recabo información tanto de las fuentes de información primarias como secundarias.

Fuentes de información primarias

Se aplicó la técnica de observación y entrevista con instrumentos tales como: Simulaciones con softwares especiales, toma de lecturas y datos técnicos, levantamiento de información de campo.

Fuentes de información secundarias

Se aplicó investigación bibliográfica documental de los diferentes documentos, libros, folletos, manuales, revistas, que contengan información con respecto al tema investigado.

Recopilación de información

Los datos recogidos (datos en bruto) se transforman siguiendo ciertos procedimientos:

- Revisión crítica de la información recogida, es decir limpieza de la información defectuosa: Contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Recepción de la recolección, de ciertos casos individuales, para corregir fallas de constelación.
- Tabulación o cuadros según variables de investigación: cuadros de una sola variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- Manejo de información (reajuste de cuadros con casillas vacías o datos tan reducidos cuantitativamente, que no influyen significativamente en los análisis).

- Estudio estadístico de los datos para presentación de resultados.

Hipótesis

El análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

H₀ = El análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna no son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

H₁ = El análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

Señalamiento de Variables

Variable Independiente

Escenarios operativos control de motores.

Variable Dependiente

Proceso de extracción.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Descripción de los MCC energizados a 13.8 y 0.48 Kv.

De acuerdo al tipo de generación eléctrica disponible ya sea a 13800 y 480 v, se realiza el diseño del MCC apreciables en las Figuras 3 y 4, que alimentará de energía a cada uno de los equipos de superficie que se observa en la Figura 2 conformados por un SDT (Step Down Transformer) o transformador reductor 13.8/0.48 KV; un VSD (Variable Speed Driver) o variador de velocidad; un SUT (Step Up Transformer) o transformador elevador 480/ 1000-3100 V. Estos equipos serán los que provean de energía con voltaje y frecuencia controlados a las bombas electro sumergibles instaladas a gran profundidad encargadas de llevar a superficie el fluido de cada pozo petrolero.



Figura 2: Shelter de equipos de superficie conectados a 480 voltios.
Fuente: Petroamazonas



Figura 3: Interior de un MCC a 13800 Voltios Instalado en un wellpad de producción de Petroamazonas en el Bloque Palo Azul.

Fuente: Petroamazonas



Figura 4: Exterior de un MCC a 13800 voltios instalado en un wellpad de producción del Bloque Palo Azul de Petroamazonas.

Fuente: Petroamazonas

La construcción y montaje de todo el aparataje de las facilidades de producción en las plataformas o wellpads de producción exige esfuerzo, conocimiento, sacrificio y tenacidad ante las adversidades del medio y del tiempo como se aprecia en la Figura 5. La ingeniería conceptual se la realiza considerando las fuentes primarias de energía, siendo el caso de Petroamazonas a 13800 Voltios.



Figura 5: Trabajos de construcción de las facilidades de producción en un wellpad del Bloque Palo Azul de Petroamazonas.

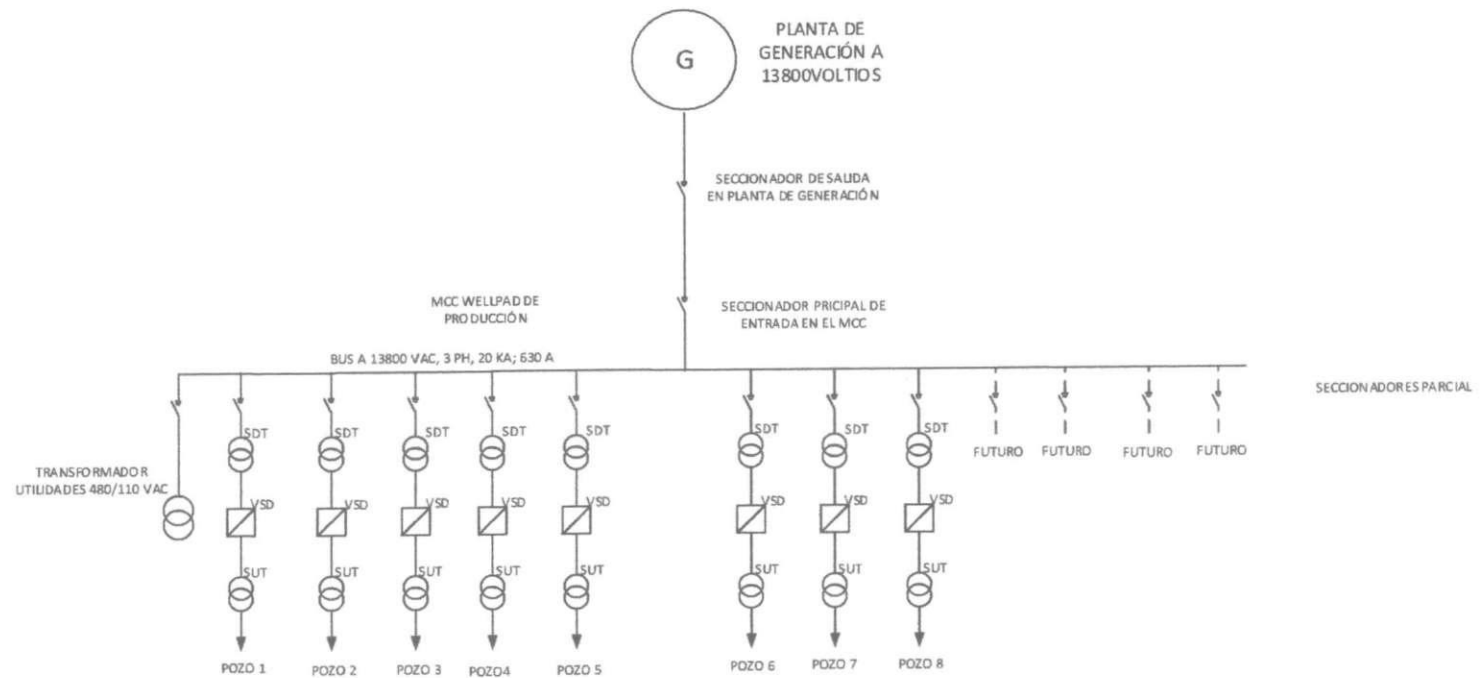
Fuente: Petroamazonas

Topología eléctrica de los wellpads de producción.

La Topología indicada en la Figura 6 muestra una plataforma o wellpad de producción con un MCC alimentado desde una planta de generación directamente a su barra con 13800 voltios de corriente alterna, desde la barra se distribuyen hacia las cargas parciales a través de sus respectivos interruptores de media tensión que en son los equipos de superficie de los pozos y transformador de auxiliares.

Cada uno de los equipos de superficie que alimentan con energía a su respectiva bomba electro sumergible de los pozos productores constan de un transformador reductor SDT, un variador de velocidad VSD y un transformador elevador SUT.

A continuación se muestra la topología eléctrica actual en los Wellpads de producción Petroamazonas, Palo Azul



LEYENDA:

SDT: TRANSFORMADOR REDUCTOR 13.8 KV/0.48 KV

VSD: VARIADOR DE FRECUENCIA

SUT: TRANSFORMADOR ELEVADOR 480 V/VOTAJE VARIABLE

Figura 6: Topología eléctrica wellpads actual

Fuente: Petroamazonas

Se muestra la topología eléctrica propuesta, MCC a 480 voltios de corriente alterna

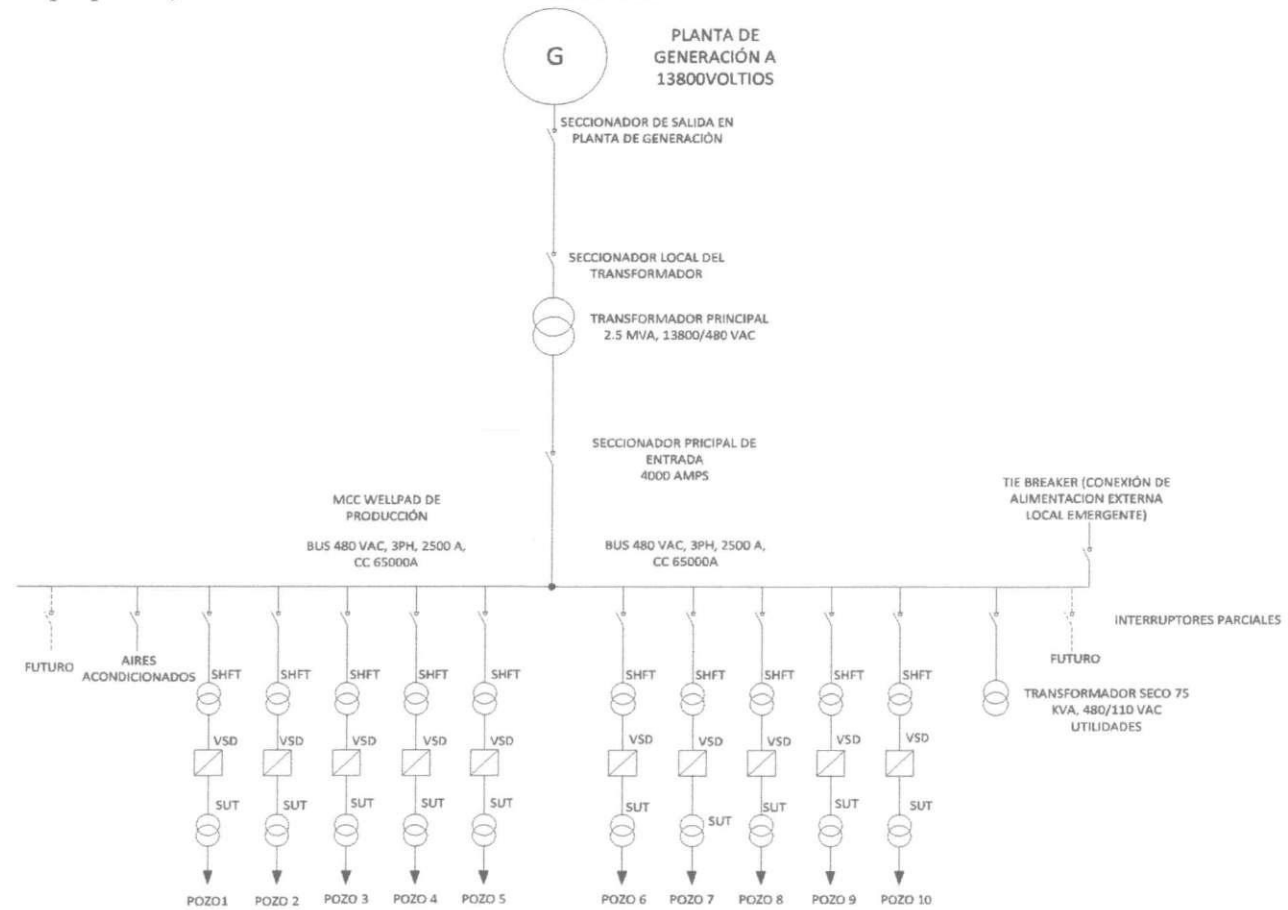


Figura 7: Topología eléctrica wellpads propuesta
Fuente: Petroamazonas

La Topología planteada en la Figura 7 muestra un MCC que es energizado con 480 voltios. Tiene una alimentación desde una planta de generación que puede ser a 13800 voltios. Se intercala un transformador reductor de 3MVA que reduce la tensión de 13800 a 480 voltios. Este voltaje energiza la barra desde aquí se alimentan las cargas parciales como los equipos de superficie de los pozos petroleros, transformador de servicios auxiliares, aires acondicionados.

Al momento está entrando en uso variadores de velocidad de 6 pulsos con control de disparo PWM por su bajo costo y buena eficiencia. Al contar con una barra energizada a 480 voltios este equipo se lo puede conectar directamente sin necesidad de un transformador reductor lo que reduce aún más los costos de instalación.

Esta topología además permite la conexión de una fuente externa emergente de energía a 480 voltios en caso de falla de la fuente principal. Además se puede conectar en paralelo un supresor de corrientes armónicas para mejorar la calidad de energía a ser devuelta.

Modelación con software ETAP.

El programa ETAP es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas eléctricos de potencia como generación, transporte y distribución.

Es una herramienta de análisis totalmente integrada utilizada por miles de ingenieros de diferentes compañías en todo el mundo para diseñar, mantener y operar sistemas eléctricos. Dentro de las empresas e industrias, los operadores y gerentes utilizan el ETAP para supervisar, controlar y optimizar los sistemas de potencia propios de la actividad en la cual se desempeñan.

Esta herramienta dispone de una gran cantidad de módulos como son:

- Redes AC o DC
- Tendido y rutado de cables.
- Redes de tierra.
- Coordinación y selectividad de protecciones.
- Diagramas de Control de Sistemas AC y DC.

Haciendo uso de la barra **AC Edit**, Figura 8, se realizan los primeros diseños en ETAP para un MCC con un SWITCHGEAR a 480 Voltios como se puede ver en las Figuras 9 y 10. El Wellpad tomado como modelo para este estudio es el Palo Azul D en producción en la actualidad en Bloque 18 de la Empresa Estatal Petroamazonas.

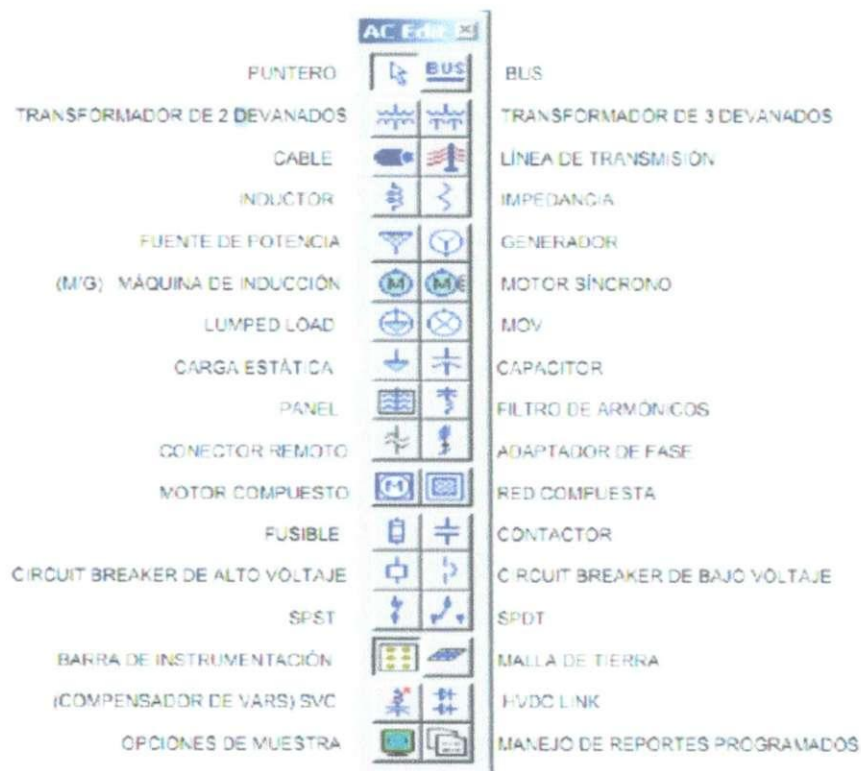


Figura 8: Barra AC Edit, con herramientas de diseño para ETAP.
Fuente: Petroamazonas

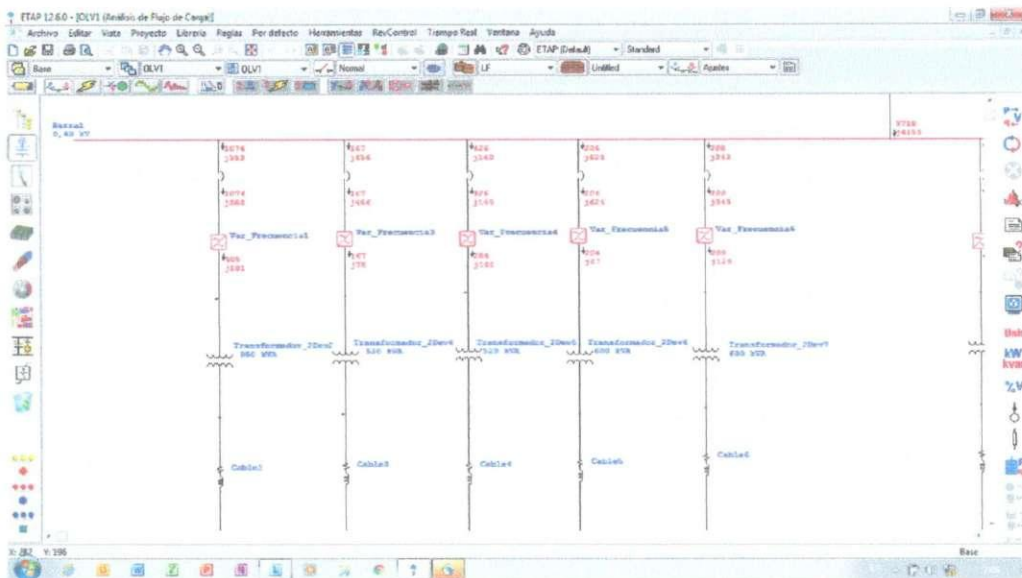


Figura 9: Primeros pasos de modelación del MCC a 480 VAC con ETAP.
Fuente: Petroamazonas

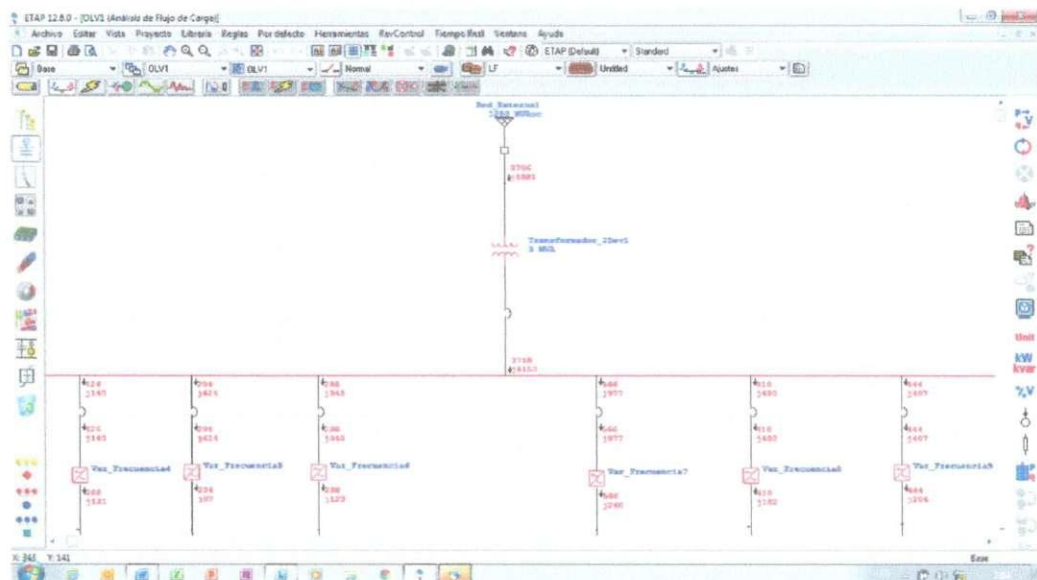


Figura 10: Primeras verificaciones con ETAP.
Fuente: Petroamazonas.

Una vez realizados los primeros diseños a 480 Voltios, se dimensionan apropiadamente los dispositivos de protección de los circuitos como interruptores de media tensión y breakers de baja tensión, como muestra la Figura 11.

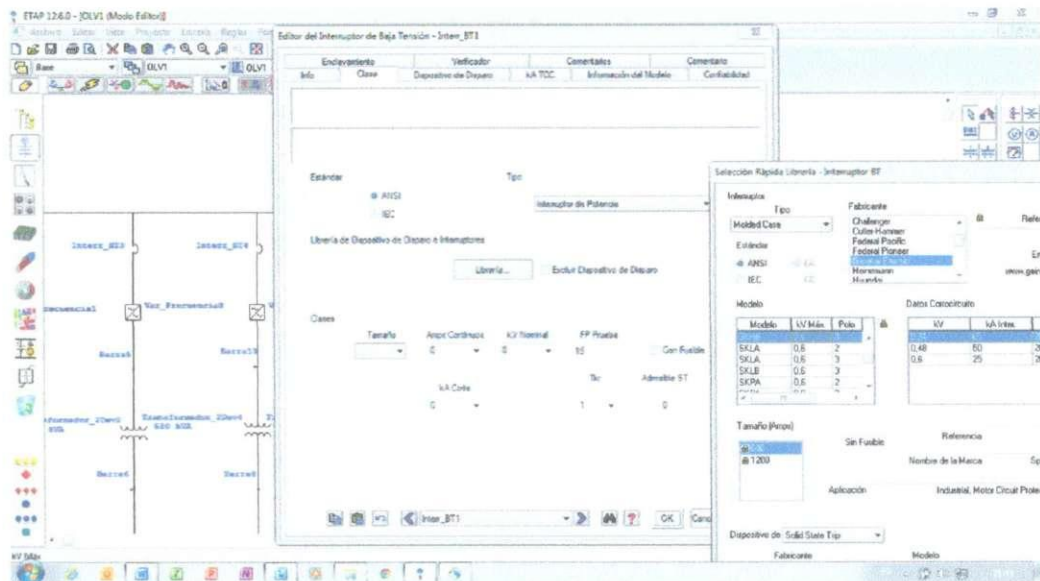


Figura 11: Dimensionamiento de dispositivos de protección.

Fuente: Petroamazonas.

Al haber concluido los pasos previos indicados anteriormente, se realizan las primeras simulaciones de Flujo de Carga con la barra de herramienta indicada en la Figura 12.



Figura 1.1: "Barra de Herramienta de Modo de Simulación"

Paso 3. Descripción de iconos.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Simulación de Flujo de Carga. | 8. Flujo de Carga Óptimo. |
| 2. Simulación de Flujo de Carga Desbalanceada. | 9. Reality Assesment |
| 3. Estándares ANSI & IEC. | 10. Ubicación óptima del capacitor. |
| 4. Simulación de Aceleración de Motores. | 11. Flujo de potencia en DC. |
| 5. Simulación de Armónicos. | 12. Cortocircuito en DC. |
| 6. Simulación de Transientes. | 13. Baterías |

Figura 12: Barra de herramientas ETAP para las distintas simulaciones disponibles.

Fuente: Petroamazonas.

La Simulación de Flujo de Carga permite apreciar un escenario completo cuasi real del funcionamiento del sistema a 480 Voltios en el que se ve el flujo de corriente que recorrerán por los distintos ramales del circuito propuesto, ver Figura 13; y a su vez arroja las alarmas que encuentra el sistema para corregir el diseño buscando optimizarlo y eliminar los errores cometidos, como se ve en la Figura 14.

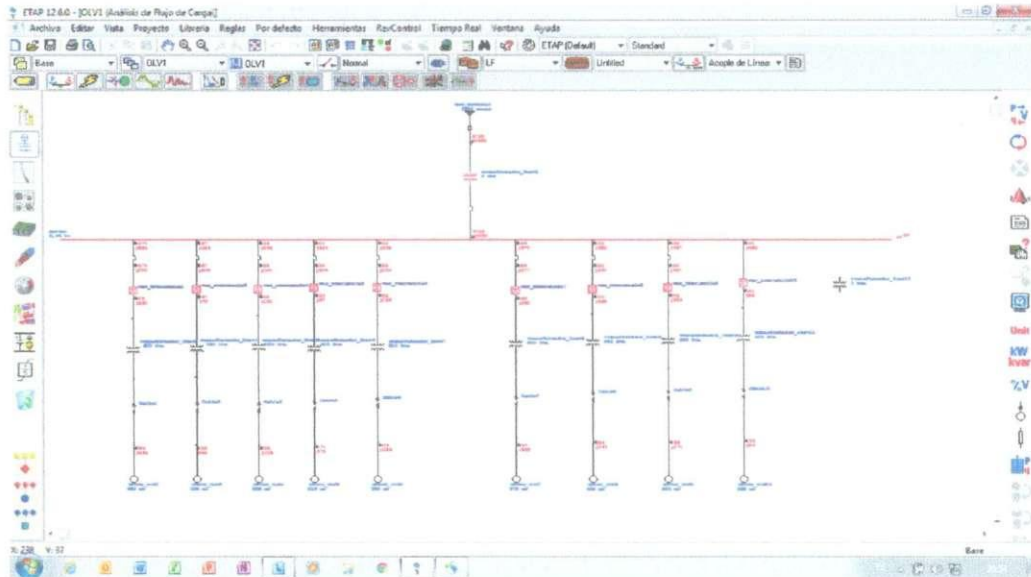


Figura 13: Análisis de Flujo de Carga.
Fuente: Petroamazonas.

ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Capacidad/Límite	Operativa	% Operativa	Tipo de Fase
Barra1	Barra	Baja Tensión	9.441 kV	11.433	98.2	3Phase
Transformador_0Dev1	Transformador	Sobrecarga	3 MVA	5.524	185.9	3Phase
Va_Frecuencia1	VFD	Sobrecarga	1202.813 Amp	1905.717	126.3	3Phase
Va_Frecuencia10	VFD	Sobrecarga	489.097 Amp	594.380	126.7	3Phase
Va_Frecuencia2	VFD	Sobrecarga	499.097 Amp	647.140	136	3Phase
Va_Frecuencia4	VFD	Sobrecarga	499.097 Amp	597.594	127.4	3Phase
Va_Frecuencia5	VFD	Sobrecarga	624.26 Amp	824.521	148.1	3Phase
Va_Frecuencia6	VFD	Sobrecarga	489.097 Amp	588.848	122.2	3Phase
Va_Frecuencia7	VFD	Sobrecarga	1202.813 Amp	1505.202	125.1	3Phase

ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Capacidad/Límite	Operativa	% Operativa	Tipo de Fase
Marginal						
ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Capacidad/Límite	Operativa	% Operativa	Tipo de Fase

Figura 14: Alertas o alarmas ETAP.
Fuente: Petroamazonas.

Con las correcciones y ajustes necesarios exigidos por el sistema ETAP se presenta el diseño optimizado que presenta un escenario compatible con la posibilidad real de que sea construido, montado e instalado en un wellpad de producción petrolero, ver Figuras 15, 16 y 17. La Figura 18 muestra un reporte de cero fallas en el diseño corregido.

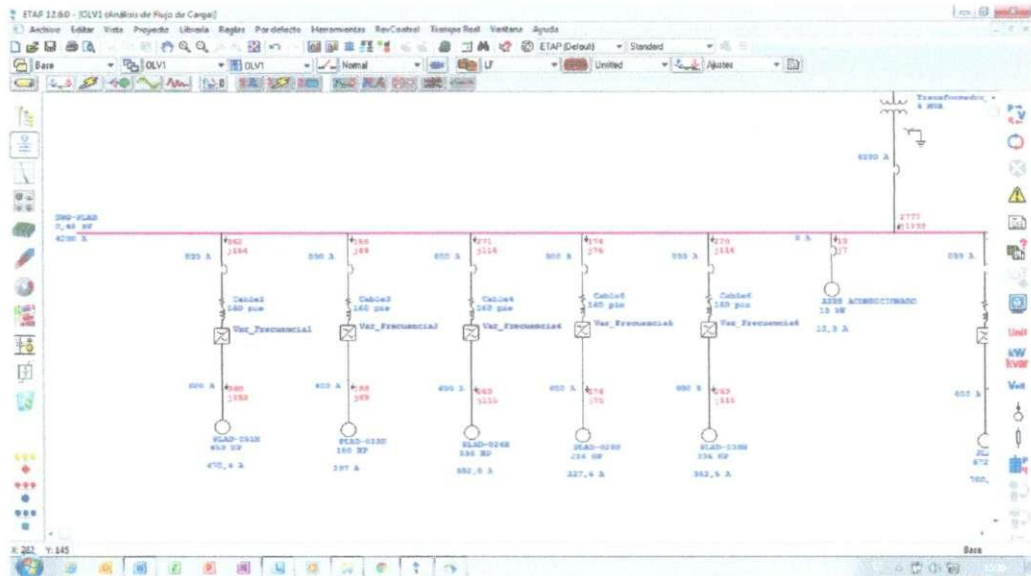


Figura 15: Modelación corregida
Fuente: Petroamazonas.

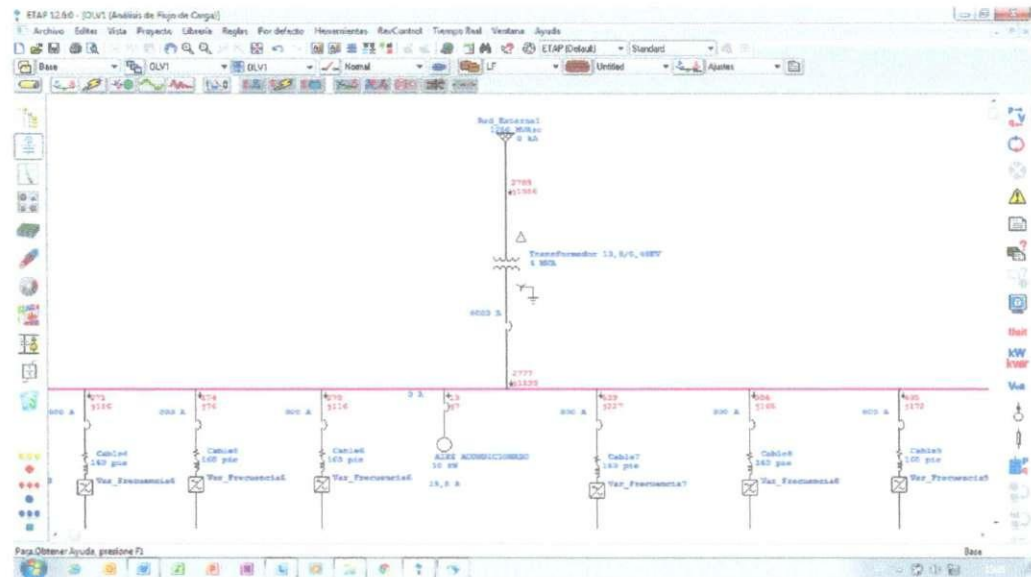


Figura 16: Modelación corregida
Fuente: Petroamazonas.

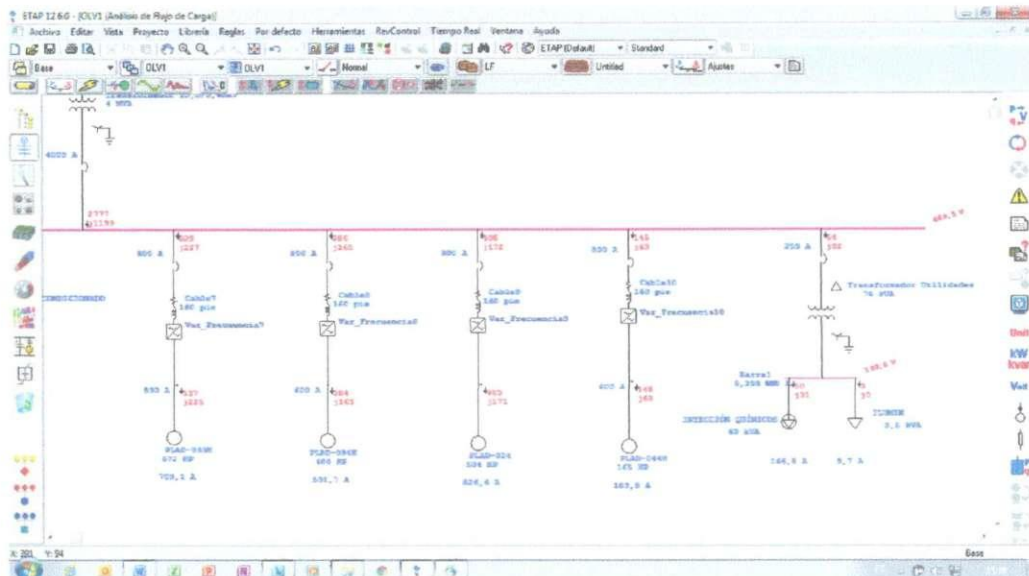


Figura 17: Modelación corregida MCC 480 VAC.
Fuente: Petroamazonas.

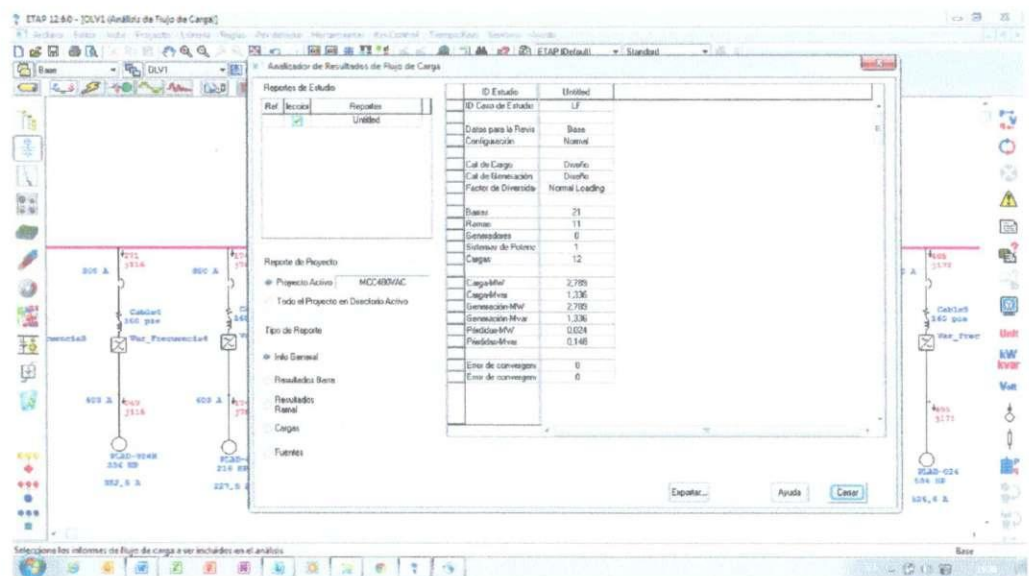


Figura 18: Resultados del Flujo de Carga MCC 480 V.
Fuente: Petroamazonas.

El sistema ETAP genera automáticamente informes en PDF que se muestran en la Figura 18. Estos informes están como ANEXO 5 en el presente estudio.

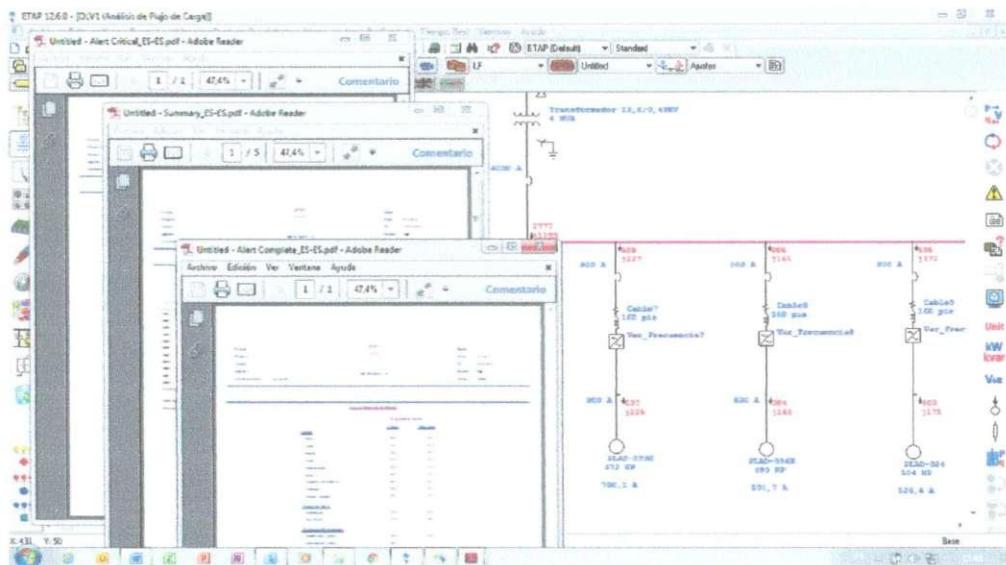


Figura 19: Informes ETAP.

Fuente: Petroamazonas.

La modelación a 13800 Voltios fue realizada por una empresa especializada en este tema como un estudio global de todo el bloque petrolero misma que fue extraída en su parte concerniente al Wellpad Palo Azul D que es el escenario tomado como modelo para la presente investigación. Las Figuras 20 y 21 muestran los escenarios reales que en la actualidad funcionan en bloque petrolero en mención. Ver ANEXO 6.

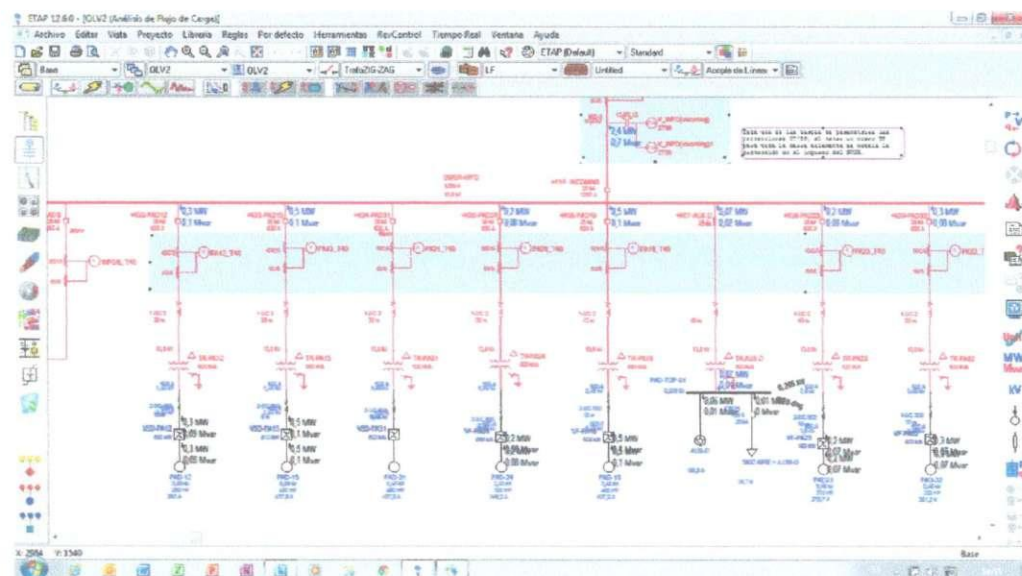


Figura 20. Modelación ETAP a 13800 v.

Fuente: Petroamazonas

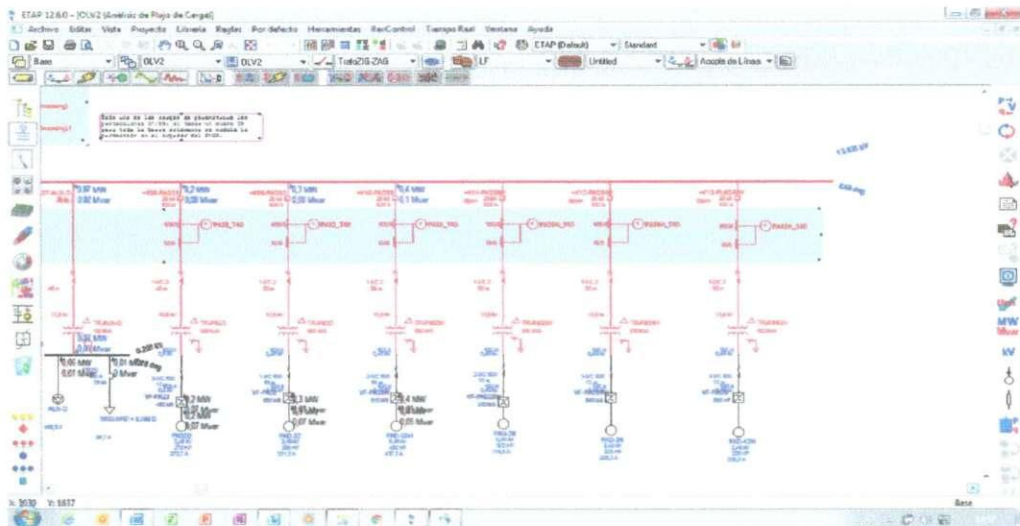


Figura 21: Resultados del flujo de carga.
Elaborado por: Yuri Villacís

Resultados del ETAP.

Una vez realizada las corridas de ETAP en los dos sistemas tanto a 480 y a 13800 voltios se consigue establecer detalles como:

- Dimensionamiento del tipo y capacidad de los interruptores.
- Dimensionamiento de cables de fuerza.
- Dimensionamiento de la capacidad de corriente en barras de acuerdo al tipo de voltaje utilizado. Ver Tabla 5.

Tabla 5: Análisis ETAP.

ANÁLISIS ETAP		
DISPOSITIVOS	480 VOLTIOS	13800 VOLTIOS
INTERRUPTORES	Caja Moldeada de 800 Amperios en general	Interruptores Termomagnéticos de 630 amperios
CABLES DE FUERZA	Cables armados de 500 MCM, 600 V	Cables armados 2/0 AWG, 15 KV
CAPACIDAD DE BARRA	Barra de 2500 Amperios por ala	Barra total de 1250 amperios

Fuente: Bloque 18 Petroamazonas
Elaborado por: Yuri Villacís

Se puede decir que en 13800:

- Se manejan bajas corriente de barra.
- Bajos dimensionamientos en cables de fuerza hacia los equipos.

- Se usan interruptores complejos con relés de protecciones programables.

Se puede decir que en 480:

- Se manejan altas corriente en barras
- Altas dimensiones de cables de fuerza.
- Se usan interruptores simples (breakers de caja moldeada) con protecciones regulables mecánicamente.

Proceso de extracción de crudo en Petroamazonas EP.

El proceso de producción de petróleo se sujeta cronológicamente a los paso de: Exploración, perforación, diseño de facilidades equipos de superficie y fondo, extracción de crudo. Paso que se detallan a continuación.

Exploración

A través de su programa exploratorio, Petroamazonas EP encuentra nuevas fuentes de hidrocarburos en la Cuenca Amazónica y en el Litoral ecuatoriano; esto, con el fin de mantener la producción de forma sostenible, lo que será factible perforando pozos exploratorios (ver Figura 22) que incorporen reservas a la empresa.

En 2014, Petroamazonas EP superó las expectativas de inicio de año al incorporar en 64,83 millones de barriles en nuevas reservas, mientras que se esperaban incorporar 47,3 millones de barriles, resultado que se dio al utilizar nuevos proyectos de micro sísmico y geo sísmica.



Figura 22: Perforación de pozo exploratorio.
Fuente: Petroamazonas

Operaciones.

Petroamazonas EP es una empresa pública ecuatoriana dedicada a la exploración y producción de hidrocarburos. Está a cargo de la operación de 20 Bloques, 17 ubicados en la cuenca Oriente del Ecuador y tres en la zona costera del Litoral. Varios puntos de su operación cuentan con certificaciones internacionales que avalan sus procedimientos y prácticas.

Está presente en más de 371 comunidades de su zona de influencia. Petroamazonas EP utiliza las tecnologías disponibles más recientes de la industria petrolera. La empresa implementa una actividad sostenible con el ambiente, beneficiosa para las comunidades de la zona de influencia y eficiente para obtener mayores resultados en beneficio del Estado.

Las áreas de operación se encuentran ubicadas geográficamente en las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y en las provincias de El Oro y Santa Elena, en el Litoral ecuatoriano.

En el 2014 la producción petrolera de Petroamazonas EP alcanzó los 361.072 barriles diarios de petróleo, mientras que incorporó 64,83 millones de barriles de

reservas por pozos exploratorios. La producción de gas natural llegó a 64,25 millones de pies cúbicos por día.

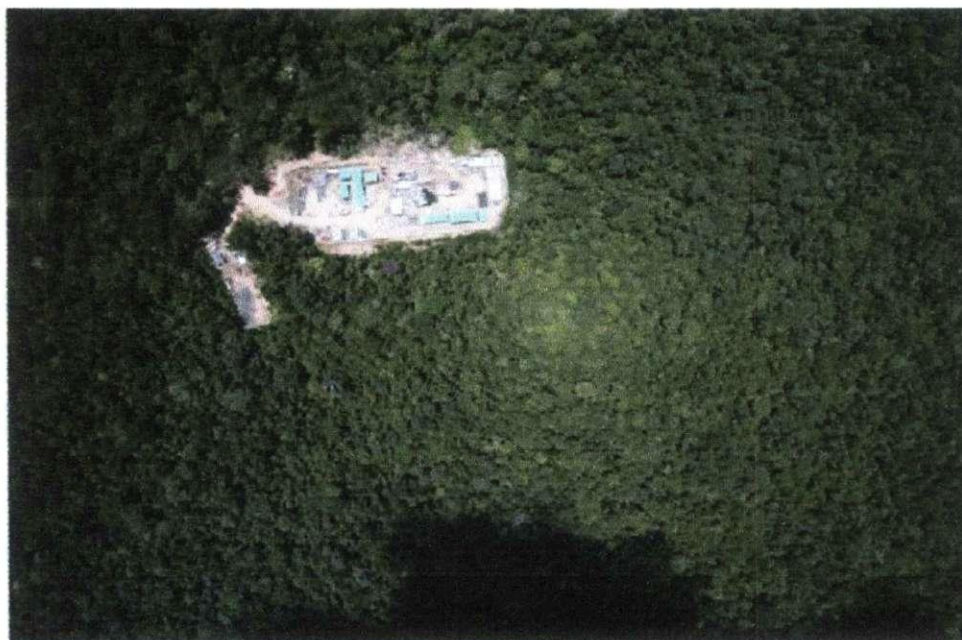


Figura 23: Wellpad de Producción.
Fuente: Petroamazonas

Perforación.

Petroamazonas EP utiliza la tecnología petrolera de última generación disponible como parte fundamental de su modelo sustentable de gestión. Varios puntos de la operación de Petroamazonas EP están avaladas con certificaciones internacionales. Se utilizan tecnologías de vanguardia para la perforación, priorizando el uso de menor espacio en superficie y la eficiencia, por ejemplo con plataformas que cuentan con perforación en racimo y coloca en el mismo espacio hasta 30 pozos.

Petroamazonas EP cuenta con el conocimiento y la tecnología para operar con pozos direccionales, horizontales y multilaterales, ver Figura 24, que permiten incrementar la producción de forma significativa.



Figura 24: Moderna plataforma con varios pozos petroleros.

Fuente: Petroamazonas

Diseño de bomba de fondo y equipos de superficie

Una vez concluida la perforación del pozo y luego de las respectivas evaluaciones que determinan la viabilidad de ponerlo en producción, la cantidad y calidad de fluido que entrega, el Departamento de Producción realiza el diseño de los equipos a utilizar para la extracción continua, que comprende el equipo de fondo en tamaño y potencia como los equipos de superficie que comprenden transformadores: reductor (SDT, Step Down Transformer); transformador elevador (SUT, Step Up Transformer), y variador de frecuencia (VSD, Variable Speed Driver), detalle que se observa en la Figura 25.

Diagrama de equipo BES

Baker Hughes

Advancing Reservoir Performance

CUSTOMER: PETROAMAZONAS B18
BLOCK: B18
FIELD: PALO AZUL
WELL: PLAD-023H



Flow Rate : 1000 BFPD
 TDH : 5674 ft.
 Hz: 50,0 Hz.
 Vsurf: 1762 V.
 Total Weight: 4586 lbs.

VSD Model	S/N
CENTRILIFT 4350 / 399 KVA 24P NEMA 4	NA

SU Xmer.	S/N
XFMR 400 KVA	NA

Tubing Pres.: 200 PSI

SD Xmer.	S/N
XFMR 400 KVA	0

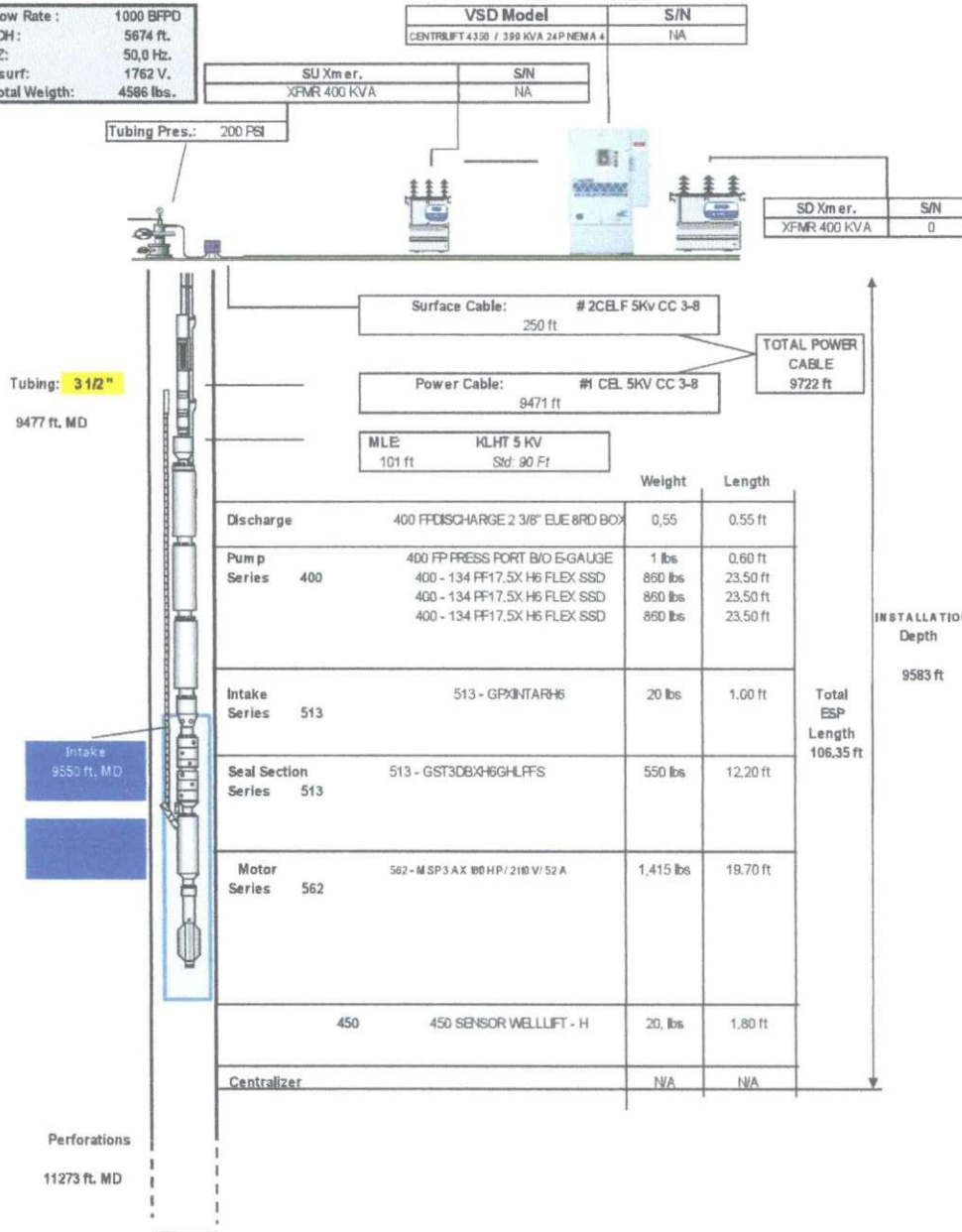


Figura 25: Diseño de equipo de fondo.
 Fuente: Petroamazonas

Extracción de crudo.

- Una vez descendida la bomba electro sumergible a la profundidad establecida por las autoridades de la empresa se procede al arranque desde superficie.
- Se verifica incremento de presión en superficie y se fija la frecuencia del variador a un rango bajo, entre 40 y 50 Hz.
- Se verifica la presencia de fluido en superficie y se pone a prueba el pozo.
- Luego de la prueba las autoridades ordenan fijar la frecuencia a un valor superior entre 50 y 60 Hz.
- Esta será la frecuencia con la que se mantendrá la producción constante del pozo petrolero a lo largo del tiempo.
- Dependiendo del rango de producción que las autoridades requieran, se ordena incrementar o disminuir la frecuencia del variador a lo largo de la vida productiva del pozo petrolero.
- El fluido extraído es transportado directamente hasta la principal central de proceso para la obtención de petróleo puro.

El flujo de proceso simplificado se aprecia en la Figura 26. La producción del Bloque Palo Azul bordea los 15 mil barriles netos diarios de petróleo (ver Figura 27), posee una planta de generación termoeléctrica alimentada por gas proveniente del proceso de obtención de petróleo, esta planta entrega energía eléctrica a 13800 voltios, con una carga real de 12.5 Megavatios a todos las plataformas o wellpads de producción de este bloque; así como también, está interconectada con el SEIP, (Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero) proyecto del gobierno ecuatoriano que busca enlazar y dotar de energía a todos los bloque petroleros estatales de la amazonía.

El reporte de la Figura 27 expone la cantidad de agua que se obtiene del proceso de separación que es aproximadamente 60 mil barriles diarios que es reinyectada al subsuelo. Finalmente se obtiene gas en una cantidad de alrededor de 10 millones de pies cúbicos que como se indicó anteriormente se utiliza para generación eléctrica y el restante se quema en las teas apropiadas no contaminantes.

Proceso de extracción de crudo

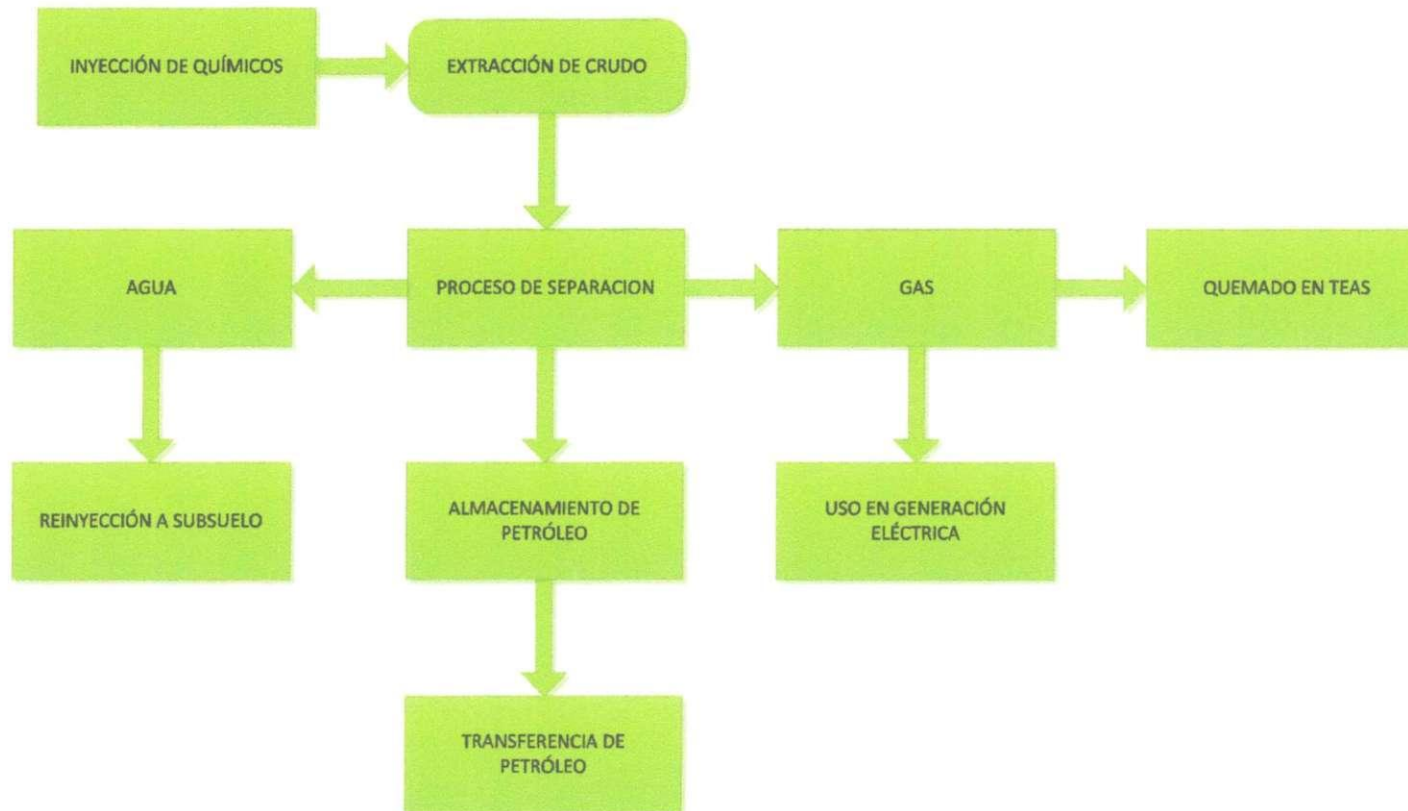


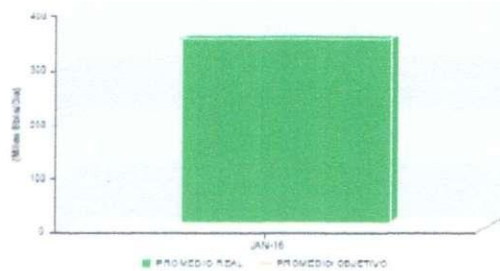
Figura 26: Proceso de extracción de crudo
Fuente: Petroamazonas

El proceso de extracción de crudo se da inicio en las plataformas o wellpads de producción que se muestra anteriormente en la Figura 24. El crudo es trasladado hasta la central de facilidad de procesos cuyo diagrama se observa en el ANEXO 3:

1. El fluido ingresa desde los campos por TR-1101 y es dirigido hacia los separadores de tipo trifásico y electrostático identificados en el diagrama como V-1101A/B y V-1102 A/B:
2. Aquí el fluido que es una mezcla emulsionada de agua, gas y petróleo se separan, el gas es dirigido hacia la Planta de Generación y hacia las teas de incineración identificadas como TEA DE ALTA PRESIÓN F-1202 y TEA DE BAJA PRESIÓN F-1201.
3. En cuanto al agua es conducida hasta la PLANTA DE TRATAMIENTO DE INYECCIÓN DE AGUA-PIA. Desde aquí se la transporta hasta el tanque de almacenamiento T-1501A para que sea reinyectada al subsuelo.
4. El petróleo es conducido hasta los tanques de almacenamiento T-1401A y T-1401B en donde concluye el proceso de separación de sus componentes gas y agua para finalmente sea transferido hacia Lago Agrío por medio de la bombas identificadas como BOMBAS DE DESPACHO DE CRUDO P-1402 A, P-1402B y P-1402C.

INDICADORES DE PRODUCCIÓN

Producción de Crudo



		REAL (Barriles/día)	OBJETIVO (Barriles/día)	REAL/OBJETIVO (%)
OP. CENTRO	DIARIO	76.033	69.035	110.14%
	ANUAL (YTD)	73.011	60.035	165.76%
OP. OESTE	DIARIO	119.700	124.697	96.03%
	ANUAL (YTD)	170.927	174.697	98.97%
OP. NORTE	DIARIO	153.187	140.373	187.58%
	ANUAL (YTD)	148.476	140.373	188.94%
PAM	DIARIO	348.951	336.195	103.79%
	ANUAL (YTD)	343.349	336.195	102.13%
RIO NAPO	DIARIO	72.000	72.635	99.13%
	ANUAL (YTD)	71.896	72.635	98.97%

PRODUCCIÓN DE GAS

		REAL (MPCF)	POTENCIAL (MPCF)	OBJETIVO (MPCF)	POTENCIAL/OBJETIVO (%)
OP. OFFSHORE GAS NATURAL	DIARIO	37.900	75.010	40.734	100.82%
	ANUAL (YTD)	36.809	75.010	40.734	100.82%

Producción de Gas



PRODUCCIÓN

RESUMEN DE PRODUCCIÓN DIARIA

ACTIVO	OP. CENTRO				OP. OESTE				OP. NORTE				TOTAL PAM	OFFSHORE AM	
	AR	EY	W	TOTAL	AU	OY	PA	TOTAL	CU	LA	LI	SH			TOTAL
PRODUCCIÓN HOY	14.026	34.106	27.904	76.033	63.113	41.602	16.036	119.700	27.921	11.132	16.003	96.111	153.187	348.951	
PRODUCCIÓN AYER	12.053	34.047	27.931	74.040	63.003	41.647	16.004	120.003	27.869	11.062	16.000	96.007	152.617	346.911	
DIFFERENCIA	1.981	59	-27	1.993	-489	-45	31	-100	62	70	3	414	149	2.039	
AGUA	20.422	271.699	191.945	594.066	61.615	223.637	59.432	349.682	97.612	7.423	34.915	166.920	387.070	1.306.626	
GAS	1.203	6.695	6.174	13.122	6.451	1.000	8.785	16.836	4.817	3.159	9.095	33.402	50.473	86.443	37.900
BSW (%)	55.4	91.6	87.3	58.7	49.4	64.6	79.5	74.4	77.8	40.0	82.6	43.5	70.0	78.8	

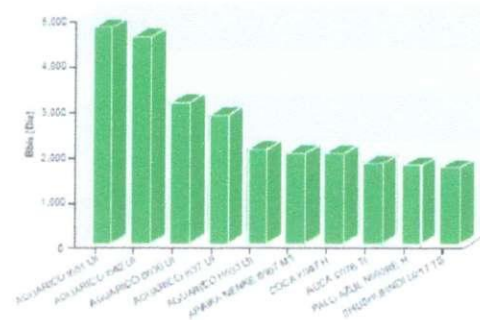
BOMBEO POR OLEODUCTO Y PUNTO DE FISCALIZACIÓN

ACTIVO	OP. CENTRO			OP. OESTE			OP. NORTE				TOTAL PAM		
	EY	W	SUBTOTAL	AU	OY	PA	SUBTOTAL	CU	LA	LI		SH	SUBTOTAL
SUTE (Barriles)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OGP (Barriles)	40.000	20.370	71.444	0	0	0	0	0	0	0	0	19.904	19.904
API (Barriles)	20.3	19.9	29.2	20.0	23.0	20.2	24.9	20.2	29.9	20.9	20.6	20.6	20.6
TOTAL	40.000	20.370	71.444	20.000	40.000	14.500	117.622	20.500	11.432	17.000	90.447	153.080	341.550

ACTIVOS: IN: Indiana EY: Edoén Yutun OY: Oso Yurupá PA: Palo Azul AU: Auka CU: Cuyabeno LA: Lago Agrio LI: Libertador AM: Amistad SH: Shashufind AV: Amazonia Viva AP: Apaka

INFORMACIÓN IMPORTANTE

TOP POZOS PRODUCTORES



PERFORACIÓN Y REACONDICIONAMIENTO

OP. CENTRO	WORKOVER	POZOS	
		POZOS	Real
OP. CENTRO	WORKOVER	2	
OP. OESTE	WORKOVER	3	
OP. NORTE	WORKOVER	7	
PAM	WORKOVER	12	

INDICADORES DE EFICIENCIA

		Real
Consumo Total Gas (MPCF)	DIARIO	13.000
	ANUAL (YTD)	314.050
Ahorro Total Diesel (GAL)	DIARIO	339.750
	ANUAL (YTD)	1.445.757
Ahorro Total Crudo (BBL)	DIARIO	355
	ANUAL (YTD)	0.900
Reducción de Emisiones (Ton CO2) ANUAL (YTD)		12.527

Figura 27: Reporte diario de producción.
Fuente: Petroamazonas

Entrevista a personal técnico de operaciones y mantenimiento.

La población considerada para la entrevista fueron todos los técnicos con los que se cuenta por turno que son 5 tanto de operaciones como de producción que fueron entrevistados para el presente trabajo.

Objetivo.- Analizar comparativamente los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna y el proceso de extracción de crudo.

1. **¿Cree Usted que el Personal Técnico-Operativo conoce las responsabilidades y riesgos en la operación diaria del equipo eléctrico de los wellpads de producción?**

Tabla 6: Conocimiento de responsabilidades y riesgos

CRITERIO	FRECUENCIA	%
Si Conocen	4	80%
No Conocen	1	20%
TOTAL	5	100%

Fuente: Entrevista a personal técnico

Elaborado por: Yuri Villacís

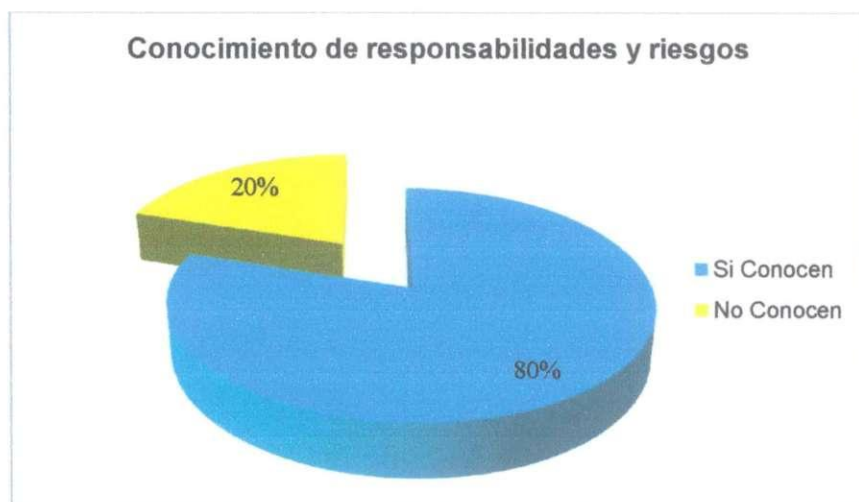


Figura 28: Conocimiento de responsabilidades y riesgos

Elaborado por: Yuri Villacís

Interpretación. Todo el personal de operaciones, mantenimiento y construcciones está debidamente capacitado y conoce los riesgos de la operación de equipos eléctricos.

2. **¿Se han analizado alguna vez comparativamente los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna?**

Tabla 7: Análisis comparativo de escenarios operativos

CRITERIO	FRECUENCIA	%
SI	3	60%
NO	2	40%
TOTAL	5	100%

Fuente: Entrevista a personal técnico

Elaborado por: Yuri Villacís

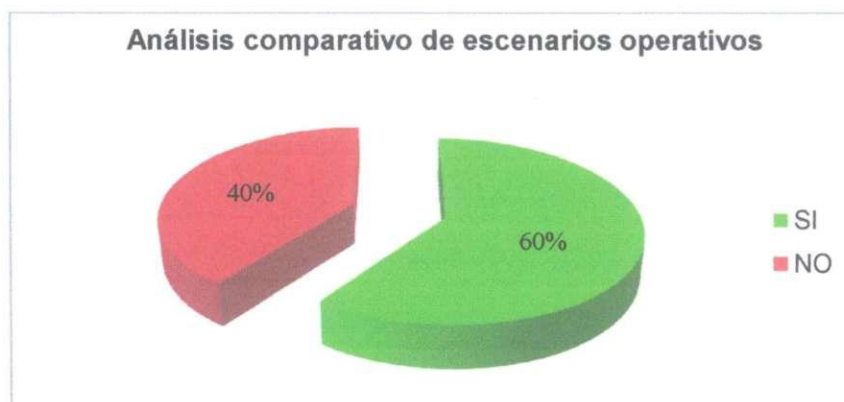


Figura 29: Análisis comparativo de escenarios operativos

Elaborado por: Yuri Villacís

Interpretación. Las plataformas o wellpads se diseñan de acuerdo a la clase de generación disponible, pero no se conceptualiza de manera precisa que haya existido un estudio de factibilidad para la implementación de MCC a 480 voltios.

3. ¿A su criterio personal cuál de los centros de control de motores energizados es el más eficiente y seguro de maniobrar y por qué?

Tabla 8: Eficiencia y seguridad en maniobras

CRITERIO	FRECUENCIA	%
480 Voltios	4	80%
13800 Voltios	1	20%
TOTAL	5	100%

Fuente: Entrevista a personal técnico

Elaborado por: Yuri Villacís



Figura 30: Eficiencia y seguridad en maniobras

Elaborado por: Yuri Villacís

Interpretación. Los entrevistados en su gran mayoría consideran que los MCC a 480 V son más seguros en cuanto a maniobrabilidad de dispositivos como los interruptores y más eficientes por la dotación directa de este voltaje a los equipos de superficie (SDT, VSD, SUT).

4. ¿Considera usted que si se llegara a demostrar la eficiencia y seguridad operativa de los MCC's a 480 VAC para los wellpads de producción, se podría aplicar en la práctica de inmediato?

Tabla 9: Aplicación práctica inmediata

CRITERIO	FRECUENCIA	%
Si	4	80%
No	1	20%
TOTAL	5	100%

Fuente: Entrevista a personal técnico

Elaborado por: Yuri Villacís



Figura 31: Aplicación práctica inmediata

Elaborado por: Yuri Villacís

Interpretación. La gran mayoría de los entrevistados considera que se debería implementar MCC a 480 V en especial en las nuevas plataformas de producción.

5. En los últimos 10 años: ¿Se han reportado fallas o eventos que se hayan presentado en las celdas de media tensión de los wellpads de producción del B18?

Tabla 10: Reporte de fallas

CRITERIO	FRECUENCIA	%
Si	3	60%
No	2	40%
TOTAL	5	100%

Fuente: Entrevista a personal técnico

Elaborado por: Yuri Villacís



Figura 32: Reporte de fallas

Elaborado por: Yuri Villacís

Interpretación. Se desprende de la entrevista que han existido fallas tanto de origen técnico y humano. Que nos da una idea clara de la vulnerabilidad de este sistema.

Cálculos de pérdidas de producción.

Debido a un súbito deslastre de carga y el consiguiente shutdown o apagado de toda una plataforma o wellpad de producción alimentada a 13800 voltios se realizaron las investigaciones del caso y una de las conclusiones se fundaba en la falta de confiabilidad del sistema debido a la ausencia de transformadores de corriente de protección a tierra en cada uno de los interruptores que alimentan a los equipos de superficie, esta protección la tiene únicamente la celda o interruptor de entrada a barras.

Con este antecedente se propone instalar las protecciones a tierra para lo que se realizan los cálculos de pérdidas de producción en las que se incurrirían por esta actividad, que incluye una nueva corrida de simulación en ETAP que permita una buena coordinación de protecciones con los nuevos elementos instalados.

Se presentan dos opciones: una para única de 14 horas o como segunda opción paradas programadas diarias de 10 horas por el lapso de 6 días.

La parada programada **UNICA** del tren de celdas en media tensión para inclusión de transformadores de corriente (CT's) de fase y tierra. (Trabajo seguro – en FRIO) establece que se debe cortar totalmente el suministro de energía a este Wellpad durante toda la duración del trabajo.

Duración de la parada programada: **14 horas (12 horas de parada + 2 horas de estabilización de pozos de producción)**

Pérdidas de producción en BPPD: **2.916,54 BPPD**

Tabla 11: Alternativa 1

TABLA RESUMEN					
ITEM	COLUMNA	EQUIPO	PRODUCCION BPPD	HORAS DE PARADA	PERDIDAS
1	K01	INCOMING		12	
2	K02	SERV. AUX.		12	
3	K03	PLAN-053H	614.64	12	307.32
4	K04	PLAN-051H	892.08	12	446.04
5	K05	SDT-PLAN-004	228.48	12	114.24
6	K06	VFI-PLAN-01	2,575.21	12	1287.606
7	K07	SDT-PLAN-003	1,522.66	12	761.331
			5,833.07		2,916.54
			TOTAL		TOTAL

Fuente: Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

Paradas programadas **DIARIAS** del tren de celdas en media tensión para inclusión de transformadores de corriente (CT's) de fase y tierra. (Trabajo no seguro – columna a intervenir en FRIO – SWGR continua trabajando en LINEA), en este caso el trabajo se debe ejecutar en caliente, con la barra y el resto de tren de celdas energizadas y en funcionamiento.

Duración de la parada programada diaria: **10 horas (8 horas de parada + 2 horas de estabilización de pozos de producción) – 6 días efectivos de trabajo.**

Pérdidas de producción en BPPD: Ver tabla adjunta

Tabla 12: Alternativa 2

TABLA RESUMEN					
ITEM	COLUMNA	EQUIPO	PRODUCCION BPPD	HORAS DE PARADA	PERDIDAS
1	K01	INCOMING		8	
2	K02	SERV. AUX.		8	
3	K03	PLAN-053H	614.64	8	204.88
4	K04	PLAN-051H	892.08	8	297.36
5	K05	SDT-PLAN-004	280.59	8	93.53
6	K06	VFI-PLAN-01	2,575.21	8	858.404
7	K07	SDT-PLAN-003	1,574.77	8	524.9247
			5,937.30		1,979.10
			TOTAL		TOTAL

Fuente: Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

En los dos casos las pérdidas de producción son altas lo que conlleva a replantearse el establecer un modelo de MCC más confiable y robusto como se plantea en el presente estudio, construir en las nuevas plataformas o wellpads de producción MCC cuyos SWITCHGEAR sean alimentados a 480 voltios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores de confiabilidad de los escenarios en estudio.

Los datos recopilados en el Capítulo III sumado a los factores que se detallan en la introducción que dan origen a la presente investigación y basado en la experiencia de trabajo en el área eléctrico-petrolera se elaboró la siguiente tabla de matriz de confiabilidad de los sistemas en estudio, vea Tabla 13. Los factores y los criterio de calificación de detalla a continuación.

El peso es un valor de ponderación que se da a cada uno de los factores de acuerdo a su importancia, está dado en décimas y sumado debe dar un total de 1. La calificación va de 1 a 4 entendiéndose como el valor más alto mejor calificación como se aprecia en la misma tabla.

Tabla 13: Matriz de confiabilidad.

MATRIZ DE CONFIABILIDAD					
FACTORES	PESO	MCC 480 V		MCC 13800 V	
		CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
Maniobrabilidad de dispositivos	0.1	4	0.4	2	0.2
Confiabilidad de sistema	0.2	4	0.8	3	0.6
Vulnerabilidad	0.1	3	0.3	3	0.3
Mantenibilidad	0.1	4	0.4	3	0.3
Costos	0.08	3	0.24	4	0.32
Seguridad	0.1	4	0.4	4	0.4
Supresión de armónicos	0.09	4	0.36	1	0.09
Conectividad emergente	0.08	4	0.32	2	0.16
Facilidad de ampliación	0.07	3	0.21	3	0.21
Conectividad directa a equipos de superficie	0.08	4	0.32	3	0.24
Total	1		3.75		2.82

CALIFICACIÓN:

- 4. Fortaleza importante
- 3. Fortaleza menor
- 2. Debilidad importante
- 1. Debilidad menor

Fuente: Petroamazonas

Elaborado por: Yuri Villacís

Factores.

Se escogieron diez factores claves que están relacionados a los MCC tanto de 480 y 13800 V:

1. **Maniobrabilidad de dispositivos** como interruptores o breakers, relés de protección, interpretación de alarmas o fallas y reseteos de estos; re energizaciones, aperturas o cierres de las celdas o breakers. En la tabla ocupa la primera posición por su importancia en las operaciones diarias de campo, recibe una calificación de 4 debido a que este tipo de interruptores o breakers de caja moldeada son sencillos de maniobrar para su apertura o cierre por parte de operadores entrenados incluso sin la presencia de un técnico eléctrico. No así con el sistema de 13800 que necesariamente debe ser maniobrado por técnicos eléctricos especializados muy bien capacitados, por el elevado voltaje que se maneja, es mandatorio además el uso de traje ARC FLASH de acuerdo a la norma NFPA-070E, ver ANEXO 8, motivos que los hacen de difícil maniobra por eso recibe calificación de 2.
2. **Confiabilidad** que se basa en la estabilidad, sensibilidad a perturbaciones de la red o de las cargas, cortes de energía que se pueden presentar en el tiempo. De acuerdo a las entrevistas se deduce que la mayoría de entrevistados coincide que si han existido fallas en los últimos años en los MCC a 1380 voltios en tanto que por experiencia de labor por 12 años del autor en una petrolera privada que cuenta con MCC a 480 voltios nunca se reportaron fallas de ningún tipo en estos. Razones por las este sistema recibe una calificación de 4 en tanto que el de 13800 recibe una calificación de 3
3. **Vulnerabilidad** que se enfoca más a la posibilidad de un mal manejo o sabotaje de las instalaciones, es por eso que los dos sistemas se califica con 3.
4. **Mantenibilidad** siendo esta la capacidad de retornar a operación un equipo luego del mantenimiento establecido, se puede considerar la accesibilidad a los dispositivos como los breakers (480 v) o los interruptores (13800 v), para limpiezas, reajustes, tomas de parámetros eléctricos como voltajes o corrientes, pirometrías o termografías, limpieza o inspección. Debido al elevado voltaje en

13800 v es prácticamente nula esta posibilidad pudiéndose hacer alguna revisión o reparación solamente con los equipos en frío (sin energía) por lo que este sistema se califica con 3. En 480 v se puede tener acceso para limpieza, mediciones, pirometrías o termografías e inspecciones, pero no para reajustes que es necesario hacerlo en frío, recibe una calificación de 4.

5. **Costos** que radica en el dimensionamiento de barras de los switchgear y de cables de fuerza para los equipos de superficie; que como se vio en las simulaciones con ETAP el sistema a 480 requiere barras y cables de grandes dimensiones por lo elevados valores de corriente que controla lo que incrementa el costo de instalación. El sistema a 13800 requiere barras para corrientes bajas al igual que cables de fuerza de diámetros menores lo que mejora el costo de instalación es por eso que recibe una calificación de 4 y el de 480 se califica con 3.
6. **Seguridad**, en este aspecto los dos sistemas están diseñados y construidos bajo normas y conceptos de seguridad estandarizados a nivel mundial, es por eso que reciben un calificación igual de 4.
7. **Supresión de armónicos en barras**, gracias a la tecnología actual se han construido supresores de armónicos producidos por las cargas no lineales, en este caso los variadores de frecuencia, estos supresores se pueden conectar en paralelo directo a barras en el caso de 480 v, ver ANEXO 7, razón por la que se califica con 4. Esta posibilidad es prácticamente nula en el caso de 13800 v al no existir supresores para estos voltajes por lo que se lo califica con 1.
8. **Conectividad emergente** en el caso de falla de la fuente principal de energía, en el caso de MCC a 480 se los puede conectar directo a generadores temporales a este voltaje fácilmente localizables en el mercado, por eso se califica con 4. En 13800 v sería necesario intercalar un transformador elevador 480/13800 para contar con el nivel voltaje adecuado o conseguir generadores a este voltaje lo que significa en cualquiera de las dos posibilidades un elevado costo, por lo que recibe una calificación de 2.
9. **Facilidades de ampliación del SWGR**, los dos sistemas tienen factibilidad de ampliarse, a pesar que la ingeniería inicial proyecta la construcción de instalaciones que cubran la demanda presente y futura según los planes de

perforación de pozos, es decir el promedio de pozos petroleros por plataforma o Wellpad es de 12 y para esta cantidad se dimensionan las instalaciones. En este factor los dos sistemas reciben la misma calificación de 3.

10. Conectividad directa a equipos de superficie tomando en cuenta que los variadores funcionan a 480 v, la empresa actualmente busca reducir costos de producción por lo que se ve que se está ya instalando en sus campos variadores de velocidad de 6 pulsos controlados por PWM (Pulse-Width Modulation) o modulación de ancho de pulso para controlar el disparo a las compuertas de sus elementos semi conductores; estos equipos se los puede conectar directamente a MCC de 480 v, por eso se lo califica con 4. Como se explica en el capítulo anterior en 13800 es siempre necesario la presencia de transformadores reductores 13800/480 v para cada juego de equipos de superficie, incrementando el costo de instalación, razón por la que recibe una calificación de 3

El total de los pesos ponderados de los dos sistemas nos indican que el MCC energizado a 480 v tiene un resultado de 3.75 y el de 13800 suma 2.82. Como conclusión de acuerdo a esta matriz el sistema MCC a 480 sería el más recomendable para las operaciones en wellpads.

Contraste con otras investigaciones

Ventajas de un MCC de Wellpad a 480 voltios de corriente alterna.

- Fácil y segura maniobrabilidad para la apertura y cierre de los breakers incluso sin la necesidad de personal técnico eléctrico sin el uso de traje ARC FLASH.
- Fácil conectividad con una fuente externa de generación emergente en caso de falla de la fuente principal.
- No se requieren complicadas calibraciones de protecciones.
- Posibilidad de ampliación del SWITCH GEAR
- Manejo de bajo voltaje en barras.
- Bajo costo de un breaker de caja moldeada.

- Facilidad de toma de parámetros como corriente y voltajes con instrumentos de uso común como los multímetros.
- Confiabilidad en operación, las empresas que usan este tipo de MCC no reportan fallas, súbitos apagones o desastres inesperados de carga.
- Da la posibilidad de conectar 480 VAC directamente a los variadores de frecuencia en el caso de que estos usen PWM en el sistema de disparo a los elementos de la etapa inversora.
- No requiere un transformador externo de utilidades para alimentar a los sistemas auxiliares de 220/ 110 VAC
- Conexión directa a equipos sin la necesidad de elaboración de puntas terminales.
- Switchgears modulares efectivos para el tipo de aplicación.
- Facilidad de instalación de un supresor de corrientes armónicas en paralelo a las barras de 480 VAC, especificado en el ANEXO 7.

Desventajas de un MCC de Wellpad a 480 voltios de corriente alterna.

- Manejo de elevadas corriente en barras.
- Es necesario el uso de cables de fuerza dimensionados en medidas entre 350 a 500 MCM del tipo armado lo que conlleva mayor inversión.
- Es necesario el uso de transformador reductor que alimenten a barras, dimensionado de acuerdo a la necesidad inmediata con la posibilidad de instalar otro en caso de ampliación del Wellpad de producción.
- La posibilidad de falla en el transformador reductor que conllevaría pérdida de producción hasta su reemplazo.

Ventajas de un MCC de Wellpad a 13800 voltios de corriente alterna

- Manejo de corrientes bajas en barras.
- Uso de cables de media tensión armados en dimensiones como 1 AWG, 1/0 AWG o 2/0 AWG hasta los transformadores reductores (SDT) de cada uno de los equipos de superficie de los pozos petroleros.

- Conexión directa a la fuente de alimentación principal.
- No requiere transformador reductor para alimentar barras.

Desventajas de un MCC de Wellpad a 13800 voltios de corriente alterna

- La necesidad de la presencia de personal técnico calificado para las maniobras de apertura y cierre de los interruptores de media tensión.
- Uso de traje ARC FLASH de acuerdo a norma NFPA 70 E. Ver ANEXO 8.
- Costo elevado de cada una de las celdas o columnas.
- Requieren ajustes muy precisos de los relés de protección que no viene al caso en la aplicación de equipos como los de los pozos petroleros.
- No posibilidad de una conexión emergente a una fuente externa de alimentación a este voltaje en el caso de falla de la fuente principal, salvo con el uso de transformadores elevadores de 480 a 13800 voltios.
- Necesidad de elaboración de puntas terminales en cada uno de los cables de media tensión para la interconexión con los equipos de superficie.
- La necesidad de uso de transformadores reductores (SDT) 13800/480 VAC para cada uno de los equipos de superficie de los pozos petroleros.
- La imposibilidad de toma de medida voltajes con equipos normales salvo las medidas que registren los relés de protección a través de transformadores de potencial PT y transformadores de corriente CT instalados para el efecto.
- Propenso a fallas en los relés de protección o fallas humanas en las maniobras.
- Manejos de altos voltajes en barras y en transformadores reductores.
- No posibilidad de instalar un supresor de armónicos directamente a barra por el nivel de voltaje elevado ahí presente.
- Se reportan fallas en el uso de este tipo de dispositivos con pérdidas de producción.

Verificación de hipótesis

Para la comprobación de hipótesis en base al tipo de datos existente, se aplicó el estadígrafo T-Student; el cual se detalla a continuación.

a) Modelo Lógico

H₀ = El análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna no son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

H₁ = El análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

b) Modelo Matemático

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 0.10$$

d) Cálculo de las desviaciones estándar y de las medias de las muestras

Se ha tomado en consideración como datos para contrastar en la prueba de hipótesis los estándares considerados en un MCC de Wellpads a 13800 voltios de corriente

alterna que actualmente son utilizados en el proceso de extracción y la producción mensual de crudo en Petroamazonas. Ver ANEXO 4.

Tabla 14: Datos para la comprobación de hipótesis

ESCENARIOS OPERATIVOS EN LOS WELLPADS			PROCESO DE EXTRACCION DE CRUDO 2015 (MILES DE BARRILES)		
Estandares	X ₁	X ₁ ²	Meses	X ₂	X ₂ ²
Carga-MW	2.789	7,78	Junio	450,00	202.500,00
Carga-Mvar	1.336	1,78	Julio	428,00	183.184,00
Generación-MW	2.789	7,78	Agosto	418,00	174.724,00
Generación-Mvar	1.336	1,78	Septiembre	422,00	178.084,00
Pérdidas-MW	0.024	0,00	Octubre	425,00	180.625,00
Pérdidas-Mvar	0.148	0,02	Noviembre	390,00	152.100,00
Total	8,42	17,34	Diciembre	380,00	144.400,00
			Total	2.913,00	1.215.617,00

Elaborado por: Yuri Villacís

Varianza muestral

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

$$S_1^2 = \frac{17,34 - \frac{(8,42)^2}{6}}{6-1}$$

$$S_1^2 = 1,1047$$

$$S_1 = 1,051$$

$$\bar{x}_1 = \frac{8,42}{6}$$

$$\bar{x}_1 = 1,40$$

$$S_2^2 = \frac{1.215.617,00 - \frac{(2.913)^2}{6}}{7-1}$$

$$S_2^2 = 565,48$$

$$S_2 = 23,78$$

$$\bar{x}_2 = \frac{2.913,00}{7}$$

$$\bar{x}_2 = 416,14$$

e) **Combinación de las varianzas de las muestras**

Varianza combinada

$$Sp^2 = \frac{(n_1-1)(S_1)^2 + (n_2-1)(S_2)^2}{(n_1 + n_2) - 2}$$

$$Sp^2 = \frac{(6-1)(1,051)^2 + (7-1)(23,78)^2}{(6+7)-2}$$

$$Sp^2 = 308,95$$

f) **Determinación "t"**

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{Sp^2 \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$t = \frac{1,40 - 416,14}{\sqrt{308,95 \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{7} \right]}}$$

$$t = \frac{-414,74}{\sqrt{95,63}}$$

$$t = \frac{-414,74}{9,77}$$

$$t = -42,45$$

g) **Grados de libertad**

$$gl = (n_1 + n_2) - 2$$

$$gl = (6 + 7) - 2$$

$$gl = 11 \text{ grados de libertad}$$

$$\alpha = \frac{0,10}{2} = 0,05$$

$$t \text{ tabular} = -1,796 \text{ y } +1,796$$

Gráfica "t student"

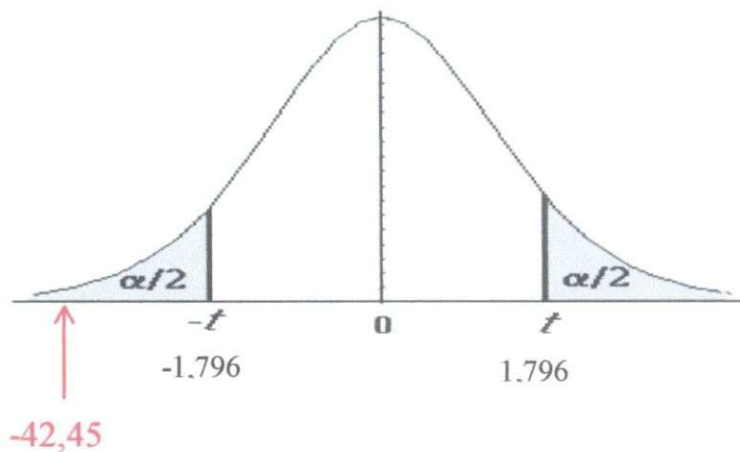


Figura 33: Curva T-Student
Elaborado por: Yuri Villacís

Se compara el parámetro muestral estandarizado y los parámetros críticos

Por lo tanto:

-42,45 es $< -1,796$; por lo que, el valor calculado se encuentra en la región de rechazo; por lo tanto la Hipótesis nula se RECHAZA, y se concluye que el análisis de los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera de Petroamazonas EP con centros de control de motores energizados a 480 voltios de corriente alterna son los más eficientes y aportan significativamente al proceso de extracción de crudo.

Propuesta.

Por los resultados arrojados en el presente estudio se recomendaría que las nuevas plataformas o Wellpads de producción petrolera de la empresa se construyan MCC con una ingeniería estandarizada con switchgear diseñados para ser energizados con 480 voltios de corriente alterna.

- En el desarrollo de estas nuevas facilidades se estandarizaría el tendido de cable eléctrico sin fosas de revisión que se llenan de agua como se ve en el ANEXO 9, esto ha derivado en que comience a registrarse fallas de resistencia de

aislamiento de los cables eléctricos lo que obliga a su reemplazo y el consiguiente incremento de costos. El tipo de cable usado es un tipo TECK METAL CLAD, ver ANEXO 10, que está diseñado para ser enterrado directamente en tierra con las debidas precauciones como:

- . Enterrados al menos a un metro de profundidad.
- . En el caso de cables de media tensión que alimentan a las bombas electro sumergibles de los pozos deben enterrarse al menos al 1.60 m de profundidad, ubicados en orden en una adecuada cama de arena de aproximadamente 30 cm, cubiertos con otra cama de arena de 30 cm. Se los debe cubrir con una capa de aproximadamente 40 cm de tierra o lastre común. En este punto se debe tender cinta señalizadora de peligro de CABLE ENTERRADO ENERGIZADO, como advertencia en caso de futuras excavaciones. Ver recomendación de: **Electrical Canadian Code, Rule 12-602, (3), and (4) Use of Armoured Cable Suitable for Direct Burial**, ANEXO 11. Finalmente se cubre totalmente la excavación y se afirma el piso con maquinaria adecuada. Todas las rutas de excavaciones y zanjas para soterramientos de cables eléctricos deberán quedar claramente definidos en los planos respectivos como RED LINES o en planos ASBUILT al finalizar la obra.
- En caso de cables de media tensión (5 mil voltios) alimentadores de bombas electro sumergibles se sugiere tenderlos por una sola ruta definida hacia los pozos bajo el procedimiento descrito en el párrafo anterior, evitando el uso de tubos metálicos de recubrimiento.
- Evitar dejar tomas de tierra al nivel del piso de los shelters de los equipos de superficie, lo que dificulta la movilización o reemplazo de los mismos. Es preferible lanzar desde la malla de tierra construida un cables 4/0 AWG por medio de la bandeja y derivar a cada uno de los equipos. Y finalmente interconectarlo nuevamente con la malla de tierra para cerrar el circuito.
- Construir shelters con piso uniforme sin aberturas y canales. Piso uniforme que facilite la movilización para instalación o reemplazo de equipos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se describieron claramente los factores de confiabilidad de los centros de control de motores MCC energizados a 13800 y a 480 voltios, los dos sistemas tiene sus bondades y falencias. En el desarrollo de la ingeniería conceptual de estos proyectos, cada empresa tiene sus criterios y estándares de diseño y construcción bien definidos para adoptar cualquier forma de distribución en sus zonas de producción. Los factores de riesgo al trabajar con electricidad son altos lo que determina siempre el uso de equipo de protección especial, más la aplicación de reglas de seguridad definidas y el agudizamiento del instinto y el sentido común. Se aprecia que en cierta forma estos riesgos se reducen al usar MCC alimentados a 480 v más las ventajas que han sido ya señaladas.
- Los proceso de extracción de crudo requieren de fuertes inversiones con altos riesgos de pérdidas económicas esto conlleva el optimizar recursos diseños nuevos e innovadores, aprovechamiento al máximo de las instalaciones. Estos detalles bien definidos en el presente estudio ha buscado clarificar como se desarrollan las actividades petroleras que se llevan a cabo día a día en los distintos campos.
- La contrastación técnica de los resultados del presente estudio ratifica la hipótesis del mismo en que se exponía que el escenario operativo a 480 voltios sería el recomendable en los campos petroleros y su implementación aportaría de manera significativa en el proceso de extracción de crudo.

Recomendaciones:

- Por demostración de la hipótesis se recomendaría el trabajar con escenarios operativos de 480 voltios realizando una ingeniería conceptual con definidos lineamientos de estandarización bajo criterios únicos de normas de seguridad y diseño.
- Se recomienda tomar en cuenta los KPI's del proceso de extracción de crudo para un control más óptimo del mismo en el cual se describan los elementos correspondientes a dichos indicadores, logrando de esta manera tener un control más técnico y al detalle de dicho proceso productivo.
- Tomar en consideración el riesgo de trabajar con líneas energizadas para utilizar siempre los EPP adecuados a la tareas y actividades que se desarrollan en los centros de control de motores MCC energizados a 13800 y a 480 voltios, para de esta manera reducir el riesgo de accidentes y optar por condiciones laborales más seguras para el personal de dichas áreas.

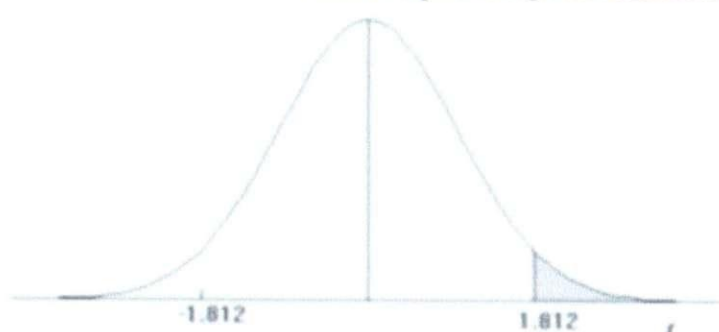
Bibliografía

- “Análisis de armónicos en sistemas eléctricos.pdf”, por Ph. D. RAMÓN ALFONSO GALLEGO R, <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/962721%20-%2026.pdf>, consultado en abril del 2016.
- Frequently Asked Questions about The Lineator Advanced Universal Harmonic Filter (AUHF).pdf, por MIRUS INC, <http://www.mirus.com>, consultado en Mayo del 2016.
- Harmonics Methods of Mitigation.pdf, por Ian C Evans, <http://www.mirus.com>, consultado en mayo del 2016.
- Harmonics, Reducing Harmonic Distortion.pdf, por Ian C Evans, <http://www.mirus.com>, consultado en mayo del 2016.
- Norma IEEE 1100 - 2005 “Práctica Recomendada para Potencia y Puesta a Tierra de Equipos Electrónicos”.pdf, http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product_id=1267445, consultado en mayo del 2016.
- Norma IEEE C62.41 “Guía de Aplicación para Dispositivos de Protección de Sobretensión en Bajo Voltaje (1000 Voltios o Menor)”. Pdf, <http://www.ewh.ieee.org>, consultado en mayo del 2016.
- Nota de aplicación de Fluke Corporación “Medida en variadores de velocidad con
- multímetros Fluke”.pdf, por J. David Rodríguez, http://www.fluke.co.uk/comx/applications/gen_02_es.pdf, consultado en abril del 2016.
- “Transformadores para aplicaciones especiales”.pdf, por ABB, <http://www.abb.es/product/es/9AAC720281.aspx>, consultado en abril del 2016.
- TRANSFORMERS.pdf, por Devki Energy Consultancy Pvt. Ltd., 2006, <http://imps.mcmaster.ca/doc/transformers.pdf>, consultado en abril del 2016.

Anexos

Anexo 1: Tabla T-Student

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para $\phi = 10$ grados de libertad:

$$P\{t > 1.812\} = 0.05$$

$$P\{t < -1.812\} = 0.05$$

α r	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	636.578
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.600
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.689
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.660
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.290

Anexo 2: Guion de Entrevista

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

NOMBRE DE LA EMPRESA:

ENTREVISTADO:

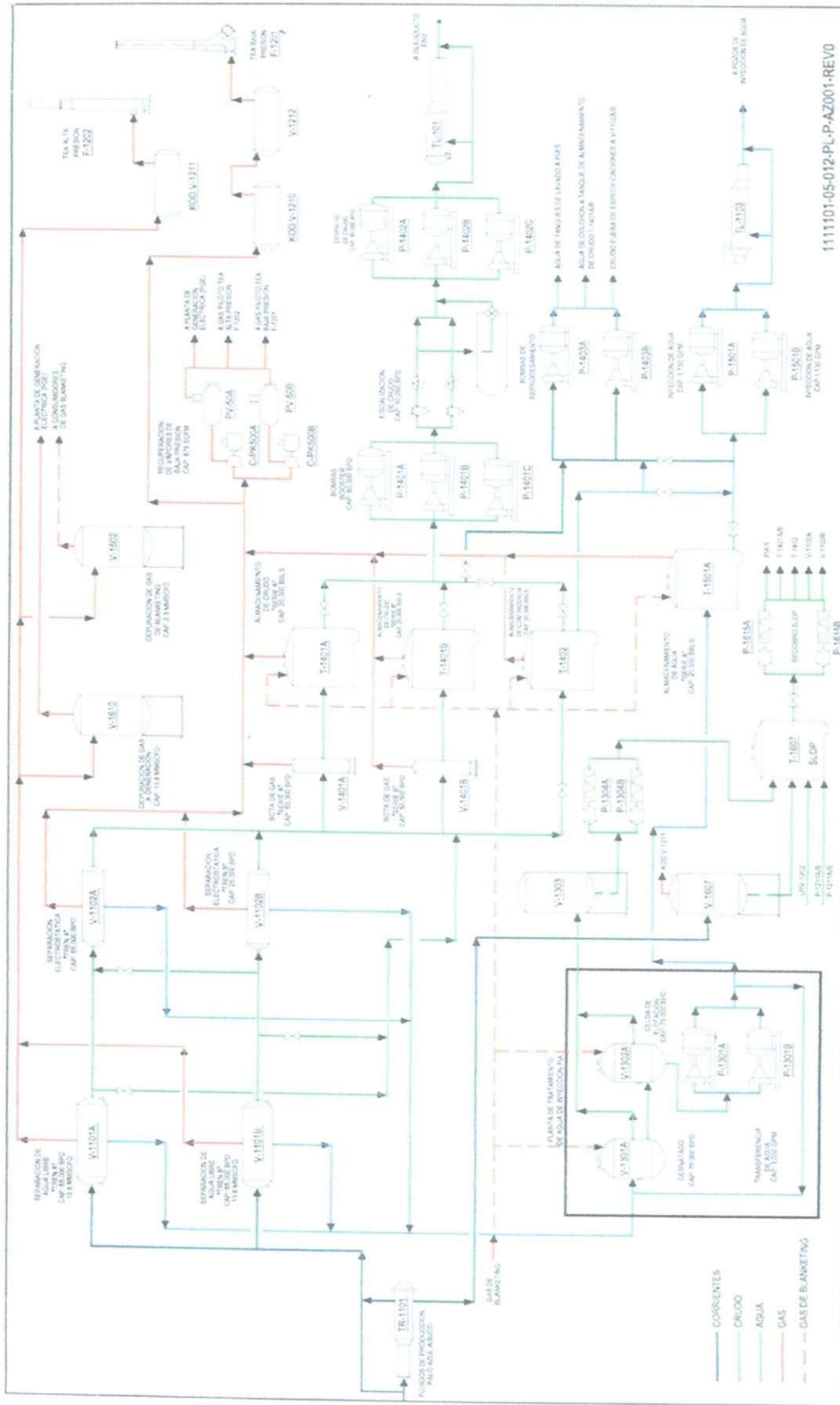
ENTREVISTADOR:

LUGAR: **FECHA:**

OBJETIVO.- Analizar comparativamente los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna y su incidencia en el proceso de extracción de crudo en Petroamazonas EP.

- 1. ¿Cree Usted que el Personal Técnico-Operativo conoce las responsabilidades y riesgos en la operación diaria del equipo eléctrico de los wellpads de producción?**
- 2. ¿Se han analizado alguna vez comparativamente los escenarios operativos en los wellpads de producción petrolera con centros de control de motores energizados a 13800 y a 480 voltios de corriente alterna?**
- 3. ¿A su criterio personal cuál de los centros de control de motores energizados es el más eficiente y seguro de maniobrar y por qué?**
- 4. ¿Considera usted que si se llegara a demostrar la eficiencia y seguridad operativa de los MCC's a 480 VAC para los wellpads de producción, se podría aplicar en la práctica de inmediato?**
- 5. En los últimos 10 años: ¿Se han reportado fallas o eventos que se hayan presentado en las celdas de media tensión de los wellpads de producción del B18?**

Anexo 3: Diagrama de central de facilidad de procesos.



1111101-05-012-PL-PAZ001-REV0

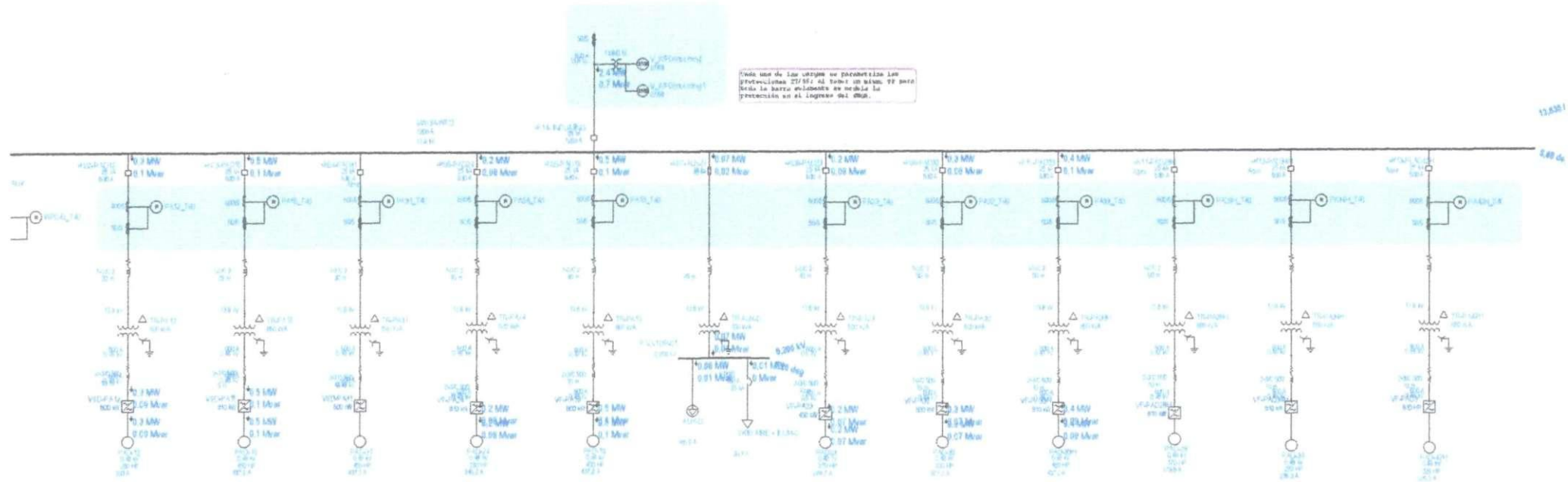
Anexo 4. Reporte de producción Bloque Palo Azul, Petroamazonas EP.

POZO		BOMBA			MOTOR				FECHA INSTALACION EQUIPO	FECHA ARRANQUE EQUIPO	FECHA DE PARADA EQUIPO	RUN LIFE AL 30-ago-15	RANGO DE OPERACIÓN BOMBA		
FIELD	PAM BE°	Rur	RUN C°	ETPS	SERIE	MODELO	SERIE	VOLTS						AMPS	HP
PATA-006BT		2	1	392	400	P18	562	2295	44	168	16-feb-15	20-feb-15	30-ago-15	191	EN RANGO
PLAA-001BT		9	2	530	400	FLEX 3.2	450	1620	41	105	08-may-15	10-may-15	30-ago-15	112	EN RANGO
PLAA-016H		14	2	402	400	FLEX 17.5	450	3550	50	270	11-jun-14	15-jun-14	30-ago-15	441	EN RANGO
PLAA-030BT	0362	7	2	520	400	P3P	450	1715	50	135	06-dic-14	09-dic-14	30-ago-15	264	EN RANGO
PLAB-002H		7	2	312	400	P35	562	2650	77	336	20-may-13	21-may-13	30-ago-15	831	EN RANGO
PLAB-003H	0294	14	4	312	400	P35	450	3080	90	432	25-mar-14	29-mar-14	30-ago-15	519	EN RANGO
PLAB-005H	0348	8	1	402	400	P18	450	3430	50	270	23-jul-14	26-jul-14	30-ago-15	400	EN RANGO
PLAB-006S1H	0408	1	1	350	400	P8	450	1540	90	216	20-nov-14	24-nov-14	30-ago-15	279	EN RANGO
PLAB-008H		9	1	402	400	P18	450	1540	90	216	18-feb-13	18-feb-13	30-ago-15	923	EN RANGO
PLAB-010S1H		10	1	402	400	P18	450	3550	50	216	25-feb-15	28-feb-15	30-ago-15	183	EN RANGO
PLAB-036HS1H		3	2	152	538	FLEX 47	562	2810	108	216	25-ago-15	28-ago-15	30-ago-15	2	EN RANGO
PLAC-004H		11	1	136	538	P23	562	2650	77	216	26-oct-12	28-oct-12	30-ago-15	1036	EN RANGO
PLAC-013S1H	0313		1	402	400	FLEX 17.5	450	3550	50	216	05-jun-14	08-jun-14	30-ago-15	448	EN RANGO
PLAC-017H		9	2	500	400	FLEX 17.5	562	2650	77	216	30-ene-15	02-feb-15	30-ago-15	209	EN RANGO
PLAC-038H	0357	8	1	500	400	P18	562	2275	67	216	14-ago-14	17-ago-14	30-ago-15	378	EN RANGO
PLAC-039H	0011	6	2	141	538	P62	562	2920	128	216	07-feb-15	10-feb-15	30-ago-15	201	EN RANGO
PLAC-040H	0396	7	2	357	400	FLEX 10	562	2480	63	216	07-nov-14	10-nov-14	30-ago-15	293	EN RANGO
PLAC-046H	0098	1	1	76	538	P47	562	2650	77	216	02-ago-14	05-ago-14	30-ago-15	390	EN RANGO
PLAC-048H	0168	2	2	289	400	FLEX 10	450	1715	50	216	19-feb-14	22-feb-14	30-ago-15	564	EN RANGO
PLAD-016H	0343	6	1	103	538	FLEX 80	562	3470	86	216	11-jul-14	15-jul-14	30-ago-15	411	EN RANGO
PLAD-024H		7	1	136	538	P23	562	2650	77	216	23-dic-12	25-dic-12	30-ago-15	978	EN RANGO
PLAD-028HH	0263	2	2	402	400	FLEX 17.5	450	1540	90	216	30-sep-12	02-oct-14	30-ago-15	332	EN RANGO
PLAD-032H	0038	3	2	136	538	P23	562	2650	77	216	15-dic-13	18-dic-13	30-ago-15	620	EN RANGO
PLAD-034HH	0388	2	2	122	538	P47	562	3470	86	216	30-abr-15	02-may-15	30-ago-15	120	EN RANGO
PLAD-042AH	0026	2	2	136	538	P23	562	2810	108	216	10-mar-15	12-mar-15	30-ago-15	171	EN RANGO
PLAD-044H	0012	1	1	268	400	P18	562	2133	46	216	17-sep-12	20-sep-12	30-ago-15	1074	EN RANGO
PLAN-029H	0199	2	2	323	400	FLEX 10	562	2110	52	216	31-ago-14	03-sep-14	30-ago-15	361	EN RANGO
PLAN-049HS1HP	0232	2	2	402	400	P18	562	2110	63	216	26-feb-15	01-mar-15	30-ago-15	182	EN RANGO
PLAN-051HH	0293	1	1	152	538	P47	562	2810	108	216	17-mar-14	20-mar-14	30-ago-15	528	UPTHRUST
PLAN-052HP	0308	2	2	393	400	P4	450	1775	50	216	16-dic-14	18-dic-14	30-ago-15	255	EN RANGO
PLAN-053R1H	0369	1	1	402	400	P18	562	2110	52	216	25-ago-14	28-ago-14	30-ago-15	367	UPTHRUST

PAD	POZO	FECHA DE ARRANQUE	INST No.	RUN LIFE			BOMBA			MOTOR				INYECCION DE QUIMICO					HZ	ZONA	BFPD	BSW %		BAPD	BPPD
				14-Aug-16	SERIE	MODELO	TOTAL STG	SERIE	V	A	HP	CABLE CON CAPILAR	DNO GL/D	ACOR GL/D	A ESC GL/D	A ESPUM GL/D									
PATA	PATA-006BT	20-feb-15	2	303	400	P18	392	562	2295	44	168	1	0	3	0.3 C	0	63,0	BT	374	37%		138	236		
A	PLAA-001BT	10-may-15	9	224	400	FLEX 3.2	530	450	1620	41	105	1	0	0	0.1 C	0	60,0	BT	74	20%		15	69		
A	PLAA-016H	15-jun-14	14	553	400	FLEX 17.5	402	450	3550	50	270	1	0	4 R	4 C	0	66,3	H	1397	92%		1285	112		
A	PLAA-030BT	09-dic-14	7	376	400	P3P	520	450	1715	50	135	2	2	3	0.2 C	0	48,0	BT	73	40%		26	44		
B	PLAB-002H	21-may-13	7	943	400	P35	312	562	2650	77	336	2	0	6 C	6 C	0	65,0	H	2401	94%		2257	144		
B	PLAB-003H	29-mar-14	14	631	400	P35	312	450	3080	90	432	2	0	4 R	4 C	0	63,0	H	3036	88%		2872	364		
B	PLAB-006H	28-jul-14	8	512	400	P18	402	450	3430	50	270	2	0	3 R	3 C	0	60,0	H	1508	86%		1296	211		
B	PLAB-006S1H	24-nov-14	1	391	400	P8	360	450	1540	90	216	1	0	1 C	1 C	0	48,4	H	323	74%		236	94		
B	PLAB-008H	18-feb-13	9	1035	400	P18	402	450	1540	90	216	1	4 R	3 R	4 C	0	61,0	H	1483	82%		1216	267		
B	PLAB-009H	06-sep-15	9	105	400	P 35	312	450	3080	90	432	2	0	2 R	2 C	0	61,0	H	3816	88%		3356	466		
B	PLAB-010S1H	28-sep-15	15	83	400	FLEX 10	357	450	2590	41	168	1	0	0	0 C	0	61,0	H	759	88%		668	81		
B	PLAB-036HS1H	28-ago-15	3	114	538	FLEX 47	152	562	2810	108	504	1	0	11 R	14 C	0	67,0	H	4100	90%		3690	410		
C	PLAC-004H	28-oct-12	11	1148	538	P23	136	562	2650	77	336	1	4 R	3 R	4 C	0	62,5	H	1630	57%		928	701		
C	PLAC-013S1H	08-jun-14	0	560	400	FLEX 17.5	402	450	3550	50	270	1	0	6 R	6 C	0	64,5	H	1082	90%		963	109		
C	PLAC-017H	02-feb-15	9	321	400	FLEX 17.5	500	562	2650	77	336	2	0	4 C	4 C	0	60,0	H	1828	97%		1773	65		
C	PLAC-038H	17-ago-14	8	490	400	P18	500	562	2275	67	252	1	0	4 R	4 C	0	60,0	H	1756	90%		1580	176		
C	PLAC-039H	10-feb-15	7	313	538	P62	141	562	2920	128	600	1	0	0	0 C	0	61,0	H	4458	91%		4066	401		
C	PLAC-040H	19-nov-14	7	405	400	FLEX 10	357	562	2480	63	250	1	0	0	0 C	0	60,0	H	739	68%		505	237		
C	PLAC-046H	06-ago-14	1	502	538	P47	76	562	2650	77	336	1	0	6 R	6 C	0	63,0	H	3708	88%		3283	446		
C	PLAC-046H	22-feb-14	2	666	400	FLEX 10	289	450	1715	50	135	2	0	0	0 C	0	60,0	H	1282	89%		1256	26		
D	PLAD-016H	15-jul-14	6	523	538	FLEX 80	103	562	3470	86	480	1	0	10 C	10 C	0	47,0	H	4326	96%		4153	173		
D	PLAD-023H	00-ene-00	0	42358	400	FLEX 17.5	402	562	2110	52	180	2	0	0	0 C	1	0,0	H		0%		0	0		
D	PLAD-024H	25-dic-12	7	1090	538	P23	136	562	2650	77	336	1	0	3.6 R	4 C	0	60,0	H	1408	86%		1211	197		
D	PLAD-028HH	02-oct-14	2	444	400	FLEX 17.5	402	450	1540	90	216	2	0	6 R	6 C	0	60,0	H	1776	79%		1403	373		
D	PLAD-032H	18-dic-13	3	732	538	P23	136	562	2650	77	336	1	0	6 R	4 C	0	60,0	H	1429	87%		1243	186		
D	PLAD-033H	15-sep-15	2	96	538	FLEX 80	137	562	3750	108	672	2	0	0	0 C	0	63,0	H	6117	92%		5828	488		
D	PLAD-034HH	02-may-15	2	232	538	P47	137	562	3470	86	480	2	0	10 R	10 C	0	60,0	H	4217	96%		4008	211		
D	PLAD-042AH	12-mar-15	2	283	538	P23	136	562	2810	108	504	1	0	0	0 C	0	66,0	H	2120	93%		1972	148		
D	PLAD-044H	20-sep-12	1	1186	400	P18	268	562	2133	46	165	1	2 R	0	3 C	0	65,0	H	1340	94%		1259	80		
Norte	PLAN-029H	08-nov-15	3	42	400	FLEX 10	325	562	2110	52	180	2	5 R	2 C	0.7 C	0	47,0	H	380	70%		266	114		
Norte	PLAN-049HS1HP	01-mar-15	2	294	400	P18	402	562	2110	52	180	2	5 R	0	0.8 C	0	48,0	H	501	44%		220	261		
Norte	PLAN-061HH	20-mar-14	1	640	538	P47	152	562	2810	108	504	1	30 C	6 C	13 C	0	63,0	H	5491	88%		4832	660		
Norte	PLAN-053R1H	28-ago-14	1	479	400	P18	402	562	2110	52	180	2	0	0	0.7 C	0	63,0	H	1873	8%		150	1723		
Norte	PLAN-056H	00-ene-00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0.2 C	1	44,0	H	430	56%		246	181		
TOTAL																			66812			67399	9263		

ma Unifilar - OLV2 (Análisis de Flujo de Carga)

Anexo 6: Estudio ETAP, 13800 VOLTIOS, Diagrama.



Anexo 7: Supresor de Armónicos.

AIM Active Harmonic Filters



Real time active filtering of harmonics

AIM
EUROPE

Harmonics and Power Quality

The term Power Quality relates to the amplitude, frequency and distortion of the electrical supply. Whilst the utility provides a supply, which has the amplitude and the frequency within controlled limits, it is the consumer and his equipment that distorts both the voltage and current waveforms.

Prior to the proliferation of modern power electronics, most loads were linear, drawing a sinusoidal current following the supply voltage. However, nowadays the most common loads are non-linear, utilizing power that is not sinusoidal. Non-linear equipment use converters to transform AC power to DC power. The type of converter, the semiconductor and load characteristics dictate the current drawn by the source. Since the current drawn is not sinusoidal, harmonics are generated.

Harmonic Distortion, caused by non-linear loads on the supply network, results in currents in the system that are of a higher magnitude than expected and contain harmonic frequency components. The economic effects of these harmonics are shorter equipment life, reduced energy efficiency, and a susceptibility to nuisance tripping.

There are several common problems associated with harmonics:-

- Overheating of transformers, cables and motors
- Nuisance tripping of circuit breakers
- Over-stressing of PF correction capacitors
- Reduced current carrying capacity of cables due to skin effect
- Overloading of neutral conductors
- Zero crossing noise
- Voltage distortion
- Excitation of network resonance
- Problems caused when harmonic currents reach the supply - legislation problems.

The Solution: AIM Active Harmonic Filter

A proven technology is now available to isolate harmonic current and protect the equipment on your power distribution system from damage due to harmonic voltage distortion.

By actively monitoring the non-linear current demanded by the load, the AIM Active Harmonic Filter (AHF) electronically generates an adaptive current waveform which matches the shape of the non-linear portion of the load current. By injecting this matching current into the bus in real time, the AHF stops the destructive current at the point of connection.

By this mode of cancellation, the AIM AHF provides the industry's best attenuation of harmonic currents.

The AHFs IGBT Converter Bridge reacts at micro-second speed to changes in the non-linear load current, allowing cancellation even as the high frequency harmonic components change.

The AHF is not affected by changes in the impedance in the system, nor will it react with other devices. The AHF will also not adversely affect the resonant points in the system.

The AHF has no series components allowing an easy-to-install connection. If greater capacity is required, the AHF has built-in circuitry to allow for simple paralleling. Paralleled systems are available for single point field connections.

Unique Features

AIM (Adaptive Injection Mode) Harmonic Filter

The AHFs electronic bridge draws leading reactive current from the power line, stores it in a DC capacitor bus, and delivers it back to the line as harmonic current, meeting the load's demand for non-linear current at the point of connection. The source delivers fundamental current.

Industry's Best Harmonic Cancellation Device

Unlike a tuned filter, the AHF continuously measures the load's changing non-linear current and injects the required waveform to supply the load's harmonic current demand from the 2nd to the 51st harmonic.

Easy to Apply

The AHF is a non-resonating, non-tuned device. It can be installed anywhere on the distribution system. A simple measurement to determine the magnitude of harmonic current is all that is needed. For new installations the equipment manufacturer or your AHF supplier can provide the required data.

IGBT Bridge

The AHF's Class-D Switching Mode Current Source Amplifier uses Insulated Gate Bipolar Transistors. These are high frequency switched power electronic devices that allow high resolution and micro-second response to match the load's non-linear current waveform.

The AHF is connected parallel to the bus through a soft start circuit. When energized the AHF draws leading reactive current and the converter uses this to charge the internal DC Bus.

The current transformers on two of the phases measure the load current. An electronic "notch filter" rejects the fundamental frequency component and passes the "distortion current components" (harmonic as well as non-harmonic, transient and sub-harmonic components). Electronically controlled linear attenuators reduce the harmonic current signals to limit the AHFs harmonic current output to the unit's rated RMS value.

The amplifier control logic uses this signal to modulate current waveform which matches the non-fundamental current demanded by the non-linear load.

Features



Adaptive Injection Mode (AIM)

Continuously monitors the load harmonic current spectrum and cancels it.

Industry's Best Harmonic Cancellation Device

Superior non-linear current cancellation from the 2nd to 51st harmonic. Greatly reduces notching caused by SCR switching, diode rectification and other load generated transients.

Parallel Connection

With no series components the AHF can be easily installed without major re-work. Current measurement is made with wide bandwidth current transformers (CTs). Energy consumption is low.

Electronic VAR Current

In addition to harmonic cancellation current, the AHF electronically produces leading VAR current, aiding the improvement of system power factor without the negative effects of traditional power factor correction capacitors.

Current Limited

The AHF unit is current limited and can work in any system without overload or damage, regardless of the magnitude of harmonic current demanded by the load.

Safety and Access

The AHF's power sections are covered within the enclosure to LVD standards. Removable panels allow easy front access and clear view of major components.

G5/4-1 & IEEE 519-1992

The AHF units are easily paralleled and can be sized to guarantee compliance with G5/4-1 and IEEE 519-1992 harmonic standards under most load conditions.

Pictured 100Amp Model contains:

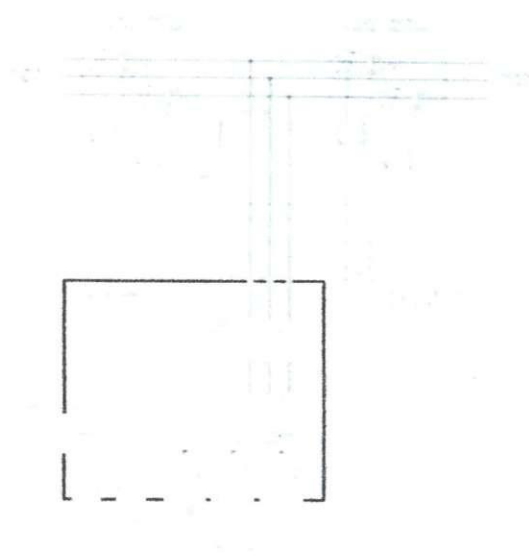
- MCS / Isolation Device
- Fast Acting/High Interrupting Fuses
- High Frequency / EMI/EMC Filter
- Soft Start Contactor Circuit
- IGBT Switching-Mode Power Stage
- DC Bus Capacitors
- AC Capacitor Reactive Current section

Product Offering Summary

3-Wire models range between 25 and 300 amps (4-wire to 200 amps) with inputs of 208V through 600 VAC, 50Hz or 60Hz (690V Special build). Ring type Wide Bandwidth CTs are supplied as standard. Split core CTs are available upon request. AHFs can be paralleled using one set of CTs. All units are available as chassis or enclosed. Consult AIM for special enclosure requirements. All models include a control / display panel.

Chassis models include a control / display panel, 1m of ribbon cable, 2 CTs and 200k AIC Fuses. A moulded case disconnect switch is included with all enclosed models. A power quality analyser (PQA) with communications can be added at extra cost.

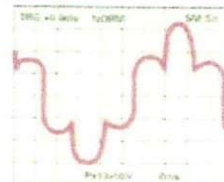
Typical Connection Diagram



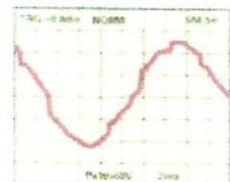
AIM AHF Field Results - 100Amp

Attenuation From the 2nd to 51st Harmonic
Typical results of the AHF during operation in parallel with SCR Bridge Rectifier non-linear load seen from Delta side of a Delta-Wye transformer.

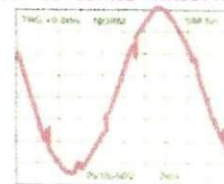
SOURCE CURRENT WITHOUT AHF



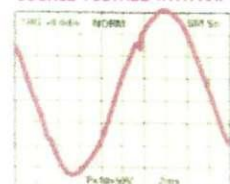
SOURCE CURRENT WITH AHF



SOURCE VOLTAGE WITHOUT AHF



SOURCE VOLTAGE WITH AHF



Product Specifications

Technical Data: 3Phase 3Wire & 4Wire Models. Voltage: 400V 50-60Hz *

Type	Model	Harmonic Cancellation Phase Current (Arms)	Harmonic Cancellation Neutral Current (Arms)	Reactive Current (Arms)	Corrective KVARs (KVARs)	Losses @ rated output (kw)	Dimensions H x W x D (mm)	Approx Weight (Kg)
3W Chassis	3A025F5ACHXF	25	-	14	9.3	0.6	788 x 407 x 312	50
3W Wall Mount	3A025F5AE3MF	25	-	14	9.3	0.6	788 x 407 x 338	59
4W Chassis	4A025F5ACHXF	25	75	14	9.3	0.6	788 x 407 x 312	50
4W Wall Mount	4A025F5AE3MF	25	75	14	9.3	0.6	788 x 407 x 338	59
3W Chassis	3A050F5ACHXF	50	-	27	19	1.1	1220 x 407 x 312	79
3W Wall Mount	3A050F5AE3MF	50	-	27	19	1.1	1220 x 407 x 338	86
4W Chassis	4A050F5ACHXF	50	150	27	19	1.1	1220 x 407 x 312	79
4W Wall Mount	4A050F5AE3MF	50	150	27	19	1.1	1220 x 407 x 338	86
3W Chassis	3A100F5ACHXF	100	-	54	37	2.2	1473 x 500 x 381	170
3W Floor Mount	3A100F5AE2MF	100	-	54	37	2.2	2109 x 610 x 508	272
4W Chassis	4A100F5ACHXF	100	300	54	37	2.2	1473 x 500 x 381	180
4W Floor Mount	4A100F5AE2MF	100	300	54	37	2.2	2109 x 610 x 508	282
3W Chassis	3A150F5ACHXF	150	-	81	56	3.3	1473 x 699x381	190
3W Floor Mount	3A150F5AE2MF	150	-	81	56	3.3	2109 x 813 x 508	318
4W Chassis	4A150F5ACHXF	150	450	81	56	3.3	1473 x 699x381	190
4W Floor Mount	4A150F5AE2MF	150	450	81	56	3.3	2109 x 813 x 508	318
3W Chassis	3A200F5ACHXF	200	-	104	72	4.4	1473 x 1106 x 381	204
3W Floor Mount	3A200F5AE2MF	200	-	104	72	4.4	2109 x 1220 x 508	397
4W Chassis	4A200F5ACHXF	200	600	104	72	4.4	1473 x 1106 x 381	204
4W Floor Mount	4A200F5AE2MF	200	600	104	72	4.4	2109 x 1220 x 508	397
3W Chassis	3A300F5ACHXF	300	-	162	112	6.6	1897 x 1106 x 381	250
3W Floor Mount	3A300F5AE2MF	300	-	162	112	6.6	2109 x 1220 x 508	443

* Other voltages 208V-600V available (standard). 100A-200A 690V available (special build)

* AIM reserves the right to change the Technical Data in line with future developments. Please check with AIM at the point of ordering.

General Specification

Input Voltage

- Nominal +6%, -14% steady state (+/- 10% at 208 VAC)
- Nominal +11%, -19% 20 minutes (+/- 15% at 208 VAC)
- Transient IEEE 587, class B

Input Frequency

- Nominal +/- 5%

Interrupting Capacity

- 200kA, fused

Initialisation Time

- 6 sec maximum

Peak Harmonic Current

- 3x nominal rms maximum rating

Reactive Current

- 85% electronically generated

Injected

Control & Indication

- Switch – On / Off / Reset

Panel

- Indicators – Power Applied
- Operate
- At Max. Capacity
- Fault
- Temp. Warning

Remote Indicator (relay output)

- Operate
- Fault
- Power Applied

Temperature

- 0° to 40°C operating,
- 30° to 50°C storage

Humidity

- to 95%, non-condensing

Altitude

- to 1500 meters

MFBF

- 10.8 years

Contact

AIM Europe
Balvaddi House
12 Ferry Row
Fairlie
Ayrshire
KA29 0AJ
Scotland
United Kingdom
Tel: +44 (0) 1475 568 423
Fax: +44 (0) 1475 568 808
email: powerquality@aim europe.com
www.aim europe.com

Anexo 8: Traje ARC FLASH.

*La solución más completa
en seguridad eléctrica
y equipos de protección
personal de la industria.*



SALISBURY

AYUDANDO A CUBRIR SUS NECESIDADES

PROTECCIÓN PARA LA CARA Y CABEZA P. 8-13

Cascos Dielectricos, Protección Facial, AFHOODs, y PRO-HOOD™

PROTECCIÓN PARA LOS OJOS P. 11

Lentes de seguridad

PROTECCIÓN PARA EL CUELLO P. 11, 17-18

AFHOODs y PRO-HOODs

PROTECCIÓN PARA EL CUERPO P. 16-28

PRO-WEAR™ Ropa de Protección Contra Arcos Eléctricos, Overoles, Sobre pantalones y Chaquetas con Capucha HRC2, Overoles con Peto y Chaquetas HRC2-HRC4, Traje de Trabajo para la Lluvia HRC1

PROTECCIÓN PARA LAS MANOS P. 31-33

Guantes aislantes de caucho, guantes protectores de cuero y conjuntos. Guantes de protección contra Arcos Eléctricos HRC2 y HRC4.

HERRAMIENTAS AISLANTES P. 43-45

Herramientas manuales aislantes S.I.P.

EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELECTRICAS P. 35-40

Mantas aislantes de caucho & accesorios. Perdigas y Accesorios Equipos de puesta a tierra

CALZADO DIELECTRICO P. 34

Cubre calzado y botas aislantes

SU COMPLETA SOLUCION PARA SU SEGURIDAD.

Salisbury es el proveedor de equipo de protección personal más completo para asistir a todos los trabajadores del sector eléctrico. La necesidad de un programa integral de seguridad eléctrica que es fácil de usar nunca ha sido más crítico.

La Norma NFPA 70E y las Regulaciones de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), han sido establecidas para proteger a los trabajadores de las descargas eléctricas y de los peligros de los arcos eléctricos, además de educar a los trabajadores sobre la protección requerida para estos peligros.

Por ejemplo, la Norma NFPA 70E especifica las áreas dentro de las cuales se requiere la protección contra arco eléctrico para los trabajadores dedicados al mantenimiento de equipos eléctricos energizados o potencialmente energizados. Todo el personal dentro de los límites definidos debe usar el equipo de protección especificado, incluso en circuitos de apenas 50 voltios.

Se deben cumplir tanto la Norma NFPA 70E como las Regulaciones de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), y Salisbury ha facilitado su cumplimiento.

Para simplificar la tarea de cumplir con todas las normas y requisitos de seguridad necesarios, hemos desarrollado convenientes conjuntos de equipos de protección personal. Todos los conjuntos de equipos de protección personal contra descarga eléctrica y arco eléctrico cumplen con los estándares de seguridad clasificados por la Categoría de Peligro Riesgo para cada trabajo.

Los productos de seguridad eléctrica de Salisbury cumplen con la Norma ASTM (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales).

Solo Salisbury puede proporcionar la lista completa de los Equipos de Protección Personal requeridos para proteger a los trabajadores de los peligros eléctricos, tal y como se definen en las regulaciones de la OSHA y la Norma NFPA 70E para la seguridad eléctrica en el Lugar de Trabajo.

Salisbury es el líder mundial en la fabricación de Equipos de Protección Personal y Herramientas de Línea Viva para proteger a los electricistas de los peligros en su trabajo.

SALISBURY LO TIENE PROTEGIDO DE PIES A CABEZA.



SALISBURY es un nivel Platinum Training Partner

www.salisburyhazardwall.com

SALISBURY ASESORÍA SOLUCIONES



CONFÍE EN LOS EXPERTOS

El nombre de Salisbury by Honeywell es reconocido en todo el mundo como sinónimo de alta calidad en equipamiento y capacitación en seguridad eléctrica personal. Con la finalidad de prestar un mejor servicio a nuestros clientes, ahora también ofrecemos evaluaciones y soluciones de ingeniería que ayuden al desarrollo de un programa integral de seguridad eléctrica. Nuestro equipo de expertos está conformado por Ingenieros Electricistas Titulados. Poseen capacitación, certificación y están asociados a varias entidades profesionales. SAS forma parte del compromiso permanente de Salisbury con la seguridad, la educación y el servicio profesional.

Las soluciones para evaluación de Salisbury (Salisbury Assessment Solutions, SAS) aliviarán la carga que implica satisfacer las normas y requisitos de seguridad eléctrica como NFPA 70E y OSHA 29 CFR 1910. Trabajamos con usted para establecer o mejorar sus programas de seguridad eléctrica. Además, podemos serle de utilidad para interpretar y cumplir los reglamentos, realizar las evaluaciones de ingeniería y las auditorías de seguridad. Haga de Salisbury Assessment Solutions un socio para el cumplimiento y la capacitación permanentes.

SERVICIOS DE CUMPLIMIENTO NFPA 70E

PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

Las evaluaciones de programas de seguridad eléctrica ofrecen una base de referencia para el modo en que su programa de seguridad eléctrica cumple la norma NFPA 70E. Las evaluaciones se personalizan para cumplir las necesidades individuales de los clientes. Una vez completada la evaluación, SAS proporcionará un extenso análisis de riesgo que incluirá los cambios recomendados para mejorar su programa. Desde la interpretación de las normas hasta su cumplimiento, SAS le ayudará en todas las etapas del camino.

SERVICIOS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA:

Salisbury está excepcionalmente calificado para proporcionar servicios y evaluaciones de ingeniería. SAS puede proveer evaluaciones y resultados de estudios exactos y oportunos para ayudar a garantizar la integridad del sistema ANTES de que aparezcan los problemas. Salisbury llegó para brindar soluciones de ingeniería eléctrica que eliminan las alteraciones y costos asociados con las indeseables fallas del sistema.

AUDITORÍAS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

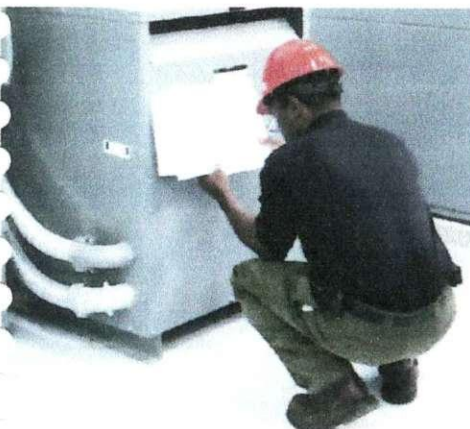
Las auditorías de seguridad eléctrica son una necesidad y un elemento fundamental en la provisión de un programa integral de seguridad eléctrica. No solo son una herramienta útil sino que sirven para garantizar la conformidad con OSHA, NFPA y otras normas. La auditoría ayuda a identificar los peligros/riesgos durante la capacitación y también proporciona conocimiento sobre el nivel actual de ejecución del programa de seguridad eléctrica de la organización.

CAPACITACIÓN DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

Un aspecto fundamental de cualquier programa de seguridad eléctrica es la capacitación profesional. Salisbury puede jerarquizar su capacitación y así asegurar el cumplimiento. Se encuentran disponibles cursos en seguridad eléctrica tanto para trabajadores calificados como para no calificados. Existen cursos para la selección y mantenimiento de PPE (Equipamiento de Protección Personal). SAS tiene el producto y conocimiento en la materia, y posee además credenciales de capacitación para ofrecerle profesionales expertos en la materia.

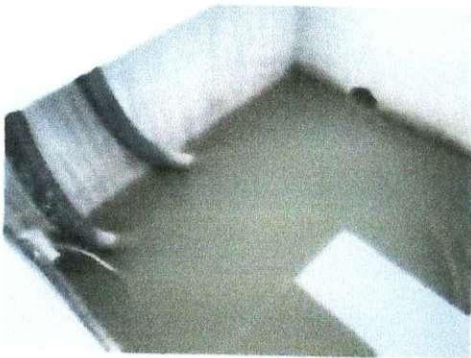
ASISTENCIA PARA EL CUMPLIMIENTO DE OSHA:

¿Ha recibido recientemente una inspección o citación de OSHA? El personal experimentado de Salisbury será útil para satisfacer los plazos de cumplimiento. Gracias a nuestras medidas de respuesta rápida y las soluciones listas para usar, podemos ayudar a mitigar las multas de OSHA y reducir los costos posibles en otros bienes ANTES DE QUE SUCEDAN.



HAGA QUE SALISBURY ASESORÍA SOLUCIONES TRABAJE PARA USTED. Pongase en contacto con su representante local Salisbury o visite www.arcsafety.com y solicite una cotización.

Anexo 9: Fosas de revisión.



Anexo 10: Cable armado TECK

OKONITE C-L-X CABLES



METAL CLAD WIRING SYSTEM

**The Preferred Cable for
CLASS I, DIVISION 1 OR ZONE 1
Best Cable for PWM Circuits**

C-L-X® is The Okonite Company's welded and continuously corrugated metal clad wiring system. C-L-X offers engineers and specifiers a cable system with built-in environmental protection for all types of electrical circuit whether used for instrumentation, control, signal or power distribution. With millions of feet installed throughout the world in every type of climate, C-L-X has established a proven record of reliable performance.

OKONITE **C-L-X** CABLES

INTRODUCTION

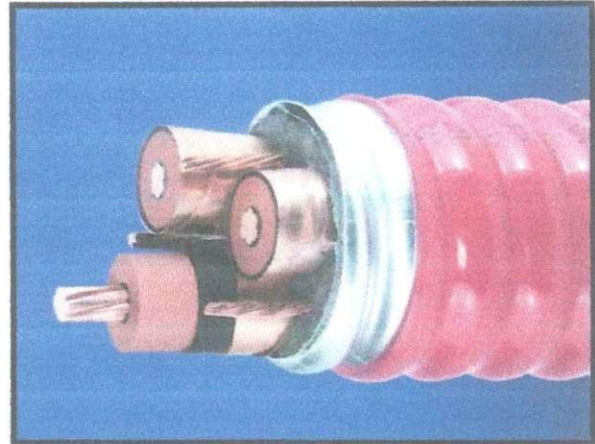
There are many reasons why users prefer Okonite C-L-X cables. C-L-X is the preferred cable for Class I, Division 1 or Zone 1. It's the best off-the-shelf cable for PWM drives.

C-L-X IS ITS OWN CONDUIT WIRING SYSTEM

C-L-X is a cable in conduit wiring system employing a mechanically strong yet flexible sheath of corrugated aluminum, copper, bronze or steel which can be applied over a variety of cable cores. C-L-X is a standard in many industries: Chemical, Petrochem, Pulp & Paper, High Tech, Food Plants, Metals, Mining, Transportation, Generation, etc.

C-L-X HAS A WIDE RANGE OF APPLICATIONS

C-L-X is used for instrumentation, control, low voltage and medium voltage power circuits. C-L-X is well recognized by the National Electrical Code. It is recognized in Article 330 "Metal-Clad Cable," as a factory assembly of one or more insulated circuit conductors in a corrugated metallic tube.



In accordance with Article 330, Type MC cable is permitted for the following uses:

- For PWM-VFD Drives
- For services, feeders, and branch circuits
- For power, lighting, control and signal circuits
- indoors or outdoors
- where exposed or concealed
- direct buried where identified for such use
- in cable tray, where identified for such use
- in any raceway
- as open runs of cable
- as aerial cable on a messenger
- in hazardous (classified) locations and as permitted in Articles 501, 502, 503, 504 and 505
- in wet or dry locations
- concrete encased

Anexo 11: Electrical Canadian Code.

20

CANADIAN ELECTRIC CODE

PART I

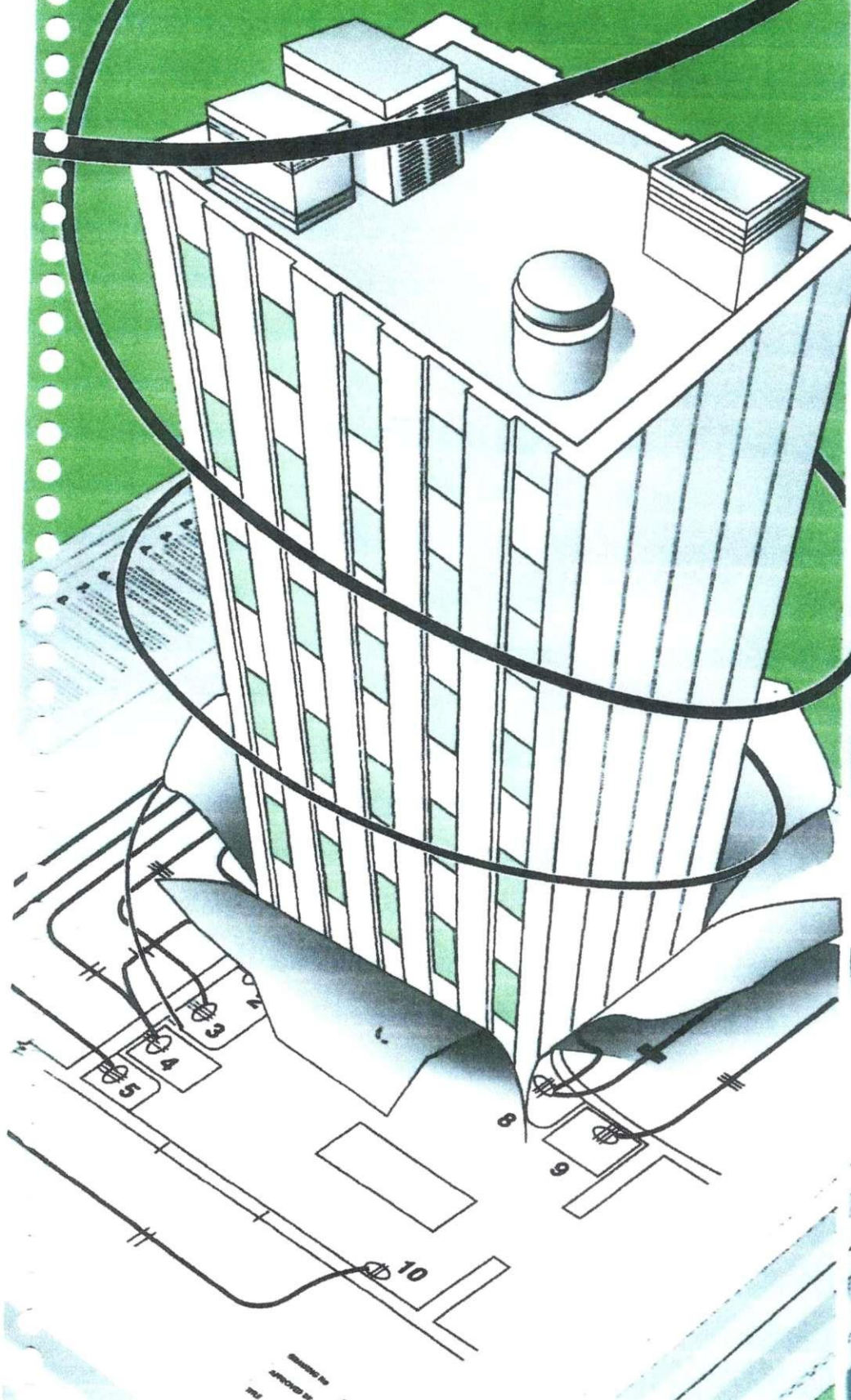
Nineteenth Edition

C22.1-02

Safety Standard for
Electrical Installations



CANADIAN STANDARDS
ASSOCIATION



12-522 Where Outlet Boxes Are Not Required

- (1) Where the cable is exposed, switch, outlet, and tap devices of insulating material shall be permitted to be used without boxes.
- (2) The openings in the devices shall fit closely around the outer covering of the cable.
- (3) The device shall fully enclose any part of the cable from which any part of the covering has been removed.
- (4) Where the conductors are connected to the devices by binding-screw terminals, there shall be as many screws as there are conductors unless the cables are clamped within the device.

12-524 Types of Boxes and Fittings

- (1) Boxes and fittings shall be of a type for use with nonmetallic sheathed cable.
- (2) Where grounded metal boxes are not required by these Rules, outlet and switch boxes shall be permitted to be of fire-resisting moulded composition insulating material, furnished with a cover of the same material.

12-526 Provision for Bonding

Where nonmetallic sheathed cable is used, provision for bonding to ground shall be made in accordance with the Section 10 requirements.

Armoured Cable

12-600 Armoured Cable Work Rules

Rules 12-602 to 12-618 apply only to armoured cable work.

12-602 Use (see Appendix B)

- (1) Armoured cable shall be permitted to be installed in or on buildings or portions of buildings of either combustible or noncombustible construction.
- (2) Armoured cable shall be of the type listed in Table 19 as suitable for direct burial if used:
 - (a) For underground runs; or
 - (b) For circuits in masonry or concrete provided the cable is encased or embedded in at least 50 mm of the masonry or concrete; or
 - (c) In locations where it will be exposed to weather, continuous moisture, excessive humidity, or to oil or other substances having a deteriorating effect on the insulation.
- (3) Notwithstanding Subrule (2), armoured cable that has the armouring made wholly or in part of aluminum shall not be embedded in concrete containing reinforcing steel unless:
 - (a) The concrete is known to contain no chloride additives; or
 - (b) The armour has been treated with a bituminous base of paint or other means to prevent galvanic corrosion of the aluminum.
- (4) Where armoured cables are laid in or under cinders or cinder concrete, they shall be protected from corrosive action by a grouting of non-cinder concrete at least 25 mm thick entirely surrounding them unless they are 450 mm or more under the cinders or cinder concrete.
- (5) In buildings of noncombustible construction, armoured cables having conductors not larger than No. 10 AWG copper or aluminum shall be permitted to be laid on the face of the masonry or other material of which the walls and ceiling are constructed and shall be permitted to be buried in the plaster finish for extensions from existing outlets only.

12-604 Protection for Armoured Cables in Lanes

If subject to mechanical injury and unless otherwise protected, steel guards of not less than No. 10 MSG, adequately secured, shall be installed to protect armoured cables less than 2 m above grade in lanes and driveways.

12-606 Use of Thermoplastic Covered Armoured Cable

Armoured cable of the type listed in Table 19 as suitable for direct earth burial and which has a thermoplastic outer covering shall only be used where the outer covering will not be subjected to mechanical injury.

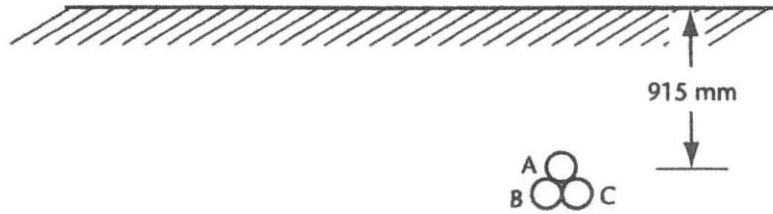
12-608 Continuity of Armoured Cable

The armour of cables shall be mechanically and electrically continuous throughout and shall be mechanically and electrically secured to all equipment to which it is attached.

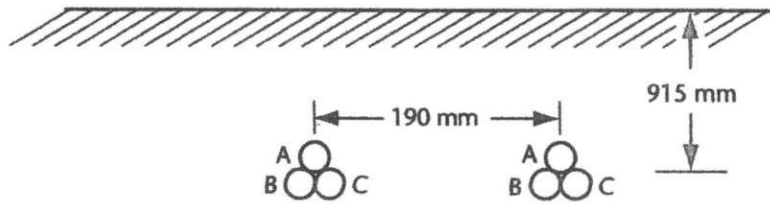
12-610 Terminating Armoured Cable

- (1) Where conductors issue from armour, they shall be protected from abrasion by bushings of insulating material or equivalent devices.

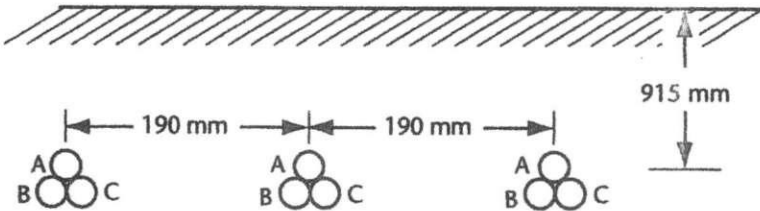
Diagram B4-3
Installation Configuration — Direct Buried



Detail 1
 1 cable per phase



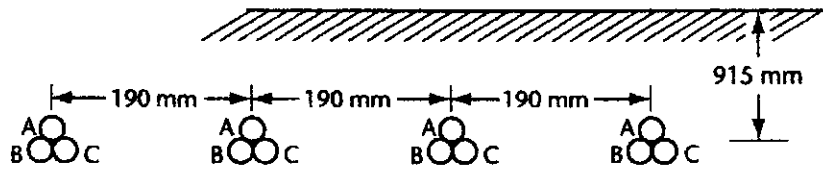
Detail 2
 2 cables per phase



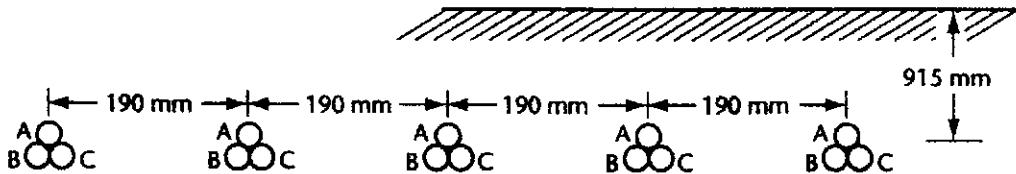
Detail 3
 3 cables per phase

(Continued)

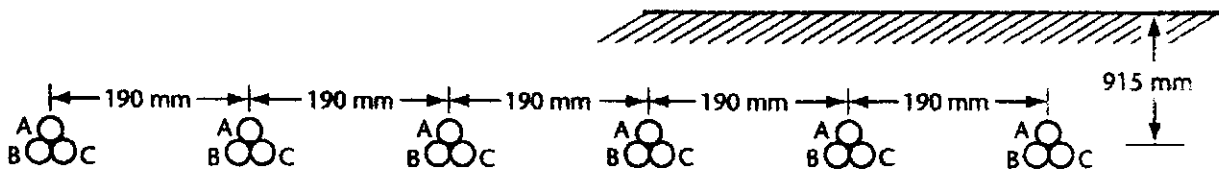
Diagram B4-3 (Concluded)



Detail 4
4 cables per phase



Detail 5
5 cables per phase



Detail 6
6 cables per phase