

**ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE LOS CIRCUITOS DE 14,4 KV
PERTENECIENTES A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES
LA CIRA-INFANTAS ECOPETROL S.A**

JAIR PINEDA ANGARITA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010**

**ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE LOS CIRCUITOS DE 14,4 KV
PERTENECIENTES A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES
LA CIRA-INFANTAS ECOPETROL S.A**

JAIR PINEDA ANGARITA

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: Ing. ÁLVARO LEONARDO JÁCOME PÉREZ
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010**

DEDICATORIA

A mi esposa quien me acompaña en todos los proyectos que emprendo.

A mis padres por la templanza que tuvieron para educarme.

A mi hermano por permitirme ser su guía

Jair Pineda Angarita

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ECOPETROL S.A.	2
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.1 OBJETIVOS GENERALES	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.3 ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	5
3. MARCO DE REFERENCIA	6
3.1 MARCO TEÓRICO	6
3.1.1 Superintendencia de operaciones de mares (SOM)	6
3.1.2 Campo Llanito	6
3.1.3 Proceso de extracción del crudo	7
3.1.4 Sistema eléctrico del campo Llanito	11
4. GERENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO EN EL CAMPO LLANITO EN LA ACTUALIDAD	14
4.1. ANÁLISIS DE LIMITACIONES OPERACIONALES	14
4.1.1 Limitaciones operacionales	14
4.1.2 Diagnóstico de componentes del sistema eléctrico del campo Llanito	14
4.1.3 Análisis de criticidad	15
4.1.3.1 Fuente	16
4.1.3.2 Transmisión	18
4.1.3.3 Distribución	20
4.1.4 Conclusiones del estudio de criticidad	21
4.1.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos críticos de la planta de fertilizantes	22

5. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:	35
5.1 AMBIENTAL	35
5.2 TÉCNICO	35
5.3 ECONÓMICO	35
6. LISTADO DE EQUIPOS NECESARIOS	37
6.1 SECCIONALIZADOR	37
6.2 RECIERRE	38
CONCLUSIONES	41
BENEFICIOS AMBIENTALES	41
BENEFICIOS TÉCNICOS	41
BENEFICIO EN LA PRODUCCIÓN	42
BIBLIOGRAFIA	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Unidad de bombeo en campo de producción	4
Figura 2. Levantamiento Artificial por Gas	8
Figura 3. Bombeo Mecánico	9
Figura 4. Sistema de Bombeo Ergible	10
Figura 5. Diagrama Unifilar Líneas N°4 Y N°5 Camp o Llanito 34.5 Kv	13
Figura 6. Diagrama Unifilar propuesto Líneas N°4 Y N°5 Campo Llanito 34.5 Kv	23
Figura 7. Seccionalizador	37
Figura 8. Recierre	39
Figura 9. Diagrama de actuaciones Campo Llanito	43
Figura 10. Diagrama de Producción Diferida Campo Llanito	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de Criticidad Componente “Fuente”	16
Tabla 2. Análisis de Criticidad Equipo “Transmisión”	18
Tabla 3. Análisis de Criticidad Equipo “Distribución”	20
Tabla 4. Análisis de Criticidad – Resumen	21
Tabla 5. Características de Seccionalizador	38
Tabla 6. Características de Recierres	39
Tabla 7. Datos Comparativos de disparos en Campo Llanito	42
Tabla 8. Datos Comparativos de Producción en Campo Llanito	44

RESUMEN

TÍTULO: ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE LOS CIRCUITOS DE 14,4 KV PERTENECIENTES A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA-INFANTAS ECOPETROL S.A*

AUTOR: JAIR PINEDA ANGARITA* *

PALABRAS CLAVES: Campo petrolero, crudo, energía eléctrica, topología de red

DESCRIPCIÓN:

La Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL S.A) nace cerca de la década de los cincuenta, cuando revierte a la nación colombiana las actividades de extracción y producción de crudo en suelos propios y con retribución económica al país. De esta manera se adquieren los campos llamados “campos petroleros”, en los cuáles se realizan las funciones propias del negocio de la empresa bajo un proceso natural llamado “producción en flujo natural” o con ayuda de maquinaria de extracción que requiere de energía eléctrica, la cual se toma en el mayor de los casos de una fuente principal y una red de transmisión con su sistema de distribución.

El departamento de mantenimiento de la Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM) tiene como cliente dentro de la organización a producción, y su nivel de servicio es evaluado mediante indicadores y acuerdos de atención preestablecidos, los cuales no se cumplen en la actualidad, razón por la cual es necesario elaborar un análisis profundo para determinar las causas que atentan contra la producción de estos campos al disminuirse la confiabilidad del sistema eléctrico existente, conllevando así al nacimiento de la presente investigación.

Esta monografía además propone bajo los resultados del análisis de la problemática, una propuesta direccionada a una topología de red de transmisión basada en nuevas tecnologías y automatismos utilizados a nivel mundial y tropicalizados a nuestro medio, lo cual revertirá en mayor producción, menores costos de operación y disminución de las pérdidas en equipos y en procesos por fallas eléctricas.

* Proyecto de Grado

* * Facultad de Ingenierías Físico – Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica

Director: Ing. Alvaro Leonardo Jácome Pérez

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE MANAGEMENT APPLIED TO 34.5kV CIRCUIT AT LLANITO FIELD IN DE MARES SUPERINTENDENTE OF ECOPETROL S.A *

AUTHOR: JAIR PINEDA ANGARITA * *

KEY WORDS: Oil field, oil, electricity, network topology

DESCRIPTION:

The Empresa Colombiana de Petroleos (ECOPETROL SA) rises near the 50's decade, when reverts to the Colombian nation the extraction activities and oil's extraction in their own land and financial rewards to the country. This will acquire the fields called "oil's field", in which the functions are carried out of the business of the company under a natural process called "natural flow production" or using extraction machinery that requires electricity, which is taken in the most cases a primary source and a transmission network with its distribution system.

The maintenance department of the "De Mares" Operations Superintendent (SOM) has production as a customer within the organization, and service level is assessed through indicators and pre-care arrangements, which are not met at present and that is why it is necessary to develop a deep analysis to identify the causes that threaten the production of these fields by decreasing existing electrical system reliability, thus making the birth of this investigation.

This paper also proposed under the results of the problem analysis, a proposal directed to a network topology based transmission and automation technologies used worldwide and tropicalized to our environment, which will revert to increased production, lower operating costs and reduced losses in equipment and processes for electrical failures.

* Draft Grade

* * Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering

Director: Ing. Alvaro Leonardo Jacome Pérez

INTRODUCCIÓN

ECOPETROL S.A. es una empresa dedicada a negocios relacionados con el petróleo, dentro de los cuales inicia con la extracción ó producción de esta materia prima.

Esta empresa cuenta con varios campos petroleros a nivel nacional, de los cuales ha sido extraído una gran cantidad del recurso no renovable en mención, al punto de ser necesario pasar a distancias más profundas y métodos secundarios de recuperación de campos, para mantener la producción deseada en los mismos.

Uno de los campos a los que hacemos referencia es al campo de producción “el Llanito” de la gerencia regional del Magdalena medio, el cuál luego de una alianza estratégica ha tenido grandes crecimientos en su producción, sin embargo, en estos momentos se encuentra afrontado una situación indeseada en el sistema eléctrico y afecta a diario el crecimiento y la inversión en temas de exploración y producción.

El contenido del presente texto tiene como objeto desarrollar una investigación donde se determine con claridad el componente del sistema eléctrico del campo Llanito, donde radica la causa de las fallas eléctricas y la pérdida de producción que lo sigue.

De igual forma, aquí se planteará una solución viable y efectiva que mitigue el mal actor detectado en el estudio base, revertiendo en beneficios al campo de producción, el medio ambiente, la operación y el mantenimiento del mismo.

1. ECOPETROL S.A.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La Empresa Colombiana de Petróleos tiene su origen en la reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951. La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia tras la apertura del primer pozo en La Cira y la posterior puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación. En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956. En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República.

En la actualidad ECOPETROL es una sociedad de economía mixta dedicada a explorar, producir, transportar, refinar y comercializar hidrocarburos. Es la empresa más grande de Colombia y la cuarta petrolera más grande de América Latina. Su estructura empresarial es la sociedad anónima en dónde el estado cuenta con el 89.9% de las acciones y el restante 10.1% está repartido en más de 480.000 accionistas donde se destacan importantes fondos de pensiones.

Ecopetrol opera cerca de 100 áreas de producción de petróleo y gas de manera directa y otras 120 en asocio con 35 compañías. Cuenta con una red propia de 5.559

kilómetros de oleoductos y poliductos para el transporte de hidrocarburos desde los centros de producción a las refinerías, los puertos de exportación y los centros de consumo.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Aumentar en un 50% la confiabilidad eléctrica del campo Llanito de la SOM (Ver figura 1).
- Disminución de los impactos ambientales por causas eléctricas en el campo llanito.

Figura 1, Unidad de Bombeo en campo de producción.



2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el componente más crítico en el sistema eléctrico evaluado.
- Proponer la topología más óptima que garantice un balance adecuado entre flexibilidad, confiabilidad y mantenimiento para el sistema eléctrico en objeto.
- Aumentar el tiempo medio entre fallas y disminuir el tiempo medio de restauración.

2.3 ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

El desarrollo de la investigación se basa en literatura propia de la organización cómo análisis de frecuencia de fallas (FES), el cuál es requerido para los índices básicos de la confiabilidad del suministro de energía para cada demanda o punto del suministro, según otra clase de literatura evaluada como lo es la resolución CREG070_1998 donde se establece definiciones únicas para esos indicadores.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Superintendencia de operaciones de mares (SOM)

La Superintendencia de operaciones de mares perteneciente a la Gerencia Regional del Magdalena Medio y a la Vicepresidencia de Producción de ECOPETROL, opera sus campos en los departamentos de Santander (Barrancabermeja, San Vicente de Chucurí, Cimitarra, el Carmen de Chucurí y Sabana de Torres) y Cesar (San Martín) de la siguiente manera:

Área Aledaños: Conformada por los campos Aguas Blancas, Colorado, Tenerife y San Luis.

Área Llanito: Conformada por los campos Gala, Galán, Llanito, Cardales y San Silvestre.

Área Lisama: Conformada por los campos Lisama, Nutria, Peroles y Tesoro.

Área Provincia: Conformada por los campos Bonanza, Conde, Sabana, Suerte, Santos, San Roque, Tisquirama y Cocorná

3.1.2 Campo Llanito

Campo Llanito de ECOPETROL encargado a la Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM) de la Gerencia Regional del Magdalena Medio (GRM), es un campo maduro con una producción en la actualidad de aproximadamente 5.800 BPD, donde existen 90 pozos alimentados a su vez por 36 subestaciones eléctricas de producción.

3.1.3 Proceso de extracción del crudo

Ubicado un yacimiento, se perfora el terreno hasta llegar al mismo. Se monta una torre metálica de 40 - 50 metros de altura que sostendrá los equipos y el subsuelo se taladra con un trépano que cumple un doble movimiento: avance y rotación. Tanto el trépano como la barra que lo acciona tienen conductos internos para que circule una suspensión acuosa de bentonita, arcilla amarillenta de adhesividad apropiada. Esa suspensión enfría al trépano y arrastra el material desmenuzado hacia la superficie. En su boca los pozos tienen 50 cm de diámetro pero éste es de menor a mayor profundidad.

Antes se perforaba verticalmente pero ahora se trabaja en cualquier dirección usando barras articuladas. Estos dispositivos permiten "dirigir" el trépano, sorteando obstáculos. A medida que progresa la perforación se insertan caños de acero, adosados al terreno con cemento, para impedir desmoronamientos e infiltración de agua.

El gradiente de presión requerido, DP, para levantar los fluidos hasta superficie y obtener una tasa de flujo, q, en forma general se puede expresar como:

$$q \propto DP = P_{wf} - P_{wh} = DPP + DPK + DPF$$

Si la presión de fondo es suficiente para levantar los fluidos hasta superficie, el pozo está en flujo natural. Si la presión de fondo no es suficiente para levantar los fluidos hasta superficie, el pozo requiere de algún sistema de levantamiento artificial.

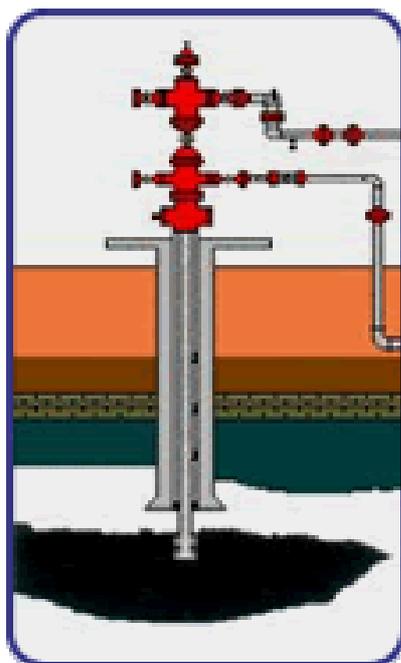
Los métodos de levantamiento artificial más comúnmente usados para producir crudos pesados y extra pesados son: Levantamiento artificial por gas, Bombeo mecánico, Bombeo electro sumergible y Bombeo por cavidades progresivas.

Levantamiento Artificial por Gas (Ver figura 2): Consiste en la inyección continua de gas a alta presión en el pozo para aligerar la columna hidrostática en la tubería de producción (flujo continuo); o por inyección de gas a intervalos regulares para desplazar los fluidos hacia la superficie en forma de tapones de líquido (flujo intermitente). Al inyectar gas al yacimiento las fuerzas gravitacionales son mayores a las fuerzas viscosas, por lo que el gas se desplaza hacia el tope de la estructura provocando que el petróleo se mueva hacia el pozo.

Componentes:

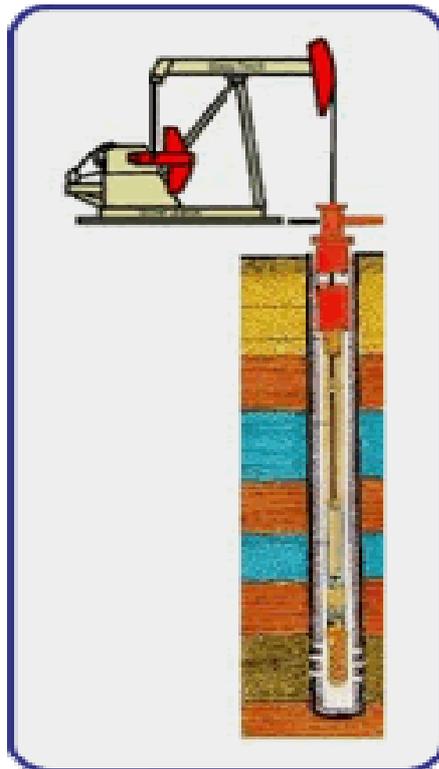
- Equipos de superficie.
- Planta compresora.
- Sistema de distribución.
- Equipo de medición y control.
- Red de recolección de fluidos a baja presión.

Figura 2. Levantamiento Artificial por Gas.



Bombeo Mecánico (Ver figura 3): La bomba se baja dentro de la tubería de producción y se asienta en el fondo con empacaduras. La bomba es accionada por medio de varillas que le transmiten el movimiento del balancín (movimiento de vaivén) por medio de la biela y la manivela, las que se accionan a través de una caja reductora movida por un motor. En Venezuela el 60% de los pozos usan este mecanismo. Su limitación radica en la profundidad que pueden tener los pozos y su desviación en el caso de pozos direccionales.

Figura 3. Bombeo Mecánico



Ergible (Ver figura 4): Es un sistema que se basa en la utilización de bombas de subsuelo de tipo centrífuga de múltiples etapas ubicadas en el fondo del pozo, la cual es accionada por motores eléctricos. Se emplea para desplazar volúmenes de crudo con alta eficiencia y economía en pozos profundos y con manejo de altas tasas de fluido.

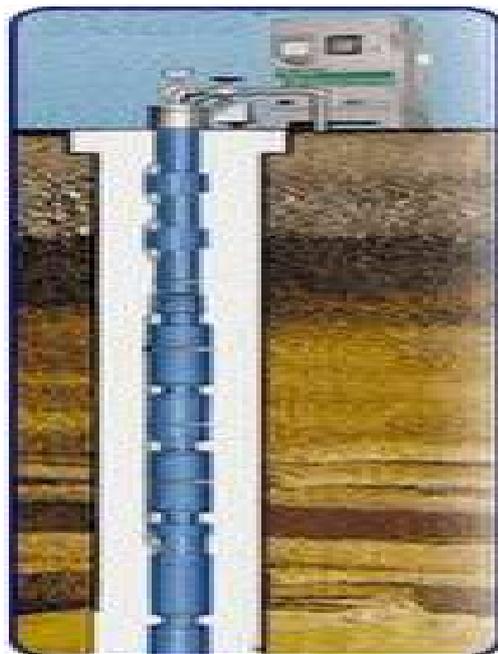
Es aplicable cuando hay:

- Alto índice de productividad.
- Baja presión de fondo.
- Alta relación agua-petróleo.
- Baja relación gas-líquido.

Desventajas:

- Se requieren altos voltajes.
- Los cables se deterioran al estar expuestos a altas temperaturas.

Figura 4. Sistema de Bombeo Ergible



3.1.4 Sistema eléctrico del campo Llanito

El campo Llanito es energizado con 19 km de línea en MT que tienen su origen en la S/E Termo Barranca y su final en el pódico Astilleros ubicado en este mismo campo (Ver figura 5). Dicha línea es conocida en planos unifilar de ECOPETROL como “línea 4” y se respalda en “línea 5”, la cual es paralela con condición normal de alimentación a campo Puerto Wilches de ESSA y con posibilidad de interconexión en pódico Astilleros.

Línea 4, es una línea compartida que consta de tres tramos plenamente identificados en lo que refiere a sus mantenedores, usuarios y operadores de campo de la siguiente manera:

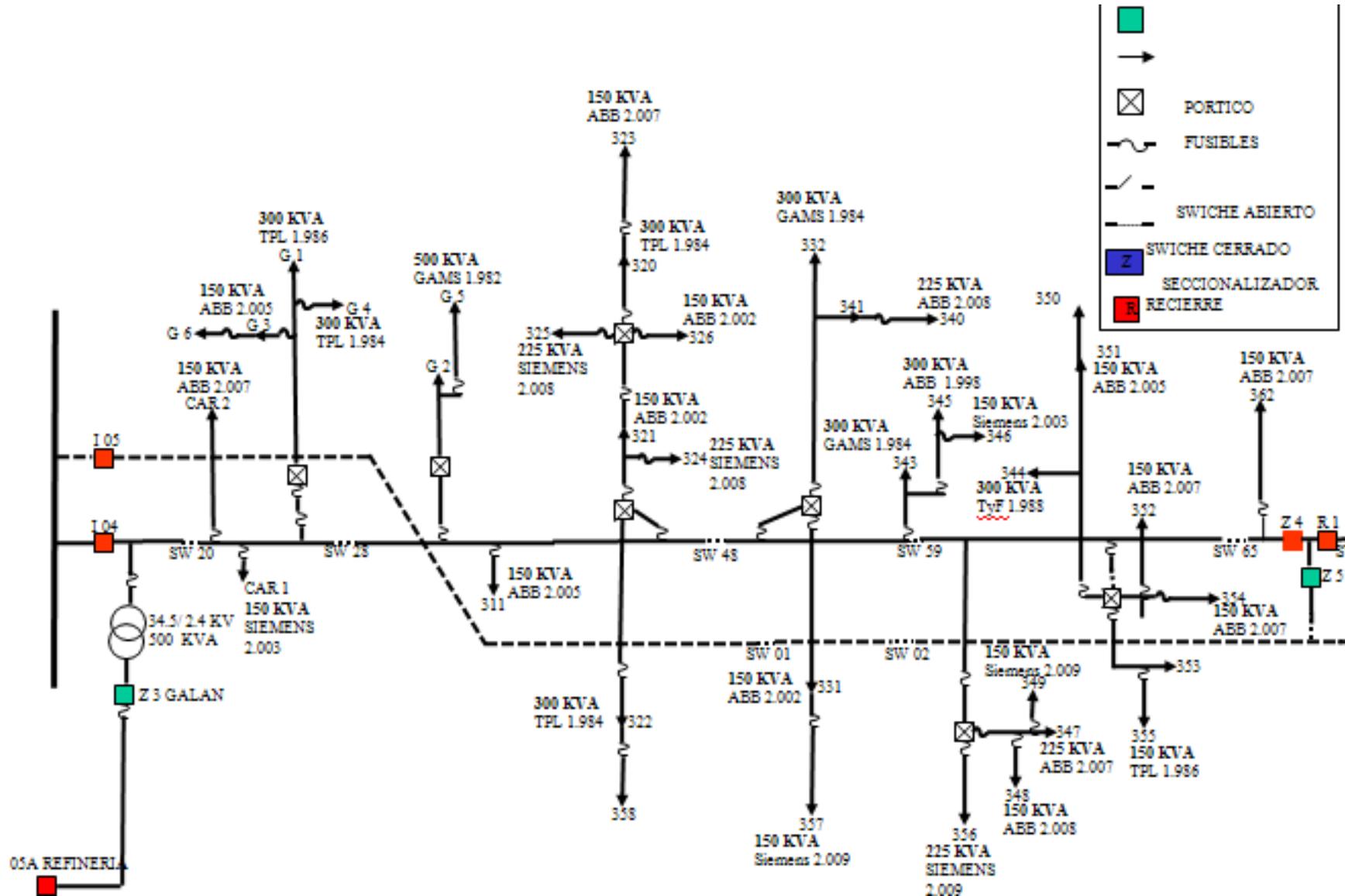
- 19 km ECOPETROL SOM
- 22 km ECOPETROL SOR (Cantagallo)
- 76 km ESSA

Y reconoce un único camino bidireccional que se encarga de la coordinación de maniobras conformado por la S/E parnaso y la S/E C22, resumiéndose allí cada uno de los usuarios.

Bajo el concepto de una línea compartida y con tres distintos usuarios al mismo tiempo cada uno con su respectiva criticidad, la intervención sobre cada uno de los puntos y en general de los activos, se convirtió en un tema crítico e imposible de manejar de manera coordinada y efectiva, teniendo así solo intervenciones de tipo inmediato o correctivo y asiendo a un lado por gran periodo la programación de actividades previstas para el óptimo funcionamiento de la línea y llevando a la necesidad de una intervención mayor u Overhaul; sin embargo, este tema vuelve y se detiene por otro periodo igual de largo en el cuál, la falta de suplencia confiable y de un grupo que reuniera las necesidades del conjunto eléctrico así como los

acuerdos de operación, llevan al inicio de múltiples pérdidas de tensión y fallas eléctricas que atentan contra la producción del campo y de los usuarios anexos.

Figura 5. Diagrama Unifilar Líneas N°4 Y N°5 Camp o Llanito 34.5 Kv



4. GERENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO EN EL CAMPO LLANITO EN LA ACTUALIDAD

Mantenimiento eléctrico de la SOM tiene como cliente dentro de la organización el departamento de producción, y con el objeto de cumplir con los indicadores y acuerdos de niveles de servicios establecidos, requiere no superar una producción diferida diaria de 20 barriles.

El cumplimiento de las metas propuestas por mantenimiento eléctrico en el campo Llanito se ha truncado, debido a que en la actualidad se maneja una tendencia al mantenimiento correctivo dejando de lado el preventivo y parte de predictivo.

El mantenimiento eléctrico actual requiere de nuevas herramientas que faciliten la operación efectiva, segura y rápida, al tiempo que mejoran las condiciones de la prevención y predicción de fallas eléctricas, programado intervenciones de poco impacto y que aporten al negocio de la empresa, la extracción de crudo.

4.1. ANÁLISIS DE LIMITACIONES OPERACIONALES

4.1.1 Limitaciones operacionales

Dentro del marco del campo Llanito, contamos eléctricamente con equipos de operación manual y local, provocando limitaciones, debido a que con esta topología no es posible mantener aislados tramos en falla de manera automática.

4.1.2 Diagnóstico de componentes del sistema eléctrico del campo Llanito

A continuación se realizara un estudio de criticidad de los componentes fundamentales del sistema eléctrico que sule de energía el campo Llanito, con el objeto de garantizar la disponibilidad y confiabilidad eléctrica.

4.1.3 Análisis de criticidad

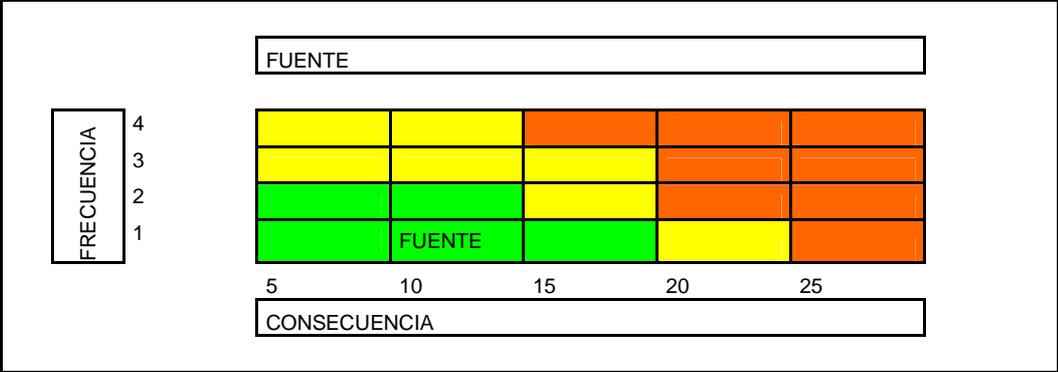
El presente análisis se basa en la herramienta llamada “MODELO DE CRITICIDAD DE FACTORES PONDERADOS BASADO EN EL CONCEPTO DE RIESGO”, bajo el cual se determina la criticidad de un componente como el resultado de Frecuencia de sus fallas en un periodo por las consecuencias de esta Falla. La asignación de valores de criticidad, ayuda al equipo líder de mantenimiento a direccionar y optimizar hacia lo prioritario los limitados recursos del Mantenimiento luego de conocer el impacto del componente sobre la producción desde el punto de vista económico y HSEQ.

Para tal fin se tomaron los componentes más representativos del sistema eléctrico del campo Llanito.

4.1.3.1 Fuente

Tabla 1, Análisis de Criticidad Componente “Fuente”

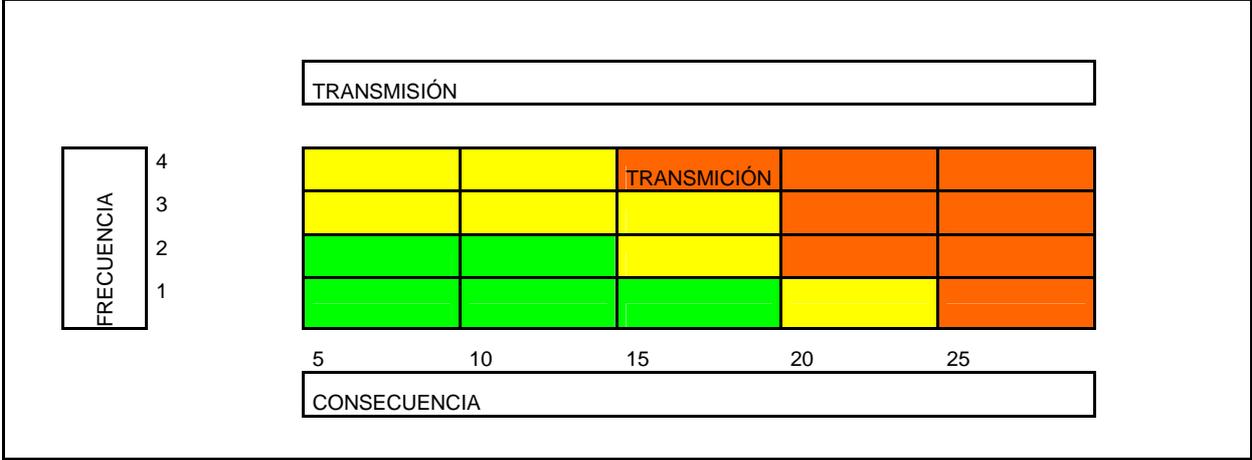
FUENTE	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Mala: Mayor a 2 fallas por mes	4
Promedio: 2 fallas por mes	3
Buena: 1 falla por mes	2
Excelente: Menos 1 fallas por mes	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Mayor a 500 barriles de producción diferida	4
Entre 100 y 500 barriles de producción diferida	3
Entre 20 y 100 barriles de producción diferida	2
Menor a 20 barriles de producción diferida	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe manera de mantener la producción	6
repuesto en stock de almacén o de fácil consecución	3
Posee sistema respaldo de operación remota	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 500.000	2
Menor de \$US 500.000	1
IMPACTO EN HSEQ	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización (de 1 a 10)	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones (de 1 a 10)	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos (de 1 a 10)	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad) (de 1 a 10)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente (de 1 a 10)	1
Criticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto HSEQ	
Criticidad Total = 6	



4.1.3.2 Transmisión

Tabla 2, Análisis de Criticidad Equipo “Transmisión”

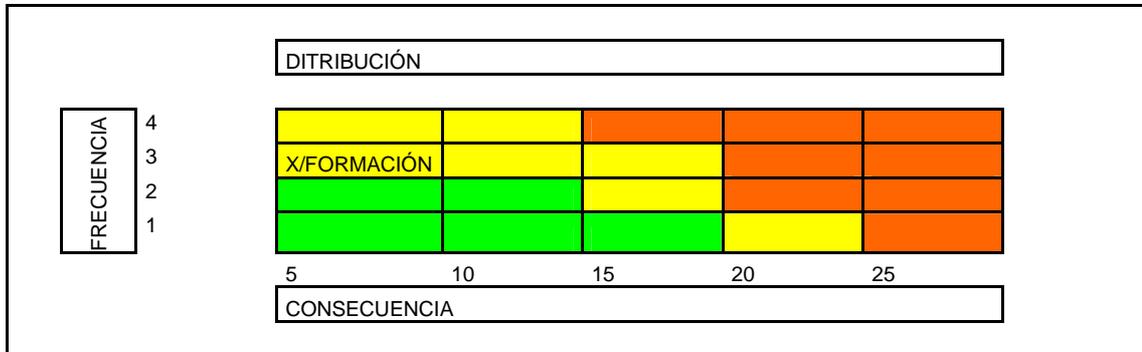
TRANSMISIÓN	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Mala: Mayor a 2 fallas por mes	4
Promedio: 2 fallas por mes	3
Buena: 1 falla por mes	2
Excelente: Menos 1 fallas por mes	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Mayor a 500 barriles de producción diferida	4
Entre 100 y 500 barriles de producción diferida	3
Entre 20 y 100 barriles de producción diferida	2
Menor a 20 barriles de producción diferida	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe manera de mantener la producción	6
Repuesto en stock de almacén o de fácil consecución	3
Posee sistema respaldo de operación remota	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 500.000	2
Menor de \$US 500.000	1
IMPACTO EN HSEQ	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización (de 1 a 10)	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones (de 1 a 10)	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos (de 1 a 10)	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad) (de 1 a 10)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente (de 1 a 10)	1
Criticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto HSEQ	
Criticidad Total = 52	



4.1.3.3 Distribución

Tabla 3, Análisis de Criticidad Equipo “distribución”

DISTRIBUCIÓN	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Mala: Mayor a 2 fallas por mes	4
Promedio: 2 fallas por mes	3
Buena: 1 falla por mes	2
Excelente: Menos 1 fallas por mes	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Mayor a 500 barriles de producción diferida	4
Entre 100 y 500 barriles de producción diferida	3
Entre 20 y 100 barriles de producción diferida	2
Menor a 20 barriles de producción diferida	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe manera de mantener la producción	6
repuesto en stock de almacén o de fácil consecución	3
Posee sistema respaldo de operación remota	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 500.000	2
Menor de \$US 500.000	1
IMPACTO EN HSEQ	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización (de 1 a 10)	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones (de 1 a 10)	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos (de 1 a 10)	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad) (de 1 a 10)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente (de 1 a 10)	1
Criticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto HSEQ	
Criticidad Total = 15	



4.1.4 Conclusiones del estudio de criticidad

Tabla 4, Análisis de Criticidad - Resumen

ÍTEM	TAG EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS (a)	CONSECUENCIA				VALOR DE CRITICIDAD
			Impacto Operacional (b)	Flexibilidad Operacional (c)	Costo de Mantto (d)	Impacto en HSEQ (e)	$a * ((b * c) + d + e)$
1	FUENTE	1	1	1	2	3	6
2	TRANSMICIÓN	4	3	3	1	3	52
3	DISTRIBUCIÓN	3	1	3	1	1	15

El estudio de criticidad de los tres componentes fundamentales del sistema eléctrico del campo Llanito, arrojó los siguientes resultados:

La fuente se encuentra con el resultado más bajo y dentro de la zona verde de la matriz graficada, debido especialmente a la baja frecuencia de fallas que posee a lo largo del año.

Pese a que el campo de distribución se encuentra en el nivel amarillo, aún se encuentra con posibilidades de mejora a muy bajo costo y con poca dedicación de horas hombre.

El campo de transmisión se encuentra sombreado en rojo, dándole el título de “componente más crítico”, requiriéndose para él la mayor atención y planeación de una solución pronta, que provea mayor confiabilidad y flexibilidad en el sistema eléctrico.

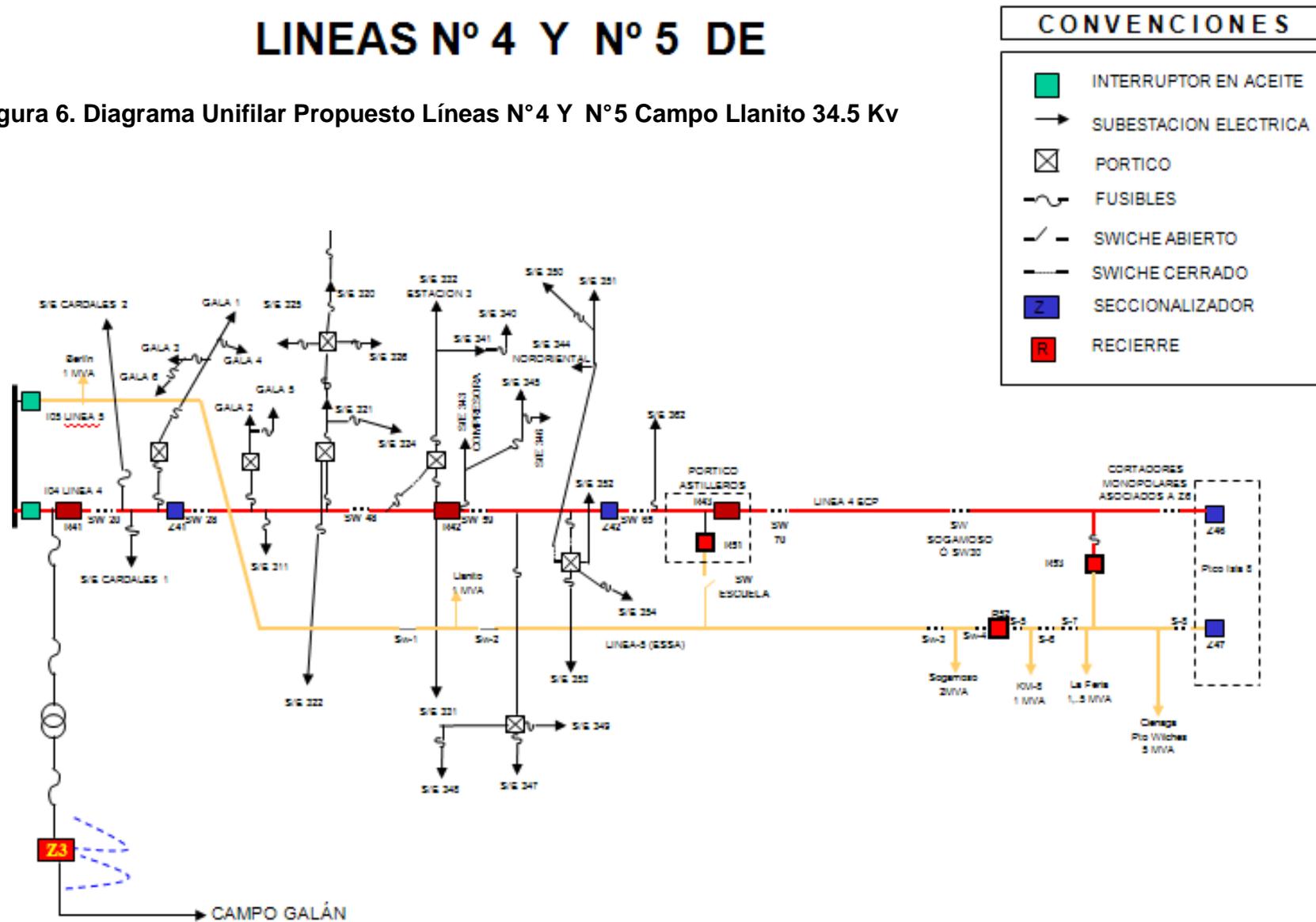
4.1.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos críticos de la planta de fertilizantes

De acuerdo con las conclusiones del análisis de criticidad expuesto en el numeral anterior, se propone para el libre desarrollo del programa de mantenimiento preventivo y predictivo establecido para el campo Llanito, una topología de la “línea 4” de tal manera que al mismo tiempo permita un operación más confiable y segura.

A continuación se muestra el diagrama unifilar propuesto (Ver figura 6):

LINEAS N° 4 Y N° 5 DE

Figura 6. Diagrama Unifilar Propuesto Líneas N° 4 Y N° 5 Campo Llanito 34.5 Kv



La topología de la red propuesta según gráfico anterior, incluye dos equipos de importantes características que son:

✓ Seccionalizador:

Este equipo cuenta con una lógica que abre al seccionador bajo carga durante el tiempo muerto del interruptor ubicado aguas arriba, luego de que éste ha abierto, según la cantidad de veces configuradas por el usuario. La lógica del seccionalizador cuenta con la capacidad de censar la corriente a fin de detectar la falla, y abre al seccionador luego de que la corriente haya sido interrumpida.

Rango de ajuste de la corriente de fase: 10-1260A en pasos de 1A

Rango de ajuste de la corriente de tierra: 10-1260A en pasos de 1A

Rango de ajuste del contador de interrupción fallas: 1-10

Rango del Tiempo de Reseteo: 5-180s en pasos de 1s

El mecanismo básico de operación es a través de un mecanismo de apertura y cierre rápidos operado a través de resortes. La palanca de operación manual está conectada a un eje comandado por el motor mediante un embrague de manera que la palanca de operación manual pueda operar libremente, independientemente de la posición del mecanismo del motor.

El tiempo de apertura y de cierre del motor es de 1,2 segundos.

El estado del seccionador bajo carga o seccionalizador puede confirmarse por medio de la palanca de operación manual como así también a través el indicador que se encuentra ubicado debajo del tanque.

Los seccionadores están equipados con elementos sensores de la corriente de falla para las fallas de fase y de tierra. Los valores de falla son ajustados desde el Panel del Operador en el “Nivel Técnico”. Este sistema de detección de fallas, monitorea las tres fases, fallas a tierra, fallas sensibles a tierra y realiza el registro del evento ante la detección de una falla.

Adicionalmente, los detalles de esta falla pueden ser transmitidos a través del SCADA o el software de control remoto WSOS, o también puede hacer que una luz externa opcional se ilumine en forma intermitente en el gabinete de control.

✓ Recierre

Los recierres automáticos son la operación de cierre de un interruptor, luego de un retardo preestablecido que se realizara en forma automática después de la apertura del mismo ordenada por el sistema de protecciones asociado.

Este tipo de recierre automático no se presenta en sistemas muy mallados o con varias líneas en paralelo, ya que pueden presentarse problemas de estabilidad.

El recierre automático en las líneas de transmisión, es una práctica muy utilizada en todo el mundo ya que mejora la confiabilidad del sistema eléctrico, esto se debe a que la mayor parte de las fallas en una línea aérea son transitorias y desaparecen luego de un tiempo, por lo tanto si se ajustan adecuadamente el tiempo entre apertura ordenada por las protecciones y el recierre automático del interruptor la falla habrá desaparecido y el servicio se mantendrá.

Las fallas transitorias son por lo general de origen atmosférico, las sobretensiones que se inducen en las líneas producen descargas en los aisladores que pueden auto extinguirse.

Otro tipo de fallas transitorias se debe a fallas por oscilación de conductores, por acción del viento, además existen fallas temporarias es decir instantáneas producidas por contacto de pájaros, ramas de árboles.

Las fallas permanentes son aquellas que no se pueden despejar con el disparo y recierre, un ejemplo de una falla permanente en las líneas de alto voltaje con un cable totalmente descompuesto o estropeado, en este caso el cable debe ser reparado antes de restituir el servicio.

Según el reporte escrito por la IEEE PSRC en 1984 el primer recierre fue aplicado en el año 1900 en redes radiales, predominantes en las líneas de distribución.

Los recierres de alta velocidad (HSR) fueron usados por American Electric Power System (luego conocido como American Gas & Electric) en 1935.

Estudios realizados para diseño de los pararrayos con el objetivo de minimizar los cierre de los disyuntores permitieron además determinar tiempos para la des ionización del arco, aplicaciones rápidas de recierres sobre líneas provocaron desgastamientos en los materiales, por eso se vio obligado a realizar estudios de recierres que tomen en cuenta el tiempo de des-ionización del arco.

Las razones para usar un recierre automático, en cualquier tipo de aplicación que se refiere a la Distribución y Transmisión son:

1. Minimizar la existencia de interrupciones del cliente.
2. El mantenimiento de la estabilidad de sistema y la sincronización (disparos rápidos/ recierres automáticos), en las líneas de transmisión.
3. Restauración de la capacidad de sistema y la confiabilidad con el mínimo de apagones y menos gastos de los recursos humanos.

4. Restauración de las interconexiones de sistema críticos.
5. Restauración del servicio para cargas críticas
6. La reducción de la duración de falla, da como resultado menos daños provocados por las fallas y menos fallas permanentes.
7. El uso de disparos rápidos y recierres automáticos de alta velocidad, para prevenir los apagones permanentes, no son muy recomendables ya que no se eliminan las fallas por completo.
8. El uso de disparos y recierres automáticos retrasados, permite que el tiempo retrasado elimine las fallas por completo.
9. Habilitar subestaciones desatendidas.

Según las estadísticas sobre cantidad de fallas aleatorias que afectan al sistema eléctrico de alta tensión son las siguientes:

- 83% falla monofásica, a tierra.
- 9% falla fase a fase.
- 5% fallas fase a fase con puesta a tierra.
- 1,5% falla trifásica.
- 1,5% falla trifásica con puesta a tierra.

Por lo cual si se desea lograr una alta disponibilidad del servicio eléctrico de transporte (línea en servicio), será necesario realizar recierre automático.

Como es conocido, al abrir y cerrar simultáneamente los interruptores de ambos extremos de la línea (una o más veces), la falla transitoria desaparecerá, restituyéndose el sistema eléctrico luego del recierre.

En caso que posteriormente al último recierre la falla continúe, (indicando una falla permanente) el interruptor abrirá definitivamente.

Por lo cual para obtener el máximo beneficio del recierre, deberá tenerse en cuenta:

- El máximo tiempo admisible por el sistema eléctrico para efectuar la apertura y cierre de los interruptores, de manera que no salgan de sincronismo de las barras conectadas a la línea.
- El tiempo de des-ionización de la zona del arco, de manera de imposibilitar el nuevo encendido del arco al realizar el recierre.
- La máxima velocidad de apertura y cierre de los interruptores.

En el recierre trifásico ante la presencia de una falla de cualquier tipo, el sistema de protecciones abre el interruptor en forma trifásica y luego del periodo muerto o denominado tiempo muerto el mismo se cierra.

Durante el tiempo que la línea queda desconectada en el lugar de descarga, existe una zona de gas altamente ionizado que va disminuyendo hasta desaparecer, si se aplica voltaje antes de que desaparezca la nube gaseosa el recierre será no exitoso ya que la nube se convierte en un canal de descarga.

Por ese motivo el tiempo muerto de recierre tendrá que tener en cuenta la característica del tiempo de extinción de arco, dicho tiempo para la apertura trifásica se debe a los siguientes factores:

- Condiciones climáticas (viento y temperatura).
- Configuración del lugar de descarga.
- Voltaje de restablecimiento, modulo y velocidad de crecimiento.
- Un estudio en las líneas de alta tensión en Estados Unidos, donde se utiliza la mayor parte recierres tripolares, recomienda que el tiempo muerto empleado sea del orden de **400ms**, el cual garantiza que la des-ionización del arco se encuentra completamente extinguida.

En la práctica la aplicación del recierre tripolar es realizada sin restricciones salvo aquellas condiciones inherentes a problemas de estabilidad, estudios que utilizan recierres ultrarrápidos, se ha llegado a demostrar que producen solicitaciones en los ejes de grandes generadores de turbinas de vapor, estas solicitaciones producidas son vibraciones torsionales que fatigan los ejes del conjunto del generador-turbina.

La mayoría de las fallas pueden ser eliminadas cuando se utiliza correctamente los disparos y recierres. La desenergización de las líneas debe ser en un tiempo suficientemente largo de manera que se extinga el arco, luego automáticamente recerrar la línea para restituir el servicio. Por lo tanto, un recierre automático puede reducir el tiempo de apagón significativamente debido a las fallas y proveer un nivel más alto en la continuidad del servicio para el cliente.

Para las fallas que son permanentes realizar un recierre automático cuando la falla no ha sido eliminada completamente, puede causar efectos en la estabilidad del sistema, particularmente en el sistema de transmisión.

Los análisis que se realiza en las simulaciones ayudan en mucho para determinar cuando y donde usar un recierre principalmente en las líneas de transmisión.

La continuidad del servicio en las líneas de transmisión, el aumento del límite de potencia transmitida el mantenimiento de la estabilidad del sistema aplicando el recierre depende de:

- Tiempo de des-ionización, es muy importante para evitar el reencendido del arco al momento de recerrarse los disyuntores, de manera que para mantener la estabilidad del sistema y lograr un recierre exitoso el tiempo de des-ionización tiene un tiempo mediano no instantáneo ya que puede producir solicitaciones en los generadores a vapor.

- Tiempo máximo del recierre, este tiempo se analiza con base a la estabilidad que el sistema mantiene, ya que es muy importante analizar los tiempos de apertura del disyuntor además el tiempo que el relé emplea frente a una falla.

Una de las aplicaciones fundamentales del recierre automático es mantener la estabilidad y el sincronismo del sistema.

Existen varios criterios sobre los tiempos de des-ionización del arco y el tiempo de máximo recierre, mientras más rápido sea el tiempo de recierre, mayor potencia puede ser transmitida sin pérdidas de sincronismo pero la posibilidad de un reencendido del arco de falla es mayor como sucede en la vida práctica.

Cuando se produce un recierre no exitoso es muy perjudicial para la estabilidad, es mejor que si no se aplicara recierre, por esta razón es prudente mantener la línea des energizada por un tiempo no menor al necesario para asegurar que la posibilidad de reencendido del arco sea pequeña.

Los factores que intervienen en un recierre deben tener en cuenta:

1.- El tiempo máximo disponible para la apertura y cerrado del disyuntor sin la pérdida del Sincronismo (el tiempo muerto máximo), este tiempo es en función de la configuración del sistema y la potencia transmitida.

2.- El tiempo requerido para la des-ionización del arco, con el propósito de que el arco se elimine por completo cuando el disyuntor es recerrado.

El tiempo de des-ionización del arco eléctrico puede ser calculado con el uso de una fórmula que más adelante se lo va explicar, desarrollada de pruebas de laboratorios y experiencias que se han suscitado en varios estudios.

3.- Características de las protecciones eléctricas.

4.- Características y limitaciones de los disyuntores.

5.- Elección del tiempo de reposición.

6.- Número de intentos para el recierre.

El problema de estabilidad afectado la planificación, explotación, control y protección de los sistemas de energía eléctrica desde el comienzo del desarrollo de los sistemas eléctricos en corriente alterna.

Por una parte la estabilidad del sistema ha impuesto límites en la utilización de las redes de transporte de energía eléctrica.

La primera forma conocida del problema de estabilidad aparece cuando se plantea la conexión de generadores hidráulicos a centros de consumo distantes, el problema que se plantea es saber si un generador podría mantenerse funcionando en sincronismo tras la ocurrencia de un cortocircuito en algún punto de su red de transporte.

En otras palabras si el tiempo que invertían las protecciones e interruptores en el despeje de la falla si era transitoria, era superior al denominado tiempo crítico de despeje de falla, en este caso de ser superior al tiempo crítico se hacía preciso una

modificación del diseño de la citada red de transporte, por ejemplo construyendo líneas adicionales en paralelo a las iniciales consideradas.

Los estudios de estabilidad que evalúan el impacto de disturbios en el comportamiento dinámico electromecánico de los sistemas de potencia son de dos tipos: transitorio y de estado estacionario. Un sistema de potencia se dice que está funcionando en un estado "estable" si:

-Permanece funcionando en un estado operativo de régimen aceptable (las variables eléctricas del sistema (tensión, corriente, etc.) se mantienen constantes al pasar el tiempo y dentro de un rango de valores aceptables)

Los estudios de estabilidad se dedican a investigar la respuesta que tienen los sistemas de potencia frente a diferentes tipos de perturbaciones, son importantes desde el punto de vista de planificación y operación, pues los resultados que se obtengan permitirán tomar las acciones debidas para evitar que el sistema opere en condiciones de desequilibrio luego de ocurrir una contingencia y que eventualmente pueden conducir a un colapso total o parcial del sistema, causando pérdidas económicas.

-Selección clásica de las variables que se monitorean para decidir si el estado del sistema es estable:

- Ángulos (posición) de los rotores de las máquinas (estabilidad "de ángulo")
- Voltaje de las barras de la red (estabilidad "de voltaje")

Ejemplos de perturbaciones

-Variaciones de carga

-Cortocircuito en una línea

- _ Actuación de protecciones
- _ Cambio en transferencias de potencia en la red
- _ Cambios en velocidad de rotores y tensiones de barra
- _ Actuación de reguladores de voltaje, velocidad
- _ Variación de las potencias de las cargas
- _ Actuación de controles centralizados potencia frecuencia
- _ Nuevo estado de equilibrio

Un desbalance entre la generación y la carga iniciados por un transitorio que se da al momento de la falla, en el rotor de la maquina sincrónica puede causar una aceleración o desaceleración, por los torques ejercidos en los rotores.

Estos torques son lo suficientemente grandes que producen en los rotores unos giros violentos, provocando que los polos se resbalen o rompan, de manera que se pierde el sincronismo.

El problema de estabilidad está relacionado con el comportamiento de las máquinas sincrónicas después de ocurrir una falla, si la perturbación no involucra cambios en la red las máquinas deben regresar a la posición original, si un desequilibrio entre el suministro y demanda es creada por un cambio en la carga, en la generación, o en la red es necesario un nuevo estado de operación, en todo caso si el sistema es estable todas las máquinas conectadas deben mantenerse en sincronismo (operar en paralelo y a la misma velocidad).

El transitorio que se produce luego de una perturbación sobre el sistema es oscilatorio y se estabiliza si el sistema recupera la estabilidad. Las oscilaciones son reflejadas como unas fluctuaciones sobre las líneas de alto voltaje, y se puede representar gráficamente utilizando el criterio de igualdad de áreas y la curva de potencia- ángulo.

La curva de potencia-ángulo de una máquina sincrónica se relaciona con la potencia de salida de la máquina con el ángulo del rotor. Para dos máquinas el sistema puede ser representado:

$$P = (V_S V_R / X) \sin d$$

Donde:

P = la potencia transmitida entre las máquinas durante la condición transitoria.

V_s = el voltaje transmitido

V_R = el voltaje recibido

d = el ángulo que especifica que V_S adelanta a V_R.

La potencia máxima se da cuando el ángulo entre las dos máquinas es 90 grados y la potencia mínima se da cuando el ángulo es 0 o 180 grados.

5. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

5.1 AMBIENTAL

- Mejoramiento del sistema de protección a lo largo de la línea, logrando así menor impacto en los animales que accidentalmente tiene contacto con los conductores eléctricos desnudos de las zonas rurales.

5.2 TÉCNICO

- Mayor selectividad de las fallas ocurridas en el campo. Se implementará un sistema de lavado de gases independiente del de la etapa de Granulación.

- Mayor flexibilidad al permitir alimentar el campo de manera remota o automática a través de la fuente suplente.

5.3 ECONÓMICO

✓ DISMINUCION DE PRODUCCIÓN DIFERIDA

Disminución de producción diferida creada por el crudo que deja de extraerse en los cortes de energía no programados.

✓ DISMINUCION DE SOBRETIEMPO

Disminución del sobretiempos pagado al personal de operaciones que se desplaza en horario extra a su jornada laboral, para realizar operaciones de tipo local en el campo.

✓ AUMENTO DE LA PRODUCCION

Disminución en horas parada de equipos que provoquen pérdida de etapa productora de un pozo de crudo.

✓ DISMINUCION DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

Disminución de la intervención en pozos por parte de equipos de limpieza Varilleo, debido al arenamiento del pozo en el tiempo que quede sin energía eléctrica.

6. LISTADO DE EQUIPOS NECESARIOS

Con el fin de implementar la topología propuesta a la línea que abastece de energía eléctrica el campo de Llanito, se hace necesario contar con el siguiente grupo de equipos:

6.1 SECCIONALIZADOR

Dos seccionadores de las siguientes características (Ver figura 7):

Figura 7. Seccionizador



Tabla 5. Características de Seccionalizador

Tensión Máxima	12/24kV
Corriente Nominal 630 ^a	630A
Poder de Cierre sobre Falla	12,5kA
Poder de Cierre sobre Falla	31,5kA
Corriente de Corta Duración -	3 seg 12,5kA
Capacidad de Interrupción:	Principalmente Activa 630A
Corriente de Anillo	630A
Corriente de Carga en el Cable	25A
Corriente de Magnetización	22A
Cantidad de Operaciones a Corriente Nominal	600
Cantidad de Operaciones de Cierre sobre Falla	4
Cantidad de Operaciones sin Carga	3000
NIVEL BASICO DE AISLACION (BIL):	Fase a Fase + Fase a Tierra 95kV / 150 kV
A través del espacio de aislación	110kV / 170kV
Peso	120KG
AMBIENTAL:	
Temperatura Ambiente	°C -10 a +50*
Radiación (máx.) kW/m	2 1,1
Humedad	0-100%
Altitud (máx.)	3000m

6.2 RECIERRE

Tres recierres de las siguientes características (Ver figura 8):

Figura 8. Recierre



Tabla 6. Características de Recierres

VALORES NOMINALES	
Tensión Máxima	15,5 kV 27 kV
Corriente Nominal	630 A 630 A
Poder de Cierre Sobre Falla (Vef)	12,5 kA 12,5 kA
Poder de Cierre Sobre Falla (Pico)	31,5 kA 31,5 kA
Capacidad de Interrupción de Falla	12,5 kA 12,5 kA
Tiempo de Operación (Cierre/Apertura)	0,1/0,05s 0,1/0,05s
Operaciones Mecánicas	10.000 10.000
Operaciones a Plena Carga	10.000 10.000
Corriente de Corta Duración	12,5 kA 12,5 kA
CAPACIDAD DE INTERRUPCION	
Principalmente Activa (factor de potencia 0,7)	630 A 630 A
Carga en el Cable	25 A 25 A

NIVEL DE AISLACION AL IMPULSO	
Fase a Tierra	110 kV 125 kV
A Través del Interruptor	110 kV 125 kV
NIVEL DE AISLACION A FRECUENCIA INDUSTRIAL	
Fase a Tierra	50 kV 60 kV
A Través del Interruptor	50 kV 60 kV
AMBIENTAL	
Temperatura Ambiente	-30 a +50°C -30 a +50°C
Radiación (max)	1,1 kW/m ² 1,1 kW/m ²
Humedad	0 a 100% 0 a 100%
Altitud	1000 m* 1000 m*
Peso	125 kg 125 kg

CONCLUSIONES

La propuesta de la nueva topología que junta dos de las mejores tecnologías automáticas y de operación remota a nivel mundial para redes de transmisión de energía eléctrica, cumple con el objeto principal de este estudio, basado en la necesidad de aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico del campo Llanito en la Superintendencia de Operaciones de Mares.

A continuación se describen los puntos más importantes que revierten en beneficios al campo de producción:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Reduce en un 80% el impacto en los animales silvestres, debido a que la rapidez del accionamiento de los equipos y la cercanía de las protecciones a los tramos rurales permite despejar con mayor efectividad la energía que fluye hacia un punto de contacto con tierra.

BENEFICIOS TÉCNICOS

- Aumento de flexibilidad del sistema eléctrico de campo Llanito, a través de los equipo de operación remota.

- Disminución de los tiempos de reposición, ya que al tener parámetros en los sensores de corriente y de voltaje de los equipos propuestos a instalar, la posibilidad de detectar y aislar un tramo en falla será aún mayor. Este proceso disminuye en un 90% el tiempo, al pasar de 100 minutos que implica el desplazamiento hasta el punto de operación a 1 minuto que es el tiempo de operación de los equipos propuestos.

- Aumento de los Tiempos Medio Entre Fallas del componente evidenciado como crítico del sistema eléctrico.

La red de transmisión podrá ser intervenida con facilidad y sin traumatismos severos a la producción. De esta manera, aumentarán las posibilidades de mantenimiento preventivo y predictivo

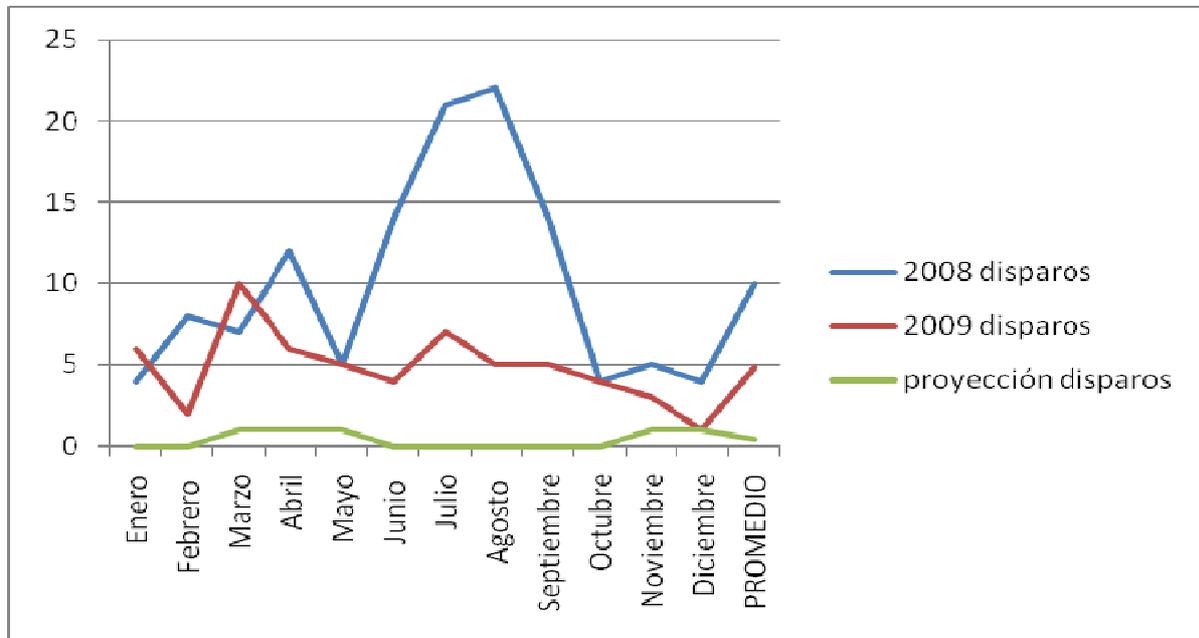
BENEFICIO EN LA PRODUCCIÓN

- ✓ Disminución de limpieza de pozos (labor de equipos de producción) por ausencia de energía (Ver figura 9) en periodos cortos de tiempos (fes)

Tabla 7. Datos Comparativos de Disparos en Campo Llanito

	2008	2009	proyección
	disparos	disparos	disparos
Enero	4	6	0
Febrero	8	2	0
Marzo	7	10	1
Abril	12	6	1
Mayo	5	5	1
Junio	14	4	0
Julio	21	7	0
Agosto	22	5	0
Septiembre	14	5	0
Octubre	4	4	0
Noviembre	5	3	1
Diciembre	4	1	1
PROMEDIO	10	4,8	0,4

Figura 9. Diagrama De Actuaciones Campo Llanito

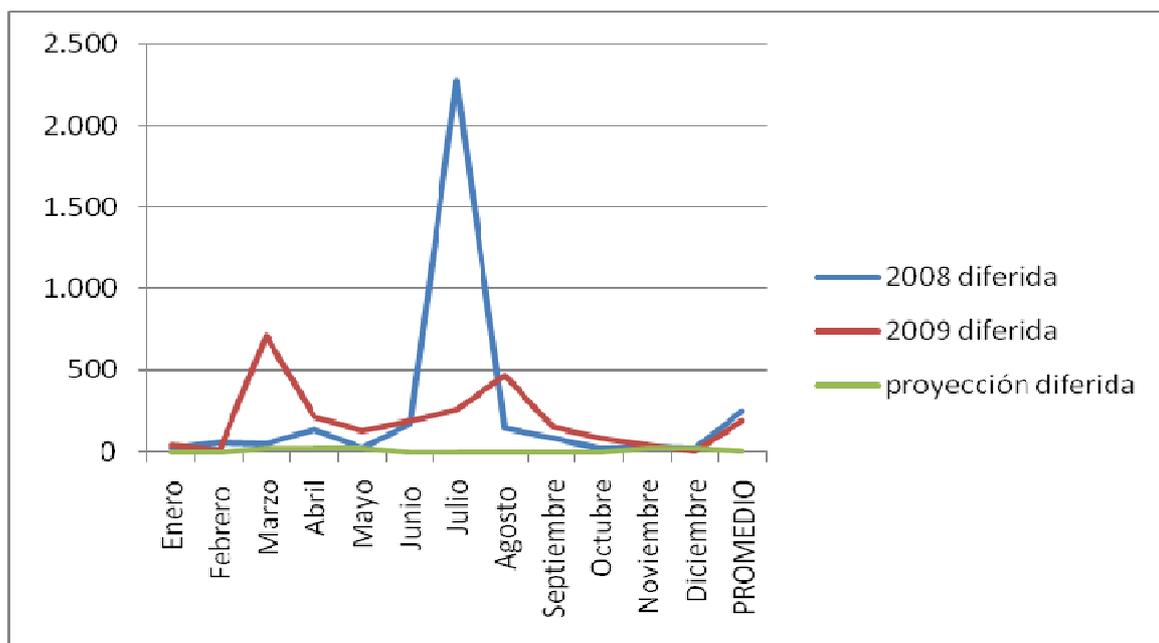


- ✓ Disminución de producción diferida (pérdida de barriles diario de crudo) (Ver figura 10).

Tabla 8. Datos Comparativos de Producción en Campo Llanito

	2008	2009	proyección
	diferida	diferida	diferida
Enero	18	36	0
Febrero	59	13	0
Marzo	45	716	20
Abril	137	212	20
Mayo	20	123	20
Junio	174	187	0
Julio	2.274	255	0
Agosto	146	469	0
Septiembre	84	153	0
Octubre	20	86	0
Noviembre	29	36	20
Diciembre	26	4	20
PROMEDIO	252,7	190,9	8,3

Figura 10. Diagrama De Producción Diferida Campo Llanito



BIBLIOGRAFIA

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 157 p

DA SILVA, ANGEL. Clases de Ingeniería de Yacimientos II. Universidad Central de Venezuela.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Monografías de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

JOSÉ LÓPEZ. Protecciones Eléctricas.

MIRANDA, LISBETH. Clases de Introducción a la Ingeniería de Petróleo. Universidad Central de Venezuela.

MUÑOZ PARRA, RUBÉN DARÍO y SARMIENTO SARMIENTO, DEIVIS RAFAEL. Tesis de grado “Aportes de la gerencia de mantenimiento al aumento de producción de la planta de fertilizantes complejos de monómeros colombo-venezolanos s.a.”.

Power Systems Relaying Committee; Automatic Reclosing of Transmission Lines, IEE Transactions Vol 1

SIEMENS. Catálogo de productos y servicios.