

Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de
Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y
Administración de TI

**Propuesta de mejora del sistema de monitoreo de pozos en SCADA del
campo Drago ubicada en el cantón Shushufindi**

Autor: Jose Luis Clavijo Pallo

Director: Leonardo Arévalo

Quito, 8 de Septiembre 2023

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, JOSE LUIS CLAVIJO PALLO, con CI 1719000620, autor del trabajo de graduación intitulado: “**Propuesta de mejora del sistema de monitoreo de pozos en SCADA del campo Drago ubicada en el cantón Shushufindi**”, previa la obtención del título profesional de Magíster en Tecnologías de la Información con mención en Gestión y Administración de TI, en la Facultad de Ingeniería

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos del autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado Titulado: “Leonardo Napoleón Arévalo Rivera”, presentado por el maestrante Jose Luis Clavijo Pallo, titular de la Cédula de Identidad N° 1719000620 para optar al Grado de Magíster en Educación mención gestión del aprendizaje mediado por TIC, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Educación.

En la ciudad de Quito, a los 8 días de Septiembre de 2023

NOMBRES Y APELLIDOS DEL DIRECTOR C.I. 1715293740

lnarevalo@puce.edu.ec


NRO TELEFONO:0987495553

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 9 % índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

22/8/23, 17:58 Turnitin Informe de Originalidad

 **Informe de Originalidad Turnitin**

Tesis entrega 2 por Jose Clavijo

Desde Jose Clavijo (GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI - P1336-TEÓRICO-PRACTICO-PV015-06-N01 (Moodle PP))

Procesado el 22-ago.-2023 17:49 -05
Identificador: 2149644807
Número de palabras: 19682

Indice de similitud	Similitud según fuente
9%	Internet Sources: 0% Publicaciones: 1% Trabajos del estudiante: 4%

fuentes:

- 1

1% match (Internet desde 18-nov.-2022)

<http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/9912/1/T-ESPE-048631.pdf>
- 2

1% match (Internet desde 18-jul.-2020)

<https://docplayer.es/23531759-Analisis-diseno-y-simulacion-de-una-red-multiservicio-de-fibra-optica-100-anillo-para-unir-el-casco-urbano-de-la-ciudad-de-ija.html>
- 3

1% match (Internet desde 21-abr.-2021)

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9933/T-ESPEI-MEC-0050.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- 4

1% match (Internet desde 24-dic.-2022)

<https://1library.co/document/oy81qm4z-desarrollo-implementacion-orocoso-manapa-departamento-nutricion-hospital-ninos.html>
- 5

1% match (trabajos de los estudiantes desde 14-feb.-2017)

[Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales \(FLACSO\) - Sede Ecuador on 2017-02-14](https://www.repositorio.ceia.edu/bitstream/handle/2017-02-14)
- 6

1% match (trabajos de los estudiantes desde 14-oct.-2021)

[Submitted to Servicios Educativos Martín Caceres on 2021-10-14](https://www.repositorio.ceia.edu/bitstream/handle/2021-10-14)
- 7

< 1% match (Internet desde 29-abr.-2019)

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5275/1/T-ESPE-033206.pdf>
- 8

< 1% match (Internet desde 24-dic.-2022)

<https://1library.co/document/myjdvmy-herramientas-seguridad-informacion-dispositivos-relacion-relaforma-seguridad-endpoint.html>
- 9

< 1% match (Internet desde 10-ago.-2023)

<https://www.elitma.com/es/article/rs485-communication-guide/>
- 10

< 1% match (Internet desde 23-ago.-2022)

<https://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-orecion/>
- 11

< 1% match (Internet desde 05-abr.-2023)

<https://www.coursehero.com/file/124983312/Tesis-Auxiliar-Infom%C3%A1ticapdf/>
- 12

< 1% match (Internet desde 30-may.-2020)

<https://www.coursehero.com/file/44507327/956001515pdf/>
- 13

< 1% match (Internet desde 11-ene.-2023)

<https://pdfslide.it/docs/documents/manual-de-operacion-ejemplo-scada.html>
- 14

< 1% match ()

García Samamé, José Alberto. "Impacto económico, ambiental y social de la obra de inversión pública: creación del paseo Yotisque en la Av. Víctor Raúl Haya de la Torre y Av. Grau del distrito de Chiclayo, periodo 2012-2015." Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- 15

< 1% match (Internet desde 21-dic.-2022)

<https://hmonq.es/wiki/RS485>
- 16

< 1% match (Internet desde 14-dic.-2020)

https://www.turnitin.com/newreport_printview.asp?eq=1&eb=1&esm=20&oid=2149644807&sid=0&n=0&m=0&svr=6&r=29.465417608623156&lang=es 1/26

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, JOSE LUIS CLAVIJO PALLO, con cédula de identidad # 1719000620, afirmo solemnemente que el trabajo desarrollado en este documento es de mi propia creación. Aseguro que no ha sido presentado previamente para obtener ningún grado académico o reconocimiento profesional. He consultado las referencias bibliográficas que se encuentran en este trabajo.

Por medio de esta declaración, transfiero mis derechos de propiedad intelectual relacionados con este trabajo a la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, conforme a lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamentación y las normativas vigentes en la institución.

Jose Luis Clavijo Pallo

C.C.: 1719000620

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Formulación del problema	15
1.2. Objetivos de la Investigación.....	18
1.2.1. Objetivo General	18
1.2.2. Objetivos Específicos	19
1.3. Justificación de la Investigación	19
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	24
2.2. Bases Teóricas.	28
2.5. Sistema Monitoreo y control SCADA	35
2.6. Sistema de monitoreo y control con tecnología Wireless 2.4GHZ.....	36
2.7. Metodología de SCADA.....	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	45
3.1. Tipo de Investigación.....	45
3.2. Diseño de Investigación.....	46
3.3. Unidades de Estudio	52
3.3.1. Población	52
3.3.2. Muestra	52
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.5. Técnica de Análisis de Datos.....	53
3.6. Operacionalización de Variables	55
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	58
4. Recopilación y análisis de infraestructura de red Campo Drago	58
4.1. Red de datos	58
4.2. Comunicación desde las RTU hacia Servidor OPC - Lowis	64
4.3. Configuraciones y mapeo Modbus en servidor OPC.....	68
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA	73
5. Presentación de Propuesta.....	73
5.2. Diseño físico de la red del Campo Drago	76

5.3.	Identificación de rutas de los enlaces de la red SCADA	77
5.4.	Tendido de Fibra óptica por poste existentes.....	80
5.5.	Manejo de bobinas de Fibra Óptica	81
5.6.	Diseño de tablero RTU (Unidad de terminal Remota)	83
5.6.1.	Normas y estándares de diseño de RTU	87
5.6.2.	Hardware y Software	89
5.6.3.	Arquitectura del Sistema.....	90
5.7.	Diseño Lógico de la red Campo Drago.....	94
6.	Referencias.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> FODA	22
<i>Tabla 2</i> Infraestructura de la red	29
<i>Tabla 3</i> Estándares de Ethernet.....	30
<i>Tabla 4</i> Características técnicas de cable para trenzado.....	31
<i>Tabla 5</i> Características técnicas Estándar Fibra Óptica.....	31
<i>Tabla 6</i> Pozos de la plataforma Drago PAD A.....	52
Tabla 7 Operacionalización de Variables.....	55
<i>Tabla 8</i> Distancia de plataforma de campo Drago desde Estación Central	73
Tabla 9 Descripción de enlaces campo Drago	78
<i>Tabla 10</i> Módulo de fibra para el diseño de red	81
Tabla 11 Material para tendido de FO Campo Drago	82
Tabla 12 Direccionamiento IP Drago.....	96
Tabla 13 Registro de mapeo Modbus	102
<i>Tabla 14</i> Descripción del diseño de software monitoreo campo Drago	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Figura 1</i> Ubicación de las plataformas del campo Drago	25
<i>Figura 2</i> Topología de comunicación Modbus RS 485.....	26
<i>Figura 3</i> Visualización de datos en el sistema Lowis.....	27
Figura 4 Elementos de la red	28
<i>Figura 5</i> Diagrama de conexión RS-485	33
<i>Figura 6</i> Modelo de RTU monitoreo de Pozo de petróleo	34
<i>Figura 7</i> Trasmisores de Temperatura y Presión.....	35
<i>Figura 8</i> Tecnología Wirelles Remote adquisición de datos.....	36
<i>Figura 9</i> Instrumentación para el monitoreo de pozos	38
<i>Figura 10</i> Topología de conexión Modbus Mono pozo	39
<i>Figura 11</i> Topología de conexión Modbus 4 pozos	39
<i>Figura 12</i> Topología de conexión Modbus más de 4 pozos.....	40
<i>Figura 13</i> Componentes del tablero RTU	41
<i>Figura 14</i> Cable y manga de empalme de fibra óptica.....	42
<i>Figura 15</i> Procedimiento de la propuesta planteada.....	47
<i>Figura 16</i> Diagrama general de bloque de redes	50
Figura 17 Servidor de redes	51
Figura 18 Topología de red en las plataformas Drago Central y Drago D.....	58
Figura 19 Ubicación de plataformas de campo Drago	59
Figura 20 Panel de comunicación TOAS.....	60
Figura 21 Tarjeta de variador SLB	62
Figura 22 Option Port puerto de LOWIS	62
Figura 23 Modbus SLAVE	63
Figura 24 SITE ADDRESS (Dirección Modbus) del 1 al 5	63
Figura 25 Baud Rate 9600	63
Figura 26 Puerto de comunicación es RS232 para 232 y 485	64
Figura 27 Diagrama de lazo de control y direccionamiento Modbus	65
Figura 28 Mapeo Modbus Software ModviewNT.....	66
Figura 29 Mapeo de variable pruebas locales.....	67
Figura 30 Ingreso de parámetros ModViem NT.....	68
Figura 31 Plantillas para leer las tarjetas de los variadores.....	69
Figura 32 Mapeo de variables en protocolo Modbus RS485.....	70
Figura 33 Configuración Servidor OPC	71
Figura 34 Monitoreo de pozo en sistema Lowis.....	72
Figura 35 Plataformas Drago	74
Figura 36 Plataformas Drago en Google Earth.....	74
Figura 37 Esquema de conexión físicas y lógicas del campo Drago	77
Figura 38 Ruta de los nodos de Fibra Óptica Campo Drago	78
Figura 39 Plano de postes y cruce de Fibra Óptica campo Drago	79
Figura 40 Típico de pozo con postes existentes	80
Figura 41 Diagrama de conexión de ODF del anillo Lógico.....	83
Figura 42 Ubicación de RTU en plataformas	85
Figura 43 Vista Frontal de gabinete	86
Figura 44 Vista Posterior del Gabinete de comunicaciones.....	87
Figura 45 Diseño de lazo de Comunicación campo Drago	101
Figura 46 Características de Servidor HMI	104
Figura 47 Características del cliente HMI.....	105
Figura 48 Colores de líneas de producción.....	108

Figura 49 Colores de indicación de estado de pozos	108
Figura 50 Diseño de pantalla del Monitoreo del PAD A Drago.....	109
Figura 51 Diseño de pantalla Área de Químicos Monitoreo del PAD A Drago	111
Figura 52 Visualización de parámetros del pozo DRRA-006UI	111
Figura 53 Diseño de pantalla arranque y parada de pozo	112
Figura 54 Diseño de pantalla cambio de frecuencia pozo DRRA-006.....	113
Figura 55	114
Figura 56	115
Figura 57 Diseño de pantalla de configuración de la RTU pozo DRRA-006.....	117
Figura 58 Subrutina de programación para la habilitación y deshabilitacion de la RTU	118
Figura 59 Subrutina de lectura de programación del protocolo modbus RS-485 de la RTU	119
Figura 60 Subrutina de lectura de programación de arranque y parada del pozo.....	120
Figura 61 Subrutina de lectura de programación de entradas análogas de la RTU	120
Figura 62 Subrutina de lectura de programación de escalamiento del Gateway y variador del pozo.....	121
Figura 63 Subrutina de lectura de programación detección de fallas de los variadores	121
Figura 64 Subrutina de lectura de programación de variables de memoria de PLC	122

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

TITULO DEL TRABAJO

Autor: José Luis Clavijo Pallo

Director -Tutor: Leonardo Arévalo

Fecha:

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se motiva a una propuesta de mejora del sistema de monitoreo de pozos en SCADA del campo Drago ubicada en el cantón Shushufindi, considerando la importancia de la extracción de crudo en la economía del país es necesario tener un control de todos los pozos petroleros utilizando la tecnología actual, la cual se basa en la adquisición de datos en tiempo real por un medio confiable que garantice los datos y la visualización en forma gráfica al usuario final , con el sistema SCADA se monitorea, controla de manera remoto a todos los pozos del campo, optimizando los tiempos de respuestas ante un evento no deseado, evitando los riesgos en la operación y al medio ambiente, aumentando los niveles de seguridad mediante la agilización de conocimientos de proceso.

Palabras clave:

Sistema SCADA, Monitoreo de Pozos, medio de transmisión , tiempo real , adquisición de datos , conocimiento de procesos .

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

TITULO DEL TRABAJO EN INGLÉS

Autor:

Director -Tutor:

Fecha:

ABSTRACT

This titling project is motivated by a proposal to improve the SCADA well monitoring system of the Drago field located in the Shushufindi canton, considering the importance of crude oil extraction in the country's economy it is necessary to have control of all oil wells using current technology, which is based on the acquisition of data in real time by a reliable means that guarantees the data and visualization in graphic form to the end user, with the SCADA system, all the wells in the field are monitored, remotely controlled, optimizing response times in the event of an unwanted event, avoiding risks in the operation and the environment, increasing safety levels by streamlining process knowledge.

Keywords

SCADA system, Well Monitoring, Transmission medium, Teal time, Data Acquisition, Process knowledge.

INTRODUCCIÓN

La importancia de TI en los procesos de las empresas permite la integración de los sistemas, mejora, reduce los costos, y permite el acceso en tiempo real, la cual facilita la toma de decisiones y mejora el rendimiento. En el presente estudio se expone como una propuesta la mejora del sistema SCADA en el monitoreo de pozos para el control y visualización en tiempo real de los datos.

En el capítulo I, se describe una exposición de la formulación del problema, abordando el planteamiento de manera clara y precisa. Se aborda la problemática del proyecto propuesto y se establece el objetivo general como la meta principal y global a alcanzar, además de definir sus objetivos específicos.

En el capítulo II se proporciona un análisis exhaustivo de las normas técnicas, conceptos y protocolos de red e infraestructura que ya están en uso. Estos elementos se emplearán para establecer las bases lógicas del diseño de la red física y lógica, lo cual servirá como fundamento coherente para la propuesta presentada en esta investigación.

En el capítulo III, se abordarán los métodos de investigación, que consisten en modelos de procedimientos que pueden emplearse en la formulación de la propuesta de investigación.

En el capítulo IV, se llevará a cabo un análisis de la tecnología y el sistema de monitoreo de pozos actualmente implementado en el campo Drago, así como de las restricciones presentes en su infraestructura tecnológica.

En el capítulo V, se expone una propuesta de diseño para la infraestructura de tecnología que servirá como canal para transmitir los datos generados por el sistema de monitoreo de pozos, el diseño de la fibra óptica y tableros de control, networking y equipamiento Cisco que es el estándar del campo Drago, con el área de Automatización y control se establece las variables que se presentaran en tiempo real en forma gráfica, y el equipamiento de software y hardware para este diseño.

Finalmente se presenta las conclusiones después del análisis y desarrollo de la investigación, así como las recomendaciones que se pueda plantear para la mejora de esta investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

Con el aumento y la demanda global del uso del petróleo y gas natural en el país, la necesidad de mejorar el rendimiento en las operaciones de extracción de crudo es maximizar las operaciones con el uso de la tecnología, el sistema ¹SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos), la cual nos permite de forma remota y segura tomar acción en los sistemas de control de una planta productora de petróleo.

La industria moderna está utilizando la tecnología actual en los sistemas SCADA, ya que esta tecnología identifica variables y les permite recopilar datos, los cuales son transmitidos digitalmente para obtener información valiosa para el estudio de los ingenieros y así proporcionar una herramienta para el trabajo diario, como toma de decisiones en tiempo real, toda la información son enviadas a un centro de control por dispositivos RTU(Unidades Terminal Remota) en donde se registran y procesan las señales.

Las ²RTU (Unidades terminales remotas) dentro del proceso de la planta es de vital importancia para la automatización de los servicios o monitoreo, el núcleo principal dentro de la RTU es el PLC³(Controlador lógico programable). Estos dispositivos tienen una función principal que es recibir y transmitir señales tanto análogos y digitales de las instrumentaciones previamente instaladas.

¹ SCADA: Control Supervisor y Adquisición de Datos

² RTU: Unidades terminales remotas

³ PLC: Controlador lógico programable

Para cubrir distancias mayores como en los campos petroleros que hay que cubrir distancias mayores entre pozos de 10Km, se recurre a técnicas de transmisión de datos con sistemas y tecnologías digitales haciendo posible se creen aplicaciones y servicios como herramientas indispensables para el manejo de procesos críticos, las redes digitales posibilitan conectar más de un dispositivo al mismo medio ,son menos susceptibles al ruido presente en los sistemas industriales permitiendo a los elementos principales de control como PLC conectarse y compartir información digital de manera directa sin la necesidad de ningún tipo de conversión.

Las redes de campo principalmente la Ethernet industrial es un medio de transmisión donde todos los dispositivos de una red pueden ver los datos que pasan a través de los medios de networking con excelentes prestaciones de conmutación, integración de los buses de campo existentes, alta disponibilidad y comunicación a mayores distancias permitiendo con esto tener una mejor administración de la red.

El monitoreo en el sistema SCADA de las señales de equipos de superficie se ha vuelto de vital importancia en las empresas petroleras que día a día están en producción en los pozos petroleros del país ya que con la visualización en tiempo real y el control remoto se garantiza un mejor desempeño al momento de tomar decisiones a las personas encargadas de diagnosticar el proceso de producción.

El monitoreo en la actualidad tiene además otros propósitos en las empresas de extracción de petróleo, la cual se ve involucrado la parte económica, ambiental y las pérdidas de crudo asociado al proceso, el presente estudio de mejora se define un proceso de automatización del sistema que permite controlara la planta en forma remota, tomar decisiones

como encendido y apagado de pozos mantenimiento un monitoreo las 24 horas del día.

Las nuevas tecnologías tanto de networking y sistemas de control facilitan a los ingenieros de Petroleros la toma de decisión al momento de realizar y controlar el sistema, un status con alarmas de perdida de presión o apagado de pozos permite corregir un problema vía remota.

El departamento de Tecnologías de la información, como parte vital en la cadena de producción, se encarga de garantizar el funcionamiento del sistema las 24 horas los 365 días del año gracias a su infraestructura de equipos de networking y el apoyo de automatización y control.

La propuesta de mejora tiene como objetivo principal la eliminación de pérdidas de crudo desde la extracción del pozo hasta los tanques de almacenamiento. Esto se logra mediante el uso del sistema SCADA para supervisar variables como la presión y el encendido y apagado de pozos. Todo esto se gestiona a través de un sistema centralizado de información, utilizando tanto software como hardware.

1.1.1. Definición del Problema

En la actualidad el Campo Drago que es objeto de estudio no dispone de un sistema automatizado, solo se maneja un monitoreo de pozo de visualización del 6% en su totalidad de los pozos en producción, esto viene asociado al déficit de la infraestructura de red y equipos de control en cada plataforma.

La operación en el campo aún se realiza de forma manual, lo que implica que el personal debe desplazarse por las plataformas para verificar el estado de encendido o apagado de cada pozo, así como comprobar la frecuencia y temperatura de cada variador. Esto genera problemas en la operación debido a las considerables distancias entre las plataformas, que son aproximadamente de 5 kilómetros cada una desde la Estación Central. Esta falta de control sobre las demás plataformas y la incapacidad de saber cuál pozo está apagada podría resultar en un aumento de las pérdidas de producción, ya que el operador no podría iniciar la operación de manera inmediata

Además, se han registrado casos de robos de cables de potencia en los equipos de superficie, lo que ha resultado en la desconexión de los pozos y, como consecuencia, pérdidas de producción y daños a las instalaciones, con un costo estimado de aproximadamente 1000 dólares por hora de inactividad. Por esta razón, la automatización de este campo y el control exhaustivo del rendimiento de cada pozo adquieren una importancia crucial. De esta manera, se podría agilizar las operaciones y proteger los activos de cada plataforma mediante el uso de alarmas y sensores integrados en la red SCADA.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar y optimizar los tiempos de publicación y presentación de los datos de los pozos en producción para contingencia, análisis de ingeniería y monitoreo en tiempo real mediante el sistema SCADA.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos para el cumplimiento del objetivo general son los siguientes:

- Analizar el sistema actual del monitoreo de pozos en el campo Drago cantón Shushufindi.
- Diseñar una red datos (SCADA) robusta tanto físico y lógico para el monitoreo de pozos en tiempo real.
- Estudiar el mecanismo de implementación de la red de comunicación ⁴modbus de sensores de los pozos a monitorear.

1.3. Justificación de la Investigación

El campo Drago, objeto de la propuesta de investigación, está ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, se encuentra dentro de la clasificación de campos maduros.

El campo Drago actualmente posee una producción de diez mil barriles de crudo al día en promedio en 56 pozos de producción la cual 12 pozos se tiene monitoreados en el sistema Lowis (Adquisición de datos solo monitoreo), la cual no tiene la capacidad de adquisición de datos para la supervisión, el control y la optimización de procesos a distancia.

La presente investigación se enfoca en el estudio de implementación del monitoreo de pozos con el sistema SCADA ya que es fundamental determinar a tiempo cualquier falla en el sistema que altere a la normalidad y la efectividad del sistema

⁴ Modbus: Medio de comunicación que permite el intercambio de datos entre los controladores lógicos programables (PLC) y los ordenadores (PC)

Con el uso de la tecnología y los medios de transporte como la fibra óptica aumentamos la velocidad de transmisión de datos, confiabilidad y mayor alcance, el campo Drago tiene una extensión entre las plataformas de alrededor de 5Km desde el centro de monitoreo la cual con este medio garantizamos y extendemos la red a las plataformas más lejanas con una topología de red con redundancia en cada plataforma además pasamos la red SCADA y de negocios que facilitan las operaciones.

Al tener una sala de control donde se pueda supervisar y tener el control remoto de las plataformas de Drago se puede evitar fallas en los pozos de producción con los históricos que maneja el sistema SCADA y así se puede diagnosticar todos los eventos en el tiempo, con esto evitamos costos de workover, reacondicionamiento de pozo que pueden oscilar entre 50000 a 600000 dólares.

La propuesta de diseño es con el uso de las RTU la cual son utilizadas para la obtención de datos de los sensores de fondo de pozo se comunican con los variadores de frecuencia de las bombas electro sumergibles mediante la interface 485 que permite la comunicación multipunto y permite a este comandar hasta 32 dispositivos esclavos en este caso serían los variadores, siendo la RTU(Unidades Terminal Remota) el que comanda el intercambio de información mediante el protocolo de comunicaciones Modbus , el intercambio de información se da en forma digital y utiliza el protocolo comúnmente utilizado por la mayoría de marcas de variadores utilizando conexiones RS-485 siendo simple y flexible permitiendo la transferencia de datos por un par de cables en velocidades que van desde 9600 bps a 115000 bps operando de forma maestro-esclavo siendo la RTU con PLC micrologix el maestro.

Los datos transmitidos por los Variadores (esclavos) hacia la RTU especifican

direcciones establecidas por los fabricantes teniendo formatos fijos y secuencia de tramas establecidas con manejo de errores, bits de parada, paridad y tipo de paridad de los bits transmitidos. Siendo los protocolos utilizados transparentes para el usuario final

El monitoreo que cada pozo de producción viene asociado con la tarjeta del variador la cual controla a las bombas electro sumergibles (ESP), ya que por medio comunicación RS485 Modbus a Ethernet se puede conocer el estado de cada una de las variables en el equipo, tales como corriente, temperatura de motor, frecuencia de trabajo, presión, entre otros, y su comportamiento particular en cada uno los pozos de petróleo obteniendo una base de datos que permita conocer el historial del comportamiento y sus tendencias de las ESP en cada uno de los pozos de petróleo.

Con el mejoramiento del sistema se tendrá el control de los 56 pozos, en varias fases de construcción utilizando infraestructura basada en Fibra óptica, paneles de control, sensores, equipamiento de networking, y tener una interfaz HMI que permitirá monitorear, controlar y visualizar con precisión las operaciones de manera centralizadas en cada cuarto de control optimizando los tiempos y pérdidas en la extracción de crudo.

Para el presente proyecto utilizaremos una herramienta de planificación estratégica, diseñada para realizar un análisis interno del proyecto detectando las fortalezas y debilidades que contrae hacer el diseño del monitoreo de pozos y a la vez las oportunidades y amenazas dentro del diseño que se plantea.

Tabla 1

FODA

ANALISIS - FODA	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de extracción de petróleo • Monitoreo de los procesos en tiempo real • Proceso de automatizar planta de proceso • Detección de fallas en tiempo real, evitando desastre al medio ambiente y a la comunidad • Mejora continua e incorporación de nuevas tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de crudo cuando existe en un evento • Tiempo de retraso al momento de encender los pozos manualmente • Falta de presupuesto de la empresa • Falta de actualización tecnológica • Falta de equipos en stock en el Ecuador • Falta de personal capacitado • Falta de definición de estándares , planificación y control de proyectos en el área de tecnologías
OPORTUNIDADES	AMENZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el mando sobre la planta de producción. • Innovación tecnológica en la parte de comunicaciones • Proyectos de monitoreo a mediano plazo de implementación • Mejora los tiempos de respuestas de acción • Capacitación a personal que opera la planta 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en la producción de barriles de petróleo • Derrames afectando a la comunidad • Retraso en la etapa de obtención de equipos y la contratación de trabajadores locales • Personal sin capacitación para las nuevas tecnologías • El miedo del cambio la forma de trabajar de manual a digital

Lo que nos permite con esta técnica FODA es el análisis de la problemática planteada para el estudio de proyecto precisando las debilidades y fortalezas, las mismas que se refieren cual va ser el mejor método, técnica, innovación tecnológica y presupuesto para el monitoreo

de pozos en el campo Drago, mientras que las oportunidades y amenazas, se consideran factores dentro del campo Drago como externos y la consecuencia es que la empresa no tiene control como los derrames afectando a la comunidad, falta de equipos en stock en el Ecuador, apagones afectando la producción de barriles.

Teniendo todos los argumentos ya planteados y conociendo las fortalezas y debilidades dentro del proyecto de monitoreo de pozos se puede comenzar a diseñar cualquier estrategia de negocio, porque nos permite analizar los puntos más importantes que incidirán en el estudio del proyecto de monitoreo de pozos de Drago.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

El Campo petrolero Drago es un campo que ha venido produciendo desde el año de 1972 con una capacidad de barriles producidos de 10000 barriles de crudo en el año 2017, actualmente en el año de 2022 tiene capacidad de 5200 barriles de crudo, en la cual se están desarrollando investigaciones para su mejor desempeño en el punto de vista geológico y de ingeniería de yacimientos para poder recuperar la producción.

El campo Drago consta de 5 plataformas repartidas de la siguiente manera:

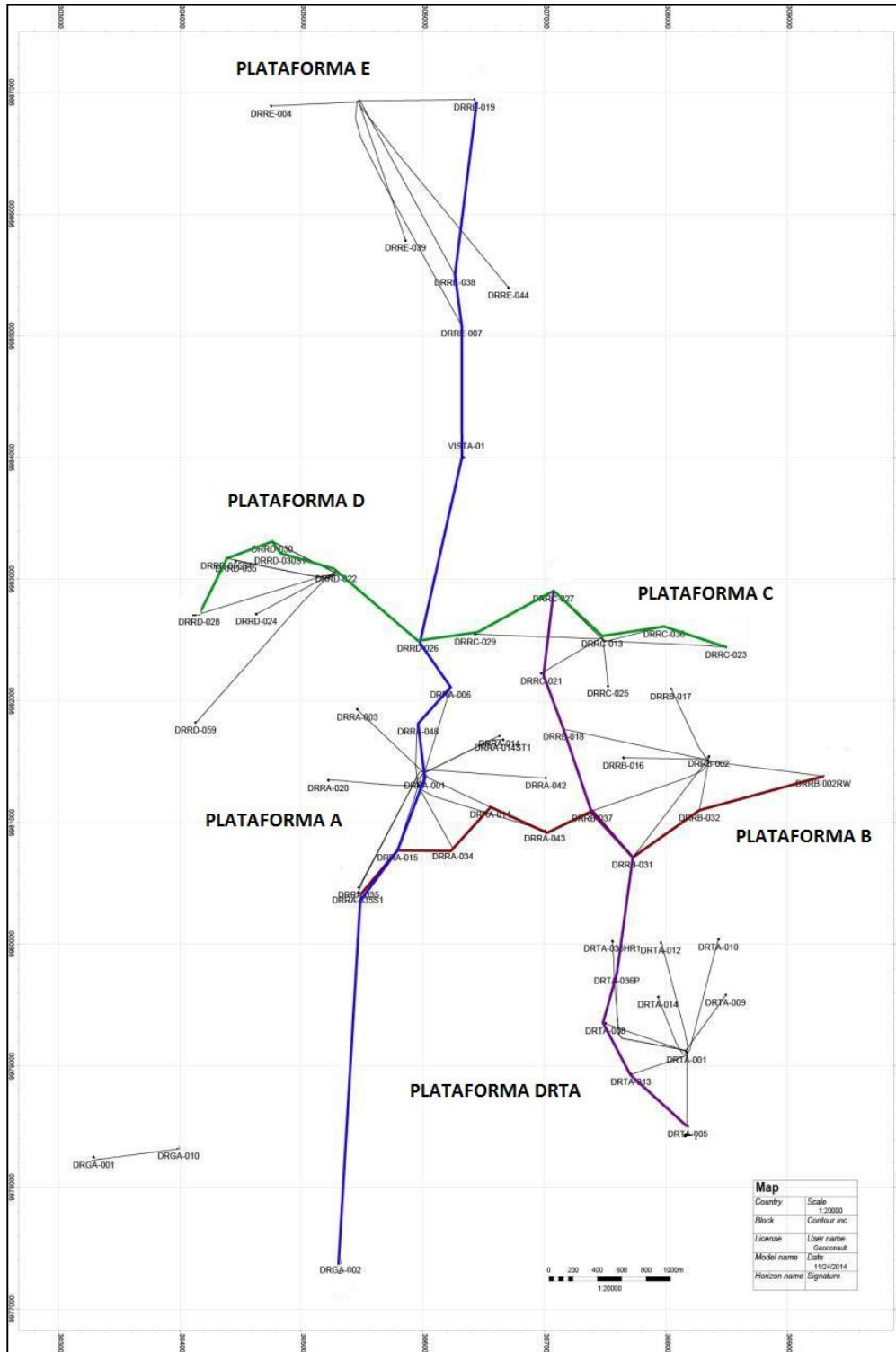
- Drago A - 12 pozos
- Drago B - 9 pozos
- Drago DRTA – 10 pozos
- Drago C – 8 pozos
- Drago D – 10 pozos
- Drago E - 7 pozos

La situación actual del campo Drago en la parte de redes de comunicación es de limitada infraestructura, las plataformas Drago A, D, tienen un monitoreo de 12 pozos por medio de FO a través del sistema Lowis⁵ la cual se valida el estado de pozo en OFF – ON, con una comunicación de mapeo Modbus comunicación RS485 mediante un conversor a Ethernet, la cual mediante por la red se envía los datos hacia los servidores, establece el mapeo y se visualiza los datos, sin tener control en el proceso.

⁵ Lowis: Sistema de monitoreo de pozos

Figura 1

Ubicación de las plataformas del campo Drago

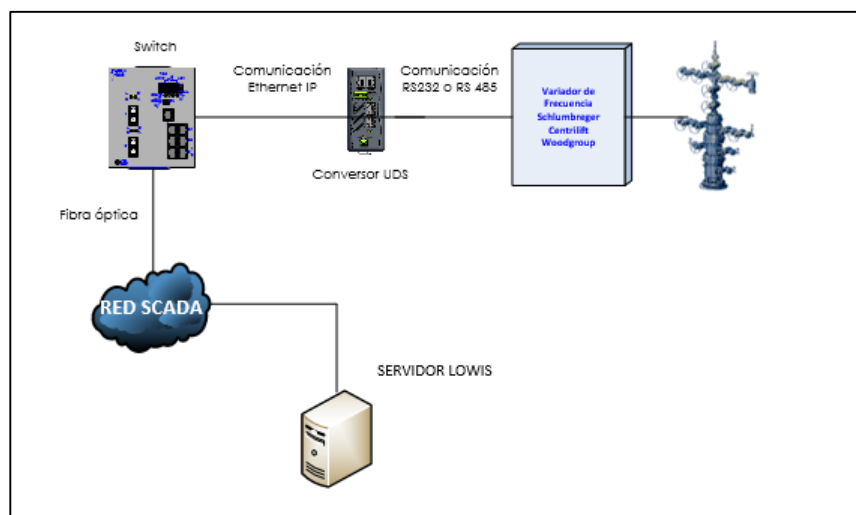


Fuente:(Autor,2023)

La topología del monitoreo de pozos actualmente se basa en la comunicación modbus RS- 485 desde las tarjetas de los variadores, la cual con un conversor de 485 a Ethernet se envía los datos hacia los servidores del sistema actual Lowis mediante direcciones Modbus y registros.

Figura 2

Topología de comunicación Modbus RS 485



Fuente:(Autor,2023)

El sistema Lowis actualmente solo tiene la capacidad de visualización del estado del pozo, es decir no tiene control ni autonomía dentro de las instalaciones del campo Drago para el encendido y apagado, la cual dificulta a los operadores de las estaciones tomar una decisión al momento de tomar decisiones, en la figura 3 se visualiza los parámetros de monitoreo en el sistema Lowis, tanto Frecuencia de salida, temperatura del motor, Voltaje de entra y salida.

Figura 3

Visualización de datos en el sistema Lowis

Analog Point Description	Register Number	Current Value	Today's Maximum Value	Today's Minimum Value	Today's Average Value	Monthly Average Value	Last Month Average Value	Hi/Hi Alarm [1=Yes]	Hi/Hi Alarm [1=Yes]	Lo/Lo Alarm [1=Yes]	Lo/Lo Alarm [1=Yes]	Clamp? [1=Yes]	Sensor Fail? [1=Yes]	Date	Time	Point Type	Units	On Trend? [1=Yes]
02 DHB Amps	2114	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	AMPS	Amps	1
05 BC Volts Input	2109	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VLTB	Volts	1
07 Current Imbalan	2116	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	IMBL	%	1
08 Voltage Imbalan	2111	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VMEL	%	1
10 Kilowatts	2180	17251.00	17280.0	17135.0	17232.4	17266.9	17513.7	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	WATT	Kw	1
11 Output Frecuenc	2166	58.90	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	Hz	Hz	1
12 VSD Amps	2175	240.10	240.5	240.1	240.3	240.6	243.9	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	AVSD	Amps	1
13 VSD Volts	2171	453.10	454.3	452.3	453.3	452.0	452.1	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	DHV	Volts	1
14 Pump Disch Pres	2138	3977.40	3977.7	3976.2	3977.1	3979.0	3976.2	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	PDP	PSI	1
15 Pump Intake Pre	2137	1348.70	1348.7	1348.5	1348.6	1343.0	1260.7	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	PP	PSI	1
16 Pump Intake Tem	2140	219.00	219.0	219.0	219.0	219.0	219.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	DHT	F	1
17 Motor Temp	2141	221.70	221.9	221.7	221.9	222.8	278.2	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	MTMP	F	1
18 Motor Vib X	2142	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VBX	g	1
19 Motor Vib Y	2151	0.10	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VBY	g	1
20 Current Leakage	2146	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	CL	Amps	1
21 Flow Tubing Pre	2125	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	FTP	PSI	1
22 Tubing Temperat	2126	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	WHT	F	1
02 Current Leakage	2145	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	CZCL	Amps	1
Input Voltage	2170	479.50	483.1	478.9	481.1	478.6	479.6	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	IVLT	Volts	1
Motor Amps	2176	43.20	43.3	43.2	43.2	43.3	43.6	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	AMP	Amps	1
Motor Load	2136	9268.00	9290.0	9268.0	9265.6	9301.9	9426.9	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	MLAD	%	1
Motor Vib Z	2152	0.10	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VBYZ	g	1
Vsd Load	2174	7674.00	7699.0	7671.0	7676.2	7696.1	7792.5	0	0	0	0	0	0	11/23/2022	05:41	VSDL	%	1

En las plataformas del campo Drago no se dispone de tableros de comunicación para los sistemas digitales como Switch, UDS y PLC para un monitoreo de cada pozo, mantienen un monitoreo con un recorridor el que verifica en cada variador los datos, por lo cual no se tiene un constante monitoreo de las variables tanto de superficie y fondo.

La arquitectura que se estudiara es mediante PLC(Control Lógico programable) que recopilan datos a través de la RTU (Unidades Terminal Remota) que recopilan las señales mediante comunicación modbus de los variadores de frecuencias o VSD y también de las señales de los transmisores inalámbricos, mediante la infraestructura de los datos son enviados hacia los servidores de SCADA Distribuido y redundante para la visualización y control de los procesos.

Debido que el campo Drago está buscando mejorar el proceso de exploración de terreno para poder competir con las diferentes empresas de extracción de petróleo en el país se requiere

el estudio de implementación del sistema de monitoreo y control de planta para el mejor desempeño y producción del campo.

2.2. Bases Teóricas.

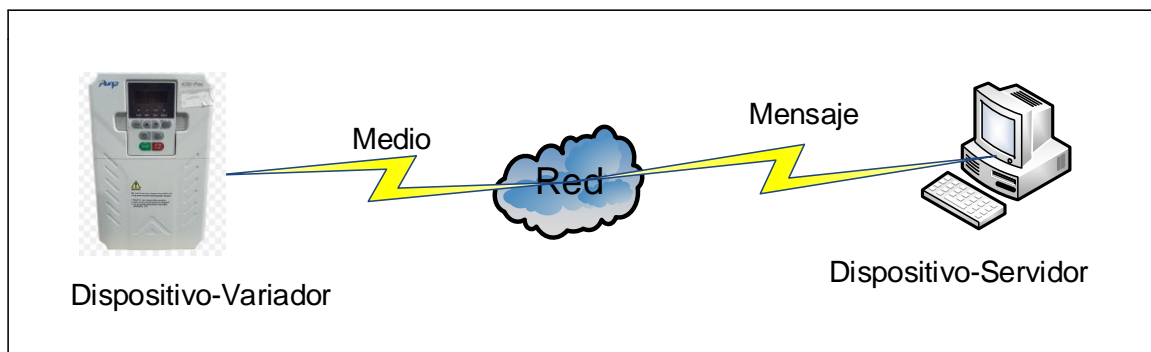
En este capítulo, se detallará los conceptos, estándares, normas técnicas y protocolos de red a ser utilizados, para el diseño de la red física, lógica y de control, así también nos basaremos en los estándares internaciones tanto del equipamiento de networking, Fibra óptica para el mejor desempeño del proceso de extracción de crudo del campo Drago con el fin de mantener un sustento lógico a utilizarse en la propuesta objeto de estudio de la presenta investigación.

2.3. Infraestructura de redes de datos

La infraestructura de red de datos creadas para la transmisión de datos las cuales cumplen una función específica dentro de una red, se caracteriza por tener cuatro elementos.

Figura 4

Elementos de la red



Fuente:(Autor,2023)

Los tres elementos que constituyen en una infraestructura de red son las siguientes:

- Reglas: Protocolos o normas que especifican la manera como se va a realizar la comunicación.
- Medio: El medio de red está definido por dos tipos, medio físico la cual utilizan cables
- Dispositivos: Tienen como función interactuar entre sí para hacer posible la comunicación.

Tabla 2

Infraestructura de la red

COMPONENTE	FUNCIÓN	DISPOSITIVO
Servidor	Proporciona recursos y deniegan o no el acceso de los usuarios a los recursos de una red.	WEB, DNS, FTP, HTTP, HTTPS
Estación de trabajo	Equipos o dispositivos que se encuentran conectados dentro de la red	Computador, PLC, HMI
Medios de transmisión	Elementos que hacen posible la comunicación.	Cable UTP, Fibra Óptica, radiocomunicación
Equipos de red Intermedios	Dispositivos en Capa 2 y 3 que se utiliza para interconectar redes.	Equipos de networking.

Fuente: (ACADEMY, 2013)

2.4. Medio de comunicación físico

En una red de infraestructura con el medio físico realiza la transmisión y recepción de datos la cual utilizan señales eléctricas, o para transmitir a largas distancia se utiliza la fibra óptica el cual usa señales de luz para este efecto.

Actualmente existen estándares y normas que se encuentran especificadas por la IEEE 802.3⁶ conocido como Ethernet el cual es un estándar de transmisión de datos para redes de área locales, en la tabla 2 se muestra las características del estándar Ethernet.

Tabla 3

Estándares de Ethernet

Especificación	Nombre	Cable	Velocidad	Distancia
10Base2	Ethernet delgado (Thick Ethernet)	Cable coaxial (50 Ohms)	10 Mb/s	185 m
10Base5	Ethernet grueso (Thick Ethernet)	Cable coaxial de diámetro ancho (10,16 mm)	10Mb/s	500 m
10Base-T	Ethernet estándar	Par trenzado (categoría 3)	10 Mb/s	100 m
100Base-TX	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Doble par trenzado (categoría 5)	100 Mb/s	100 m
100Base-FX	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Fibra óptica multimodo (tipo 62,5/125)	100 Mb/s	2 km
1000Base-T	Ethernet Gigabit	Doble par trenzado (categoría 5)	1000 Mb/s	100 m
1000Base-LX	Ethernet Gigabit	Fibra óptica monomodo o multimodo	1000 Mb/s	550 m
1000Base-SX	Ethernet Gigabit	Fibra óptica - multimodo	1000 Mbit/s	550 m
10GBase-SR	Ethernet de 10 Gigabits	Fibra óptica - multimodo	10 Gbit/s	500 m
10GBase-LX4	Ethernet de 10 Gigabits	UTP Cat 6a/cat7	10Gbit/s	100m
10GBase-LX4	Ethernet de 10 Gigabits	Fibra óptica multimodo	10 Gbit/s	500 m

Fuente: (Teran, 2021)

Para realizar la conexión entre las tarjetas de comunicación para los lazos de control se utiliza el medio físico como el par trenzados. En la tabla 3 y 4 se muestra las características técnicas de estos elementos.

⁶ IEEE 802.3 : Institute of Electrical and Electronics Engineers

Tabla 4

Características técnicas de cable para trenzado

Cat.	Velocidad Máxima	Distancia Máxima	Aplicaciones Estándar	Obsoletos	Actuales
3	10Mbps/10Mhz	100m	Ethernet	X	
4	20Mbps/20Mhz	100m	Token Ring	X	
5	100Mbps/100Mhz	100m	Ethernet, Fast Ethernet	X	
5E	100Mbps/100Mhz	100m	Fast Ethernet Video, Voip		X
6	1Gbps/250Mhz	100m	Gigabit Ethernet		X
6A	10Gbps/500Mhz	100m	10Gigabit Ethernet		X
7(sin estándar)	10Gbps/600MHz	100m			X

Fuente: (Teran, 2021)

Tabla 5

Características técnicas Estándar Fibra Óptica

Protocolo	MM 62,5/125 OM1		MM 50/125 OM2		MM 50/125 OM3		MM 50/125 OM4		SM TIOP OS2	
	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda	Long.Onda
	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm	1300nm
Fast Ethernet	30m	2000m	300m	2000m	300m	2000m	300m	2000m	2000m	N/A
Gigabit Ethernet	330m	550m	550m	550m	900m	550m	1040m	550m	5000m	N/A
10Gigabit Ethernet	35m	300m	86m	300m	300m	300m	550m	300m	10Km	40Km

Fuente: (Teran, 2021)

2.4.1. Comunicación RS-485

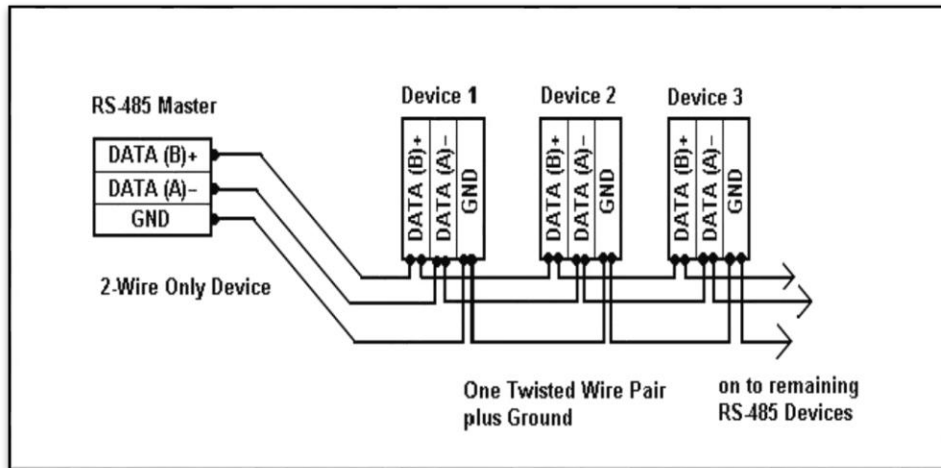
La comunicación RS-485 es una interfaz estándar de la capa física de comunicación, en el modelo OSI se encuentra en el primer nivel, es conocido como TIA-485 o EIA-485, “el estándar es publicado conjuntamente por la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones y la alianza de Industrias Electrónicas (TIA / EIA). Las redes de comunicaciones digitales que implementan el estándar se pueden utilizar de manera efectiva a largas distancias y en entornos eléctricamente ruidosos”. (Weis, Guía de la comunicación RS485, 2021, pág. 32)

Se establece mediante un cable que consta de dos o tres conductores: un conductor para transmitir los datos, otro para transmitir los datos invertidos y, en ocasiones, un tercer conductor que actúa como conexión a tierra, los transmisores y receptores intercambian la información a través de un cable de par trenzado.

La función principal de este sistema es transmitir, Un cable lleva la señal original, mientras que el otro recibe a la inversa de la misma. Esta técnica de transmisión nos ayuda inmunidad a las interferencias en modo común. El tipo de cable de par trenzado utilizado como línea de transmisión puede ser blindado o no blindado, dependiendo de las necesidades y condiciones del entorno. (Weis, Guía de la comunicación RS485, 2021)

Figura 5

Diagrama de conexión RS-485



Fuente: (Weis, Guía de la comunicación RS485, 2021, pág. 33)

La longitud máxima del cable utilizado en las comunicaciones RS-485 es de 1200 metros. No obstante, se recomienda que el producto de la longitud de la línea (en metros) y la velocidad de datos (en bits por segundo) no sea superior a 108. Por ejemplo, un cable de 20 metros permite una velocidad de datos máxima de 5 Mbits/s (Weis, Guía de Comunicación, 2021, pág. 33).

2.4.2. Unidad Terminal Remota (RTU)

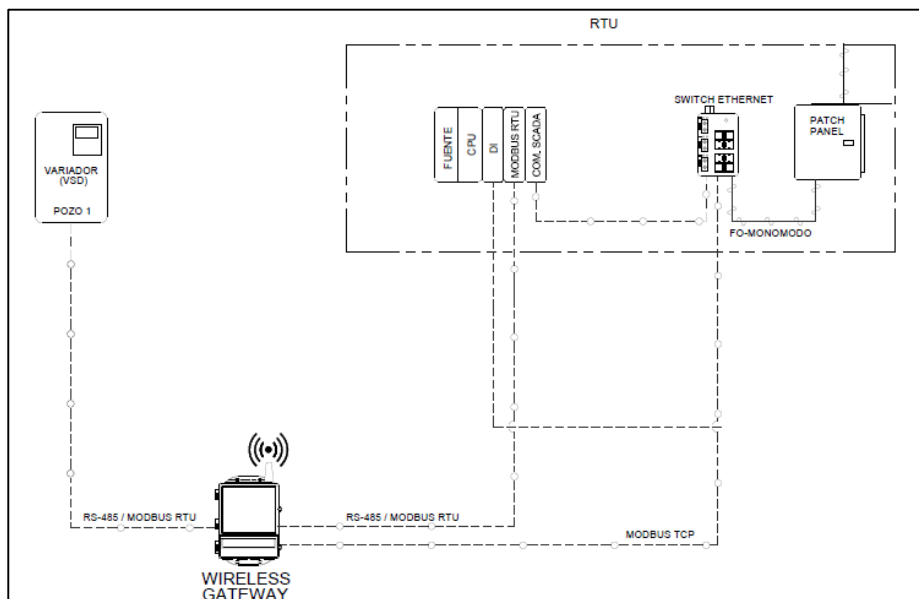
La RTU es un conjunto de dispositivos electrónicos que se basa en microprocesadores, equipos de red y controladores Modbus. Se emplea lazos de control industriales para facilitar la conexión de diversos componentes de hardware a sistemas de control distribuido o local, permitiendo el control y la adquisición de entornos industriales.

La RTU, está conformada por los siguientes elementos

- Fuente de poder: que es la encargada de acondicionar la señal de entrada de 110Vac a 24 VDC, para alimentar a los sistemas internos.
- PLC: dispositivo en el cual están programadas la lógica de control para efectuar desde SCADA los tele comandos de escritura: marcha/paro, control de frecuencia, también se realiza el tratamiento de las señales extraídas de los pozos mediante comunicación serial RS-485 utilizando el protocolo Modbus RTU; así como las señales Wireless provenientes de los transmisores inalámbricos de presión y temperatura instalados en cabezal del pozo.
- Wireless Gateway: que es el encargado de concentrar las señales provenientes de la instrumentación inalámbrica para a su vez enviar al PLC.
- Switch de comunicación: se encarga de comunicar la RTU con la aplicación SCADA.

Figura 6

Modelo de RTU monitoreo de Pozo de petróleo



Fuente(Autor,2023)

2.5. Sistema Monitoreo y control SCADA

El sistema SCADA es un conjunto de sistemas que tienen la responsabilidad de supervisar, controlar y adquirir datos de una planta industrial. Estos sistemas nos permiten visualizar y tomar decisiones en tiempo real con respecto al funcionamiento de la planta.

Algunas de las principales funciones del sistema SCADA incluyen: (Edimar, 2022, pág. 35)

- Obtención de los datos

Los sistemas se comunican por medio de los estándares o protocolos de comunicación como Profibus, Modbus, OPC, Allen Bradle.

- Monitoreo de equipos

El monitoreo de equipos vienen asociado por la instrumentación como son los sensores, instrumentos y distintos elementos de las líneas de producción de la planta, en la parte de monitoreo de pozos se tiene, transmisores indicadores de temperatura y de presión.

Figura 7

Trasmisores de Temperatura y Presión



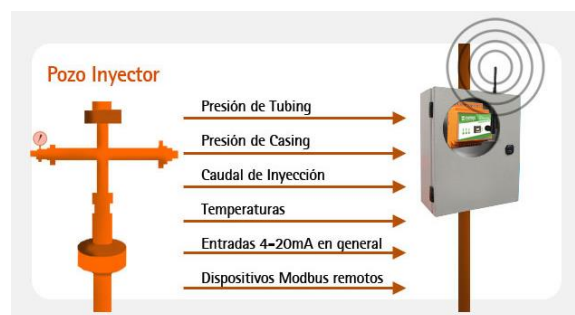
Fuente: (Sistema de monitoreo de pozos, 2021, pág. 35)

2.6. Sistema de monitoreo y control con tecnología Wireless 2.4GHZ

Los dispositivos wRemote, instalados en la cercanía de los pozos productores, realizan la adquisición de las diferentes variables de medición, para su posterior transmisión inalámbrica, a un nodo concentrador o RTU.

Figura 8

Tecnología Wirelles Remote adquisición de datos



Fuente: (Sistema de monitoreo de pozos, 2021)

2.7. Metodología de SCADA

La metodología para un diseño de una red SCADA de monitoreo de pozos se debe seguir tres niveles

- Nivel 0: Instrumentación de campo (medición)
- Nivel 1: RTU para Adquisición de datos
- Nivel 2: Centro de Monitoreo SCADA (Estación Central) sobre una plataforma de comunicaciones en fibra óptica

2.7.1.1. Características de la instrumentación de campo (Nivel 0)

Instrumentación Wireless y Hardware (FS)

- Transmisor de Presión

Para la medida de presión con un transmisor de presión, o un sensor de presión se requiere un sensor que mide el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte en una señal eléctrica. La señal eléctrica indica el valor de presión recibida. Los cuatro principios más importantes son la medida con sensores resistivos, sensores piezoresistivos, sensores capacitivos y sensores piezoeléctricos. (Wika_Presión, 2021, pág. 37)

- Transmisor de Temperatura

Las funciones que cumple un transmisor de temperatura son aislar, amplificar, filtrar ruido, linealizar y convertir la señal de entrada a una señal estandarizada de control. Como ya mencionamos la salida más común es la de corriente 4 – 20 mA, por ejemplo 4 mA puede representar 0 °C y 20 mA 100 °C. (industriales, 2019, pág. 37)

- Transmisor de Nivel

Los transmisores de nivel son dispositivos con una salida de señal eléctrica que se utilizan para indicar de forma remota el nivel de líquidos, polvos o volúmenes. Existen varios tipos de transmisores de nivel, como los capacitivos, flotantes, mecánicos, sumergibles, ultrasónicos y de radar, cada uno con sus características y aplicaciones específicas. (industriales, 2019, pág. 37)

Figura 9

Instrumentación para el monitoreo de pozos



Fuente(Autor,2023)

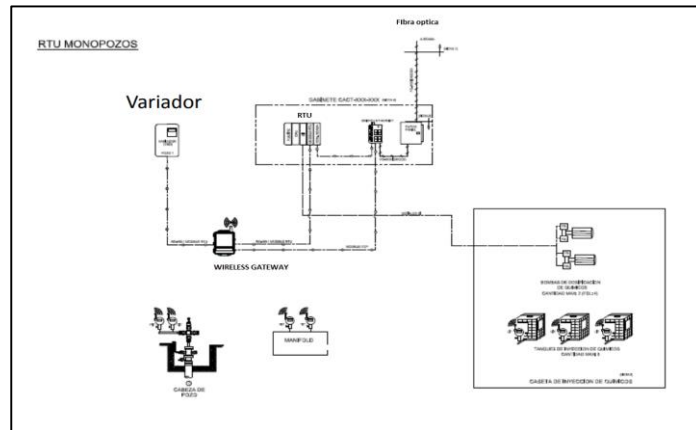
- Adquisición de datos de los variadores (vía Modbus – RTU)

En la adquisición de datos en el monitoreo de pozos existe tres topologías en las plataformas de producción dependiendo de la cantidad de pozo que se quiera obtener los datos para el control.

RTU Mono pozo significa que en la plataforma de producción solo existe un pozo para el monitoreo

Figura 10

Topología de conexión Modbus Mono pozo

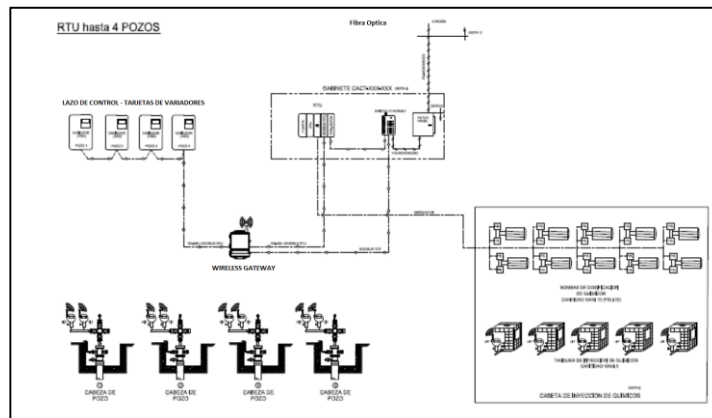


Fuente(Autor,2023)

RTU HASTA 4 POZOS significa que en la plataforma existe hasta 4 pozos de producción para el monitoreo la cual entre las tarjetas de los variadores se realiza un lazo de control y se identifica con una dirección Modbus para adquirir los datos, todo el instrumento se conecta vía Wireless.

Figura 11

Topología de conexión Modbus 4 pozos

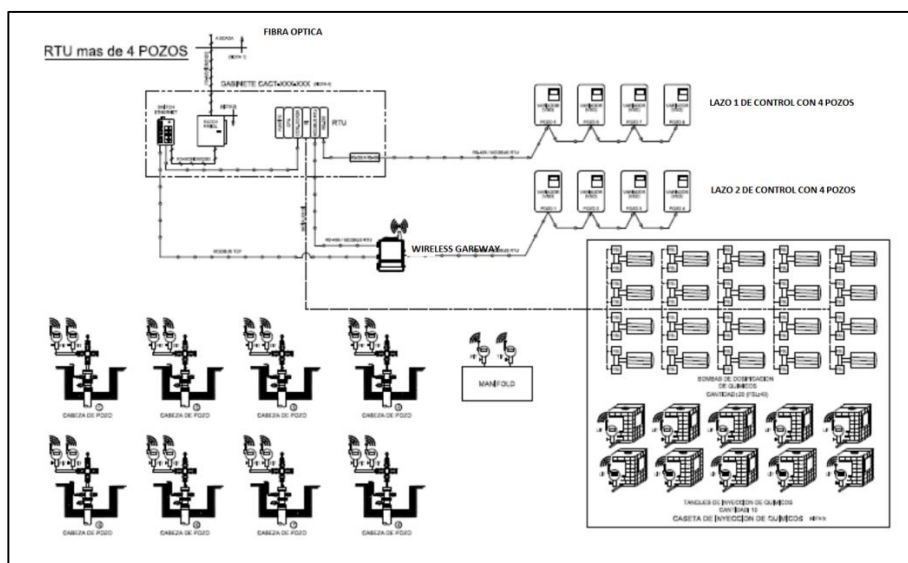


Fuente(Autor,2023)

RTU mas de 4 pozos significa que en la plataforma existe más 4 pozos de producción para el monitoreo, la cual el lazo de control entre las tarjetas de variadores se realiza en grupos de 4 pozos si existe 8 pozos se hace un segundo lazo de control y se distingue con el direccionamiento Modbus.

Figura 12

Topología de conexión Modbus más de 4 pozos



Fuente(Autor,2023)

2.7.1.2. Características de las RTU (Nivel 1)

Las RTU se componen de los siguientes equipos:

- PLC Allen Bradle
 - Plataforma modular y escalable de hasta 3 módulos.
 - Módulos de DI, en los casos que se requieran.
 - Puerto de comunicación Ethernet RJ45
 - Puerto de comunicación RS485 para comunicación serial, con capacidades de

comunicación Modbus Master/Slave (Variadores, gateway)

- Alimentación de 120 VAC y fuentes Siemens de 24VDC con respaldo de 30 minutos.
- Switch Ethernet Layer 2, marca CISCO modelo IE3000 con 4 puertos de cobre RJ45 y dos puertos de fibra monomodo conector LC (switch solicitado por IT de PAM).
- Patch panel de 24 a 48 puertos de fibra LC
- Panel Rittal de Acero Inoxidable, NEMA 4X.

Figura 13

Componentes del tablero RTU



Fuente(Autor,2023)

2.7.1.3. Características de la Fibra Óptica

La red de Fibra óptica del presente estudio constituye la extensión de un anillo de la red existente para cubrir todas las locaciones a intervenir (5 locaciones) una distancia de 15kmt.

La mayor parte de la trayectoria será aérea con cable ADSS de 12 hilos y unos pocos tramos con fibra armada, sea directamente enterrada o canalizada.

Figura 14

Cable y manga de empalme de fibra óptica



Fuente(Autor,2023)

2.7.1.4. Arquitectura de SCADA y requerimientos de Hardware

- Adquisición y procesamiento de datos en tiempo real (variables de proceso y estampa de tiempo).
- Visualización en tiempo real (a través del HMI) de todos los nodos (RTU 's).

- Generación de alarmas ante desvíos de todas las variables de proceso y a nivel de equipos (nodos) que integran el SCADA.
- Análisis de Tendencias – Informes y reportes
- Comunicación de todas las variables de proceso (RTU) hasta la Estación Central Drago donde se albergará los servidores y equipamiento

2.7.1.5. Requerimiento de Hardware

Servidor

- Standard de infraestructura de Rockwell VIRTUALIZATION FOR PROCESS AUTOMATION SYSTEMS Vmware Compatibility Guide, el dimensionamiento de la cantidad de CPU y RAM será tal que opere al 60 % de su capacidad (10.000 tags).
- Sistema de almacenamiento RAID 1 físico y compatible con las aplicaciones Vmware utilizadas (capacidad de 1 año todas las variables, eventos y estampas de tiempo)
- 1 Estación de Ingeniería
- 1 Estación de Operación
- 1 Switch Ethernet
- 1 Master Clock tag: CK-CEN-001 (GPS u oscilador Cs o Rb)

2.7.1.6. Requerimiento de Software

Servidor físico se implementará la virtualización basada en aplicaciones Vmware (Vmware vSphere Enterprise Plus).

- SISTEMA OPERATIVO

El sistema operativo para los servidores (Base de Datos, HMI, Históricos) será Windows Server 2018 R2 Standard Edition, SP 2, para las estaciones de Ingeniería y Operación: Windows 10 Professional, SP 2.

- SOFTWARE SCADA

Factory Talk Site Edition (SE) con Factory Talk View SE como plataforma de HMI.

- Multi-cliente, multi-servidor distribuidos.
- Multiprotocolo para comunicación con sus nodos
- Escalabilidad en términos de nodos, variables y pantallas.
- Control de acceso
- Capacidad de distribuir información a todos los clientes asociados sin tener que generar duplicados de las mismas en cada estación de operación.

- LICENCIAS

Se suministrarán las licencias para el desarrollo, verificación, comisionado, y operación normal del sistema SCADA.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Hipótesis de trabajo

El sistema SCADA aplicado al monitoreo de los 56 pozos que pertenecen al campo DRAGO ayudara a mejorar los tiempos de respuesta ante posibles contingencias presentadas en los pozos.

3.1.2. METODOLOGÍA

Considerando, que este trabajo tiene un enfoque aplicado al manejo de los parámetros relacionados con el comportamiento de producción del campo DRAGO, el método de investigación que se aplicará será con un enfoque cuantitativo, mediante el cual se busca probar desde un punto deductivo y secuencial que la implementación del sistema SCADA en el campo petrolero permitirá manejar y administrar de una forma más eficiente las respuestas los eventos ante posibles contingencias.

A continuación, se detallará el método general de investigación, la modalidad y las respectivas técnicas que se utilizaran.

- Método Inductivo

El razonamiento inductivo es un tipo de pensamiento en el cual la verdad de las hipótesis respalda, pero no asegura la validez de la conclusión.

- Método de Análisis

El método analítico es un enfoque que consiste en descomponer un conjunto en sus elementos fundamentales, lo que implica ir de lo general a lo particular. También puede entenderse como un proceso que parte de los fenómenos para llegar a las leyes, es decir, de los efectos a las causas. (QuestionPro, 2023, pág. 46)

- Método de Síntesis

Es una forma de razonamiento científico. El cual tiene como objetivo principal resumir los aspectos más relevantes de un proceso.

3.1.3. Modalidad

Se utilizará la modalidad descriptiva ya que explicaremos el sistema que se busca implementar después del diseño planteado.

- Descriptiva

3.1.4. Técnicas para el desarrollo del estudio

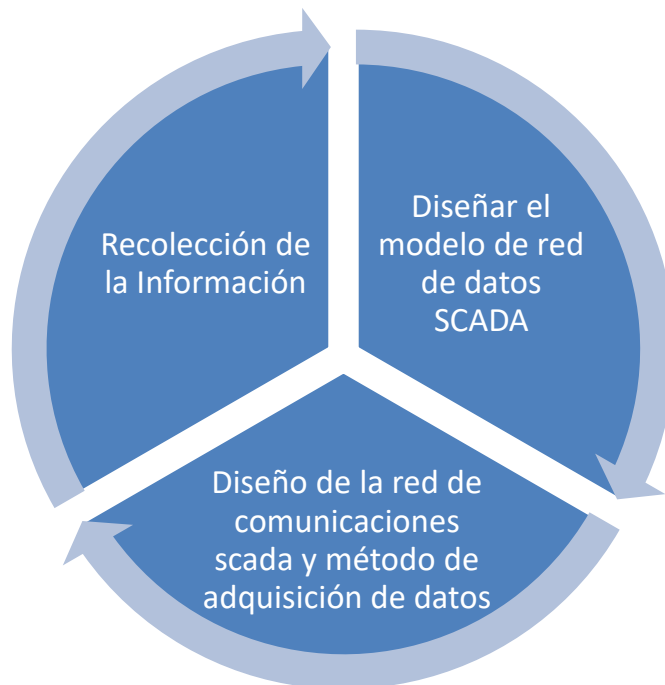
- Consulta a Expertos
- Experiencias en proyectos de monitoreo de pozos
- Manejo de software

3.2. Diseño de Investigación

Considerando el enfoque cuantitativo, es necesario establecer un procedimiento secuencial que nos permita probar la hipótesis planteado y a la vez presentar la solución al problema planteado, para ello se propone el siguiente procedimiento establecido en tres etapas tal como se muestra en la figura a continuación:

Figura 15

Procedimiento de la propuesta planteada



3.2.1. Etapa 1 Recolección de la Información

En esta etapa nos enfocaremos a determinar la información existente del campo que nos pueda ayudar a acotar el problema de investigación. Esta información está relacionada con las características de la infraestructura de red que al momento se encuentra operando en el campo Drago, el sistema de monitoreo que actualmente está en producción, los parámetros de producción que se miden en cada uno de los pozos y las facilidades constructivas que se

tiene actualmente en cada plataforma.

Definida la etapa 1 se procede a filtrar la información con la finalidad de mejorar la calidad de datos que voy a utilizar en la etapa 2.

3.2.2. Etapa 2 Diseñar una red de datos de comunicación y SCADA robusta

En esta etapa se busca diseñar una red de datos robusta tanto física y lógica para el monitoreo de pozos en tiempo real, se realizará el estudio de la Fibra óptica que comunicará todas las plataformas de producción y así garantiremos la confiabilidad de los datos tomados desde las RTU, además se tendrá redundancia en la parte lógica en equipamiento de networking, para cuando existe alguna falla en la parte física de la red, se mantenga el funcionamiento y así mantener el 100% de confiabilidad en la red SCADA.

Con el uso de las RTU la cual son utilizadas para la obtención de datos de los sensores de fondo de pozo se comunican con los variadores de frecuencia mediante la interfaz RS-485 que permite la comunicación multipunto y permite a este comandar hasta 32 dispositivos esclavos en este caso serían los variadores, siendo la RTU (Unidades Terminal Remota) el que comanda el intercambio de información mediante el protocolo de comunicaciones Modbus, el intercambio de información se da en forma digital y utiliza el protocolo comúnmente utilizado por la mayoría de marcas de variadores utilizando conexiones RS-485 siendo simple y flexible permitiendo la transferencia de datos por un par de cables en velocidades que van desde 9600 bps a 115000 bps operando de forma maestro-esclavo siendo la RTU con PLC micrologix el maestro.

Los datos transmitidos por los Variadores (esclavos) hacia la RTU especifican

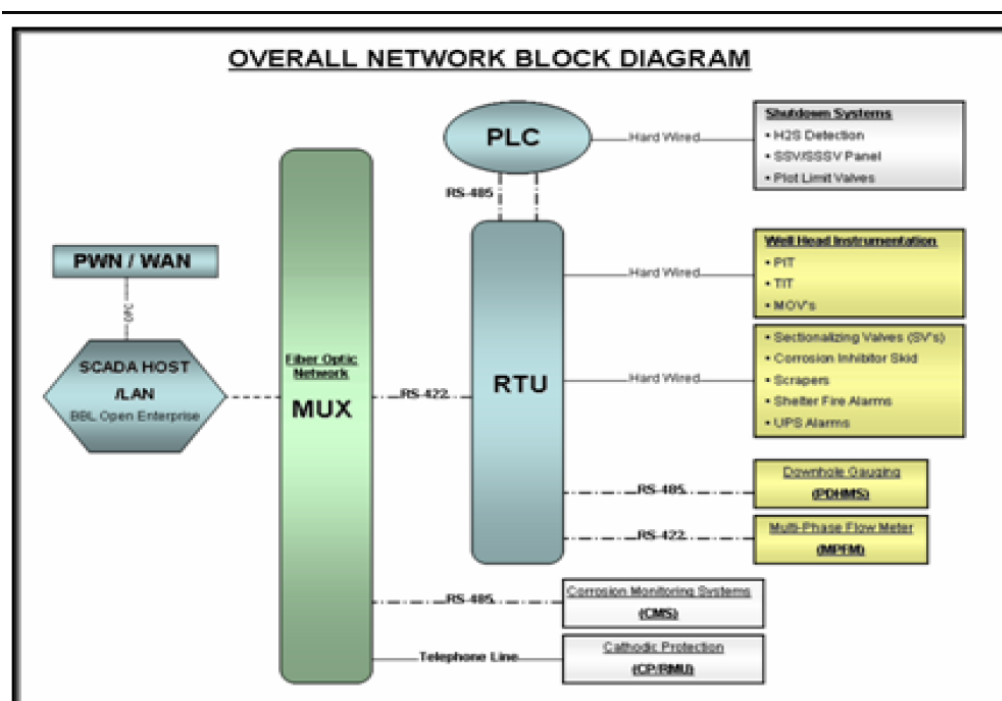
direcciones establecidas por los fabricantes teniendo formatos fijos y secuencia de tramas establecidas con manejo de errores, bits de parada, paridad y tipo de paridad de los bits transmitidos.

El procedimiento específico de esta etapa se menciona a continuación:

1. Defina y documente la infraestructura de adquisición y entrega de datos de los campos existentes y la estructura de soporte.
2. Definir y documentar las plataformas existentes para la adquisición de datos.
3. Evaluar el estado actual de la infraestructura de adquisición y entrega de datos de del campo Drago y la estructura de soporte.
4. Definir una arquitectura de infraestructura de entrega y adquisición de datos aprovechando las inversiones en infraestructura existentes para actualizar los campos existentes.
5. Resuelva problemas de implementación y configuración en la infraestructura de entrega y adquisición de datos del campo Drago.
6. Incorpore la arquitectura, las especificaciones y las pautas de I-Field en los estándares de ingeniería existentes de la empresa.
7. Mantener la arquitectura, las especificaciones y las directrices desarrolladas.

Figura 16

Diagrama general de bloque de redes



Fuente: Al Dhubaib,2008

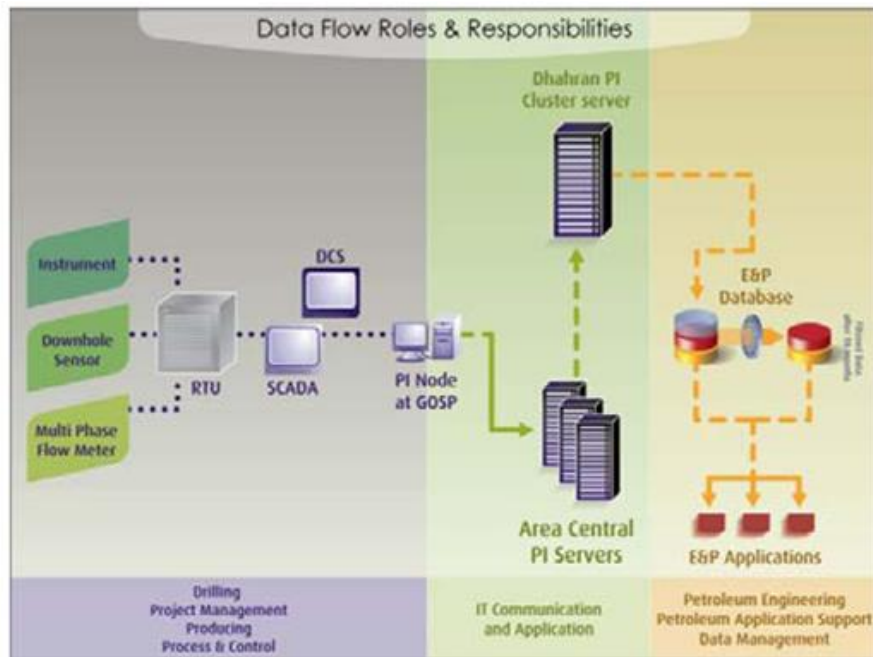
3.2.3. Etapa 3 Diseño de infraestructura HMI y requisitos de software y hardware

Diseñada la red física de datos por donde se va a trasportar las variables de cada sensor y tarjeta de comunicación de los variadores, tenemos que tener una interfaz hombre-máquina donde visualizaremos en forma gráfica la información en tiempo real y tener el control de todos los parámetros a monitorear

Mediante un servidor computarizado se podrá observar el comportamiento de los datos a través del monitoreo en tiempo real, los cuales ayudarán a tomar decisiones oportunas evitando problemas en el control de la producción del campo Drago.

Figura 17

Servidor de redes



Fuente: Al Dhubaib,2008

- **Variables independientes:**
 - Tiempo
- **Variables Dependientes:**
 - Red de datos
 - Presión
 - Temperatura
 - Encendido de variador
 - Apagado de variador

- Frecuencia de salida
- Temperatura
- Voltaje

3.3. Unidades de Estudio

3.3.1. Población

La población considerada en este estudio serán los 56 pozos que pertenecen al campo Drago de los diferentes PAD, los cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- Drago A - 10 pozos
- Drago B - 9 pozos
- Drago DRTA – 10 pozos
- Drago C – 8 pozos
- Drago D – 10 pozos
- Drago E - 7 pozos

3.3.2. Muestra

Para el desarrollo de este estudio se utilizarán los pozos del PAD A correspondiente únicamente a 10 pozos, los cuales serán conectados al sistema SCADA.

Tabla 6

Pozos de la plataforma Drago PAD A

POZO	PSI	BFPD	BPPD
DRRA-006UI	90	722	353,78
DRRA-011UI	50	360	97,2
DRRA-014S1UI	30	340	231,2
DRRA-015UI	55	1680	487,2
DRRA-035S1UI	30	1590	63,6

DRRA-048UI	45	849	110,37
DRRA-001UI	30	180	90
DRRA-042UI	55	200	56
DRRA-020TI	34	124	85
DRRA-043UI	45	180	90

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizará para la recolección de datos será:

- Consulta a Experto
- Experiencias en proyectos de monitoreo de pozos petrolero
- Manejo de software de producción para descargar datos referentes a la producción de cada uno de los pozos.

Además, los instrumentos que se utilizarán serán:

- Libros
- Manuales
- Base de datos

3.5. Técnica de Análisis de Datos

La principal técnica de análisis de datos corresponderá al uso de los principios estadísticos, tales como media aritmética, desviación estándar diagrama de Pareto y determinación de series temporales.

En el caso de que no existan datos, estos se los generar mediante la regresión lineal, simple o múltiple.

3.6. Operacionalización de Variables

Tabla 7

Operacionalización de Variables

VARIABLE/TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	FUENTE DE INFORMACIÓN
Tiempo/Dependiente	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Parámetro necesario para controlar las respuestas durante la operación de producción de los pozos de petróleo.	Reporte de funcionamiento del sistema de producción en cada uno de los pozos.	Archivos de informes de producción
Red de datos/Independiente	Son infraestructuras que han sido creadas para poder transmitir información a través del intercambio de datos. Es decir, son arquitecturas específicas para este fin.	Parámetro primordial la cual damos el camino por donde vamos transmitir los datos desde las RTU hacia los servidores	Conectividad entre los nodos hasta el cuarto de control	Archivo de informe de conectividad
Presión/Independientes	Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.	Parámetro obtenido a través de las pruebas de presión mediante sensores en el fondo del pozo.	Pruebas de presión	Archivos de los pozos

Temperatura/Independiente	Es una magnitud escalar directamente relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.	Parámetro medio en el fondo del pozo a través de sensores	Pruebas de producción	Archivos de los pozos
---------------------------	--	---	-----------------------	-----------------------

Encendido de variador/Independiente	Puesta en marcha del variador para encender el motor de fondo	Acción que realiza el operario de campo para encender el motor mediante el variador una vez que se restablecen las operaciones.	Informes de mantenimientos o contingencias.	Archivos de los pozos
-------------------------------------	---	---	---	-----------------------

Apagado de variador/Independiente	Acción que permite apagar el motor de fondo	Acción que realiza el operario de campo para apagar el o el paso de fondo mediante el variador cuando se presenta un problema en el pozo de producción	Informes de mantenimientos o contingencias.	Archivos de los pozos
-----------------------------------	---	--	---	-----------------------

Velocidad del motor/Independiente	Capacidad para proporcionar una alternancia desde una posición de parada hasta la velocidad máxima con bastante facilidad y eficiencia	La velocidad del motor de fondo del sistema BES se la controla desde superficie a través del variador de velocidades, con la finalidad de incrementar la producción de fluidos.	Informes de producción	Archivos de los pozos
-----------------------------------	--	---	------------------------	-----------------------

Temperatura del motor/Independiente	Es una magnitud escalar directamente relacionada con la energía interna del motor	Parámetro importante durante el trabajo del motor de fondo del sistema BES, este parámetro se lo monitorea en superficie a través del display ubicado en el variador de velocidades.	Informes de producción	Archivos de los pozos
-------------------------------------	---	--	------------------------	-----------------------

Voltaje/Independiente	El voltaje mide la energía que obtendrá una carga si se mueve entre dos puntos del espacio.	Es el parámetro controlado desde superficie a través del variador de velocidades, este parámetro es importante para el accionamiento y funcionamiento del motor de fondo del sistema ESP.	Informes de producción	Archivos de los pozos
-----------------------	---	---	------------------------	-----------------------

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4. Recopilación y análisis de infraestructura de red Campo Drago

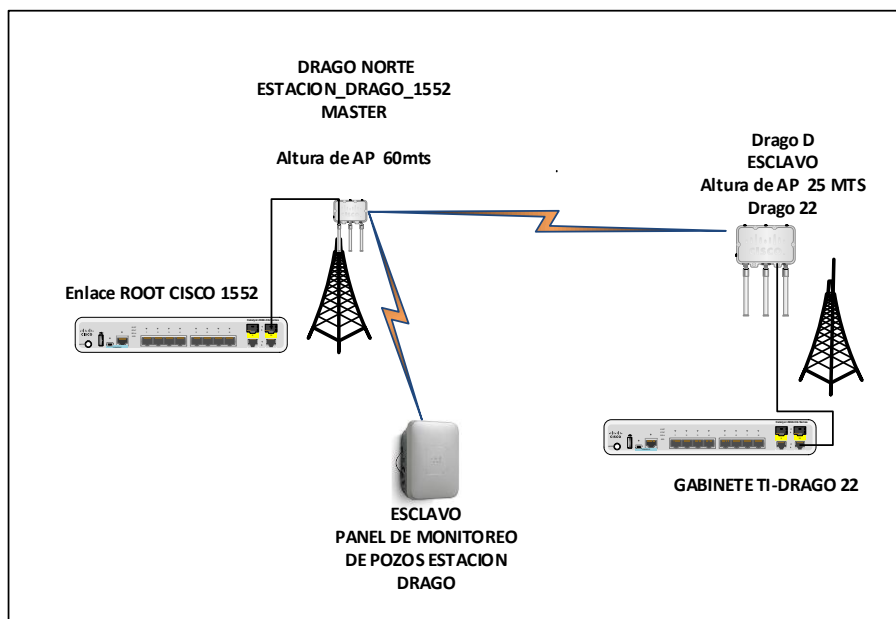
4.1. Red de datos

El campo Drago actualmente se maneja una topología de red vía Wireless con la frecuencia de operación de 2.4 GHz en banda libre con equipamiento de marca CISCO en modo Autónomo y una topología de red de master - esclavo

En la Estación Drago actualmente se dispone de una torre de comunicaciones de 70mts auto soportada, donde está instalado el ROOT marca Cisco modelo AP1552 principal con tres antenas de 23 DBM grilla que van direccionadas a los siguientes PAD⁷ como se indica en la topología de red

Figura 18

Topología de red en las plataformas Drago Central y Drago D

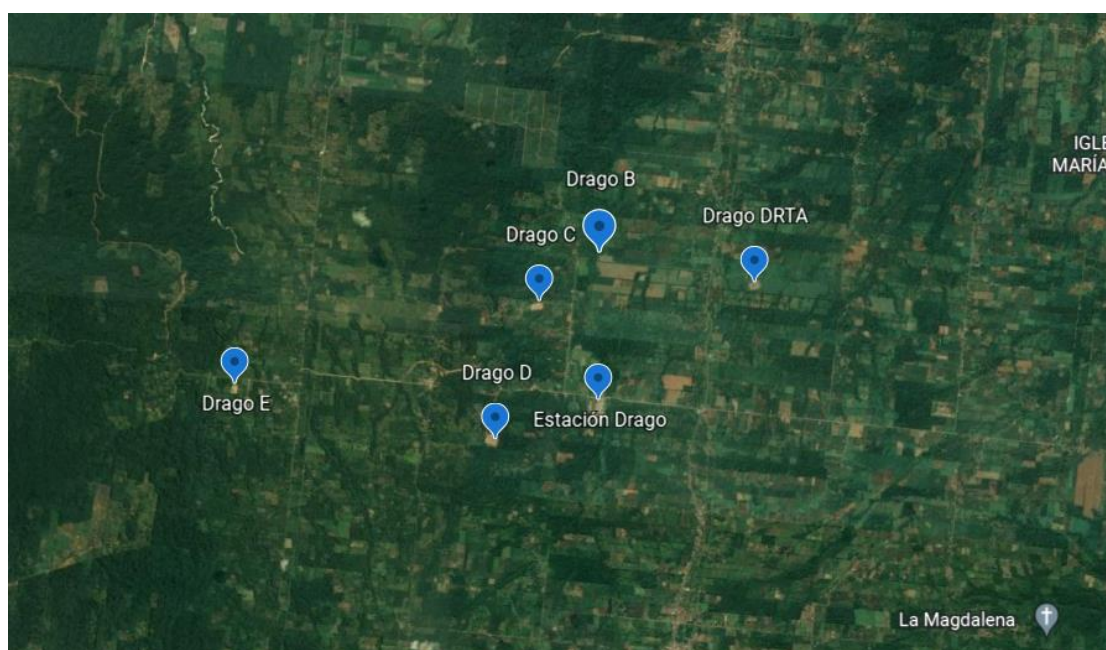


⁷ PAD:Plataformas de pozos de producción

Como se aprecia en la topología al momento se dispone solo de dos plataformas con red vía Wireless Estación Drago y Drago D con un panel de comunicación, las demás plataformas carecen de infraestructura de red y facilidades para su funcionamiento la figura 19 se muestra las plataformas de producción donde se encuentran ubicadas Geográficamente.

Figura 19

Ubicación de plataformas de campo Drago



Fuente(Autor,2023)

Las plataformas que tienen monitoreo de pozos poseen un gabinete de comunicación llamados Paneles TOAS la cual consta de una fuente de 24 V, un Switch CISCO IE3000, un ODF de Fibra óptica, conversores RS485 a Ethernet y un UPS de 1KVA.

Figura 20

Panel de comunicación TOAS



Fuente(Autor,2023)

El diagrama de conexión que actualmente se tiene para el monitoreo de pozos actualmente se basa en la comunicación modbus RS- 485 desde las tarjetas de los variadores, la cual con un conversor de 485 a Ethernet se envía los datos hacia los servidores del sistema actual Lowis mediante direcciones Modbus y registros.

Cada conversor se asigna una dirección IP y el puerto por donde va a transmitir, la cual se usa el puerto 4001 – 4002, en cada tarjeta de variador se asigna:

- MODBUS SLAVE
- SITE ADDRESS (Dirección Modbus) del 1 al 5
- Baud Rate
- Option Port
- Puerto de comunicación es RS232 para 232 y 485.

La programación de variables para la comunicación con el UDS (Unidad de Supervisión y Control) desde el variador UniConn de SLB, Baker y otros tipos de VSD (Variadores de Velocidad) se asemejan en el menú de las tarjetas de comunicación. Es importante considerar los parámetros mencionados anteriormente para lograr la comunicación entre el convertidor y la tarjeta, y luego enviar los datos a través de la red al servidor OPC, la cual es un estándar de comunicación ampliamente utilizado en el ámbito del control y supervisión de procesos industriales, basado en tecnología Microsoft, que proporciona una interfaz común para la comunicación y permite la interacción y el intercambio de datos entre componentes de software individuales. La comunicación OPC se realiza mediante una arquitectura cliente-servidor. (CONTROL, 2016, pág. 60)

- COMM CARD
 - Tiene 4 puertos de comunicación, uno para el Variador, otro para el sensor de fondo y dos se los puede utilizar para la comunicación al UDS.

Figura 21

Tarjeta de variador SLB



Fuente(Autor,2023)

Figura 22

Option Port puerto de LOWIS

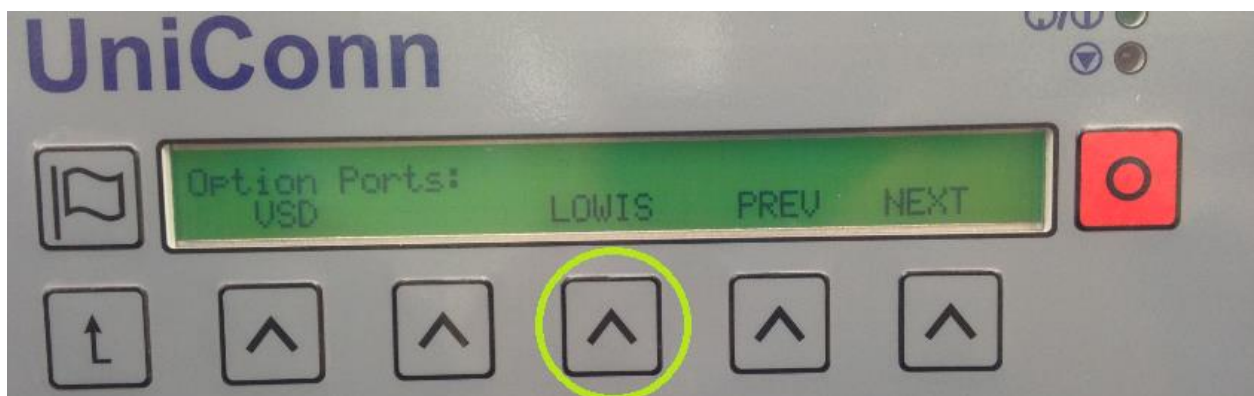


Figura 23

Modbus SLAVE

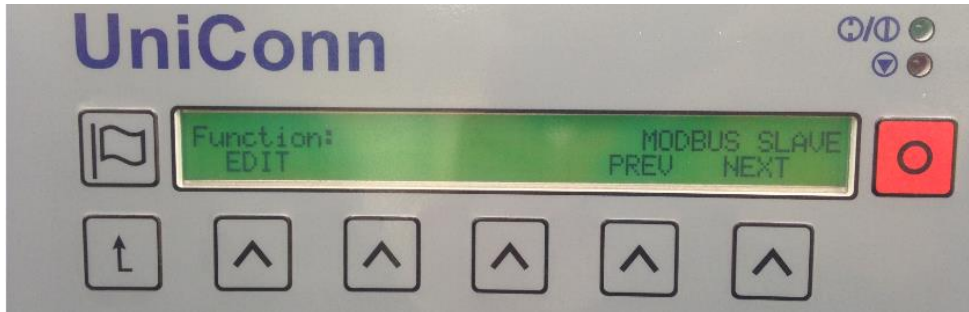


Figura 24

SITE ADDRESS (Dirección Modbus) del 1 al 5

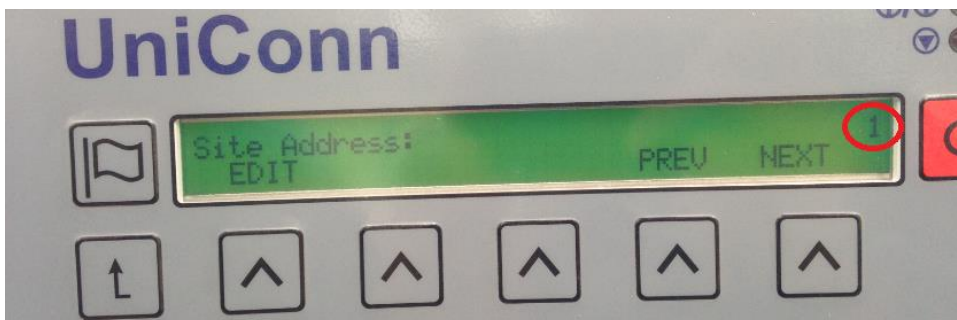


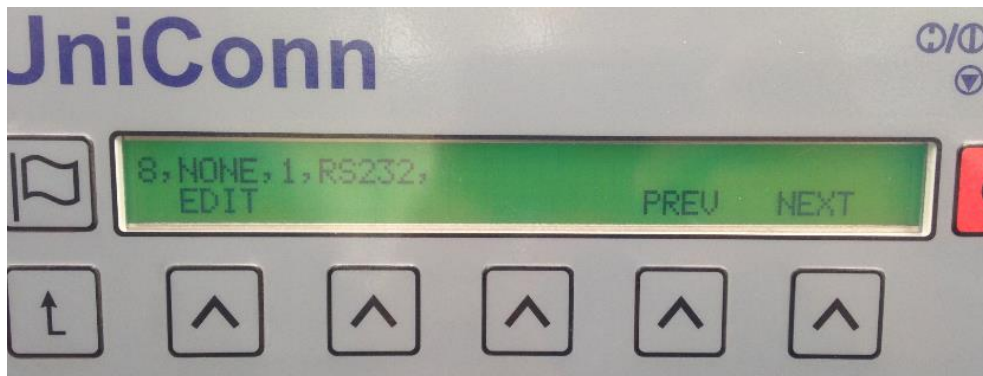
Figura 25

Baud Rate 9600



Figura 26

Puerto de comunicación es RS232 para 232 y 485



4.2. Comunicación desde las RTU hacia Servidor OPC - Lowis

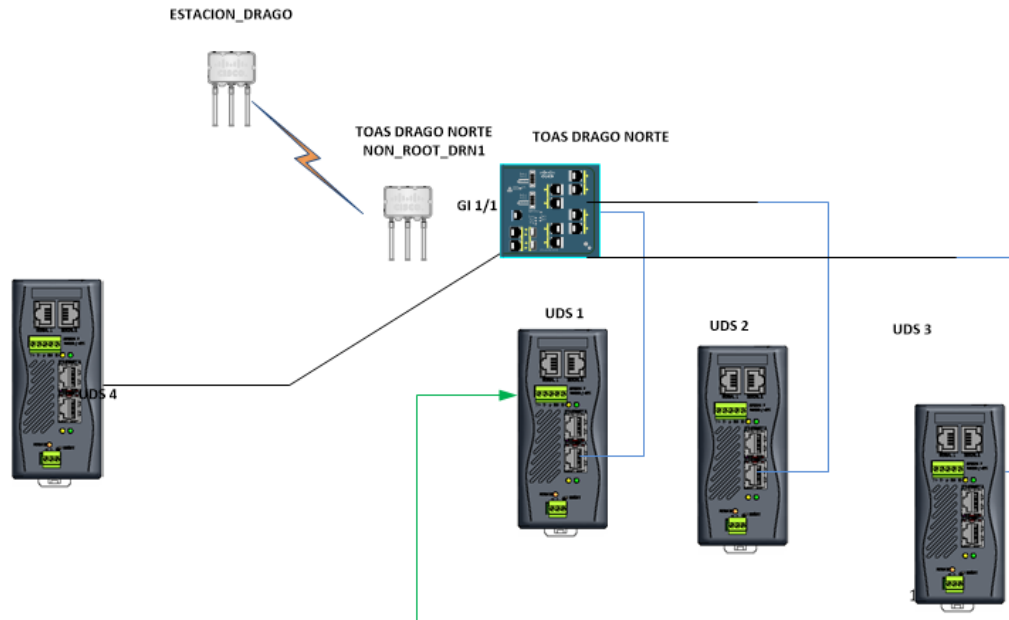
Para la ejecución de las pruebas de comunicaciones, existe 2 maneras de realizarlo: localmente y remotamente.

- PRUEBAS LOCALES

Para la realización de pruebas localmente, se utiliza la herramienta ModView NT, adicionalmente es importante identificar el lazo de comunicaciones al cual pertenece el variador y equipo controlador de fondo, de manera que se determine el UDS. Para referencia, existen diagramas elaborados por el departamento de TI y Mantenimiento ubicados en los paneles TOAS en los cuales se muestran las conexiones de UDS, direcciones IP de los mismos, pozos conectados a cada lazo y direcciones ModBus configuradas en las tarjetas controladoras de los variadores y equipos controladores de fondo, información que nos servirá para las pruebas a realizar.

Figura 27

Diagrama de lazo de control y direccionamiento Modbus



Lazos de comunicación RS-485
VSDs / ISPs

LABELS	
■	UTP CABLE (8 wires)
■	CONTROL CABLE (3 wires)
—	FIBER OPTIC (2 fiber TX/RX)

#Lazo	#UDS	IP	# vsd	Dirección Modbus	Puerto de Comm	VSD
1	1	x.x.x.x	DRRA-015UI	4	4001	BAKER
			DRRA-035S1U	1		GE
			DRRA-048UI	2		GE
2	2	x.x.x.x	DRRA-020TI	1	4002	GE
3	3	x.x.x.x	DRRA-011HS	4	4001	BAKER
			DRRA-011UI			SLB
4	4	x.x.x.x	DRRA-042UI	1	4001	BAKER
			DRRA-001UI	0		BAKER
			DRRA-006UI	3		GE
			DRRA-043UI	2		

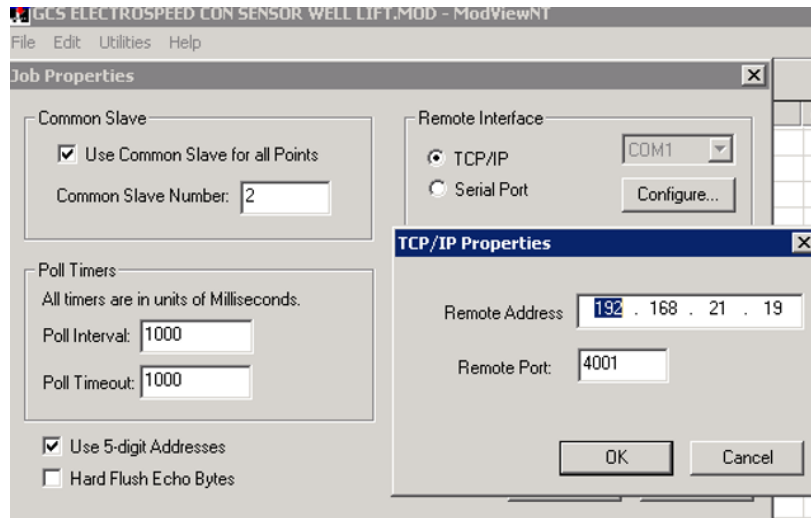
Al ingresar un pozo a monitoreo en el sistema Lowis, se revisa el direccionamiento IP del convertor de RS485 – Ethernet (UDS) y el lazo de control a cuál está conectado la cual se tienen en diagramas de conexión.

Con las herramientas de mapeo modbus recolectamos la DATA de la tarjeta de variador la cual nos indica frecuencia, velocidad del motor, temperatura y corriente a continuación indicaremos una prueba del pozo DRRE-038.

El pozo DRRE-038 tiene una dirección IP 192.168.21.19 y una dirección Modbus 2 el conversor se comunica en el puerto 4001.

Figura 28

Mapeo Modbus Software ModviewNT



Al momento que leemos los datos y direcciones modbus empezamos a recolectar la DATA en cada dirección teniendo estos parámetros se concluye las pruebas locales en los pozos de producción se conecta el UDS a la red de datos la cual el servidor OPC se encarga de recolectar los datos enviados, son graficados y presentados en el sistema Lowis para el personal que interpreta los datos.

Figura 29

Mapeo de variable pruebas locales

The screenshot displays three main components of the ModViewNT software interface:

- Variable Mapping Table:** A table with columns for Value, HEX, Name, Common S..., Register, Data Type, and Comment. It lists various sensor and actuator variables such as Scaled Output Current, AB/BC/CA Volts, Efficiency of Power usage, Voltage Imbalance, Current Imbalance, Motor runtime, Output Frequency, Intake Pressure/Temperature, Downhole Current (A, B, C), Electronics Temp, Phase A/B/C Current, Discharge Pressure/Temperature, System Current, Vibration (X, Y), and Well Head Pressure/Temperature.
- Modbus Message Log:** A window showing a list of Modbus messages with timestamps and hexadecimal data, including REC (Receive) and POL (Poll) messages.
- MatrikonOPC Server Configuration:** A window titled "MatrikonOPC Server for SCADA Modbus - lgawopc01.xml" showing network host settings for "Uds_3". The settings include:
 - Name: Uds_3 (Enabled)
 - Description: UDS 3 DRAGO
 - Host name / IP: 192.168.21.19
 - Service name / Port: 4001
 - Socket Timeout: 1000 milliseconds
 - Reconnect Delay: 3000 milliseconds

At the bottom of the ModViewNT window, a status bar shows "POLLING" at "192.168.21.19:4001" with "Poll number 16". A statistics window in the bottom right corner shows: Sent: 83, Received: 56, Timed Out: 27, Retried: 15, Failed: 3, Overrun: 0.

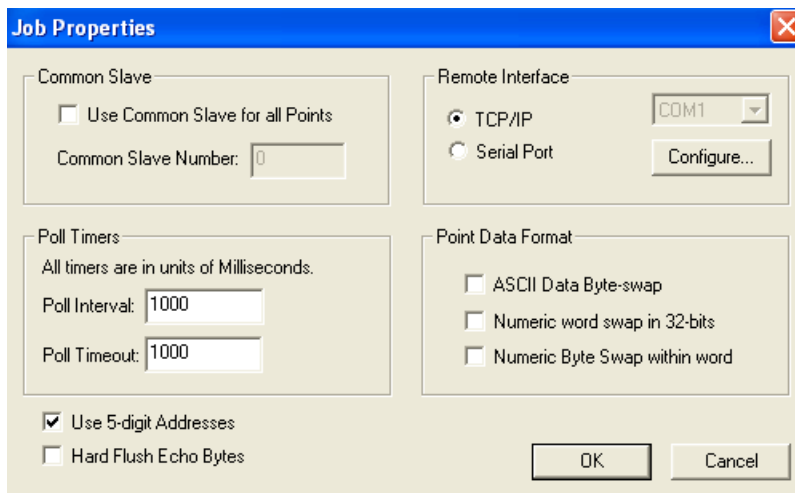
4.3. Configuraciones y mapeo Modbus en servidor OPC

Las configuraciones en el ModView NT son las siguientes:

Ingresar a File – Properties

Figura 30

Ingreso de parámetros ModView NT



En la ventana Job Properties se debe configurar los siguientes campos:

- Marcar el check box Use Common Slave for all Point
- El Common Slave Number hace referencia a la dirección ModBus configurada en la HMI del variador a probar (se puede obtener de los diagramas adjuntos en los paneles TOAS)
- Marcar el Remote Interface como TCP/IP

En el campo de Remote Interface, ingresara la configuración a través del botón Configure.

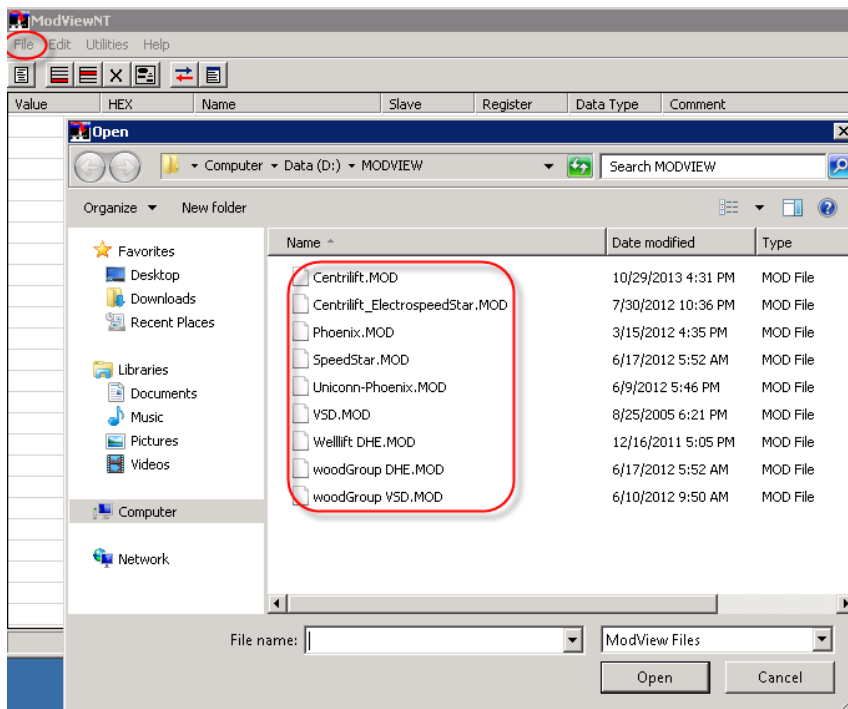
En esta ventana se debe ingresar la dirección IP del UDS al cual nos estamos conectando, y adicionalmente la dirección del puerto debe ser configurada con el valor 3041.

Cada variador tiene una plantilla ya definida por tipo de controlador con el que se realiza las pruebas, con las plantillas predeterminadas cargadas con las direcciones MODBUS de acuerdo al mapa enviado por el fabricante, lo que nos ayudaría a optimizar el tiempo de las pruebas cargando solamente los registros más relevantes.

Para hacer estas pruebas tenemos que ejecutar el ModviewNT y en la opción file seleccionar Open. En ese momento se despliegan los archivos .MOD con el nombre del controlador lo que facilita y el optimiza el tiempo de pruebas.

Figura 31

Plantillas para leer las tarjetas de los variadores

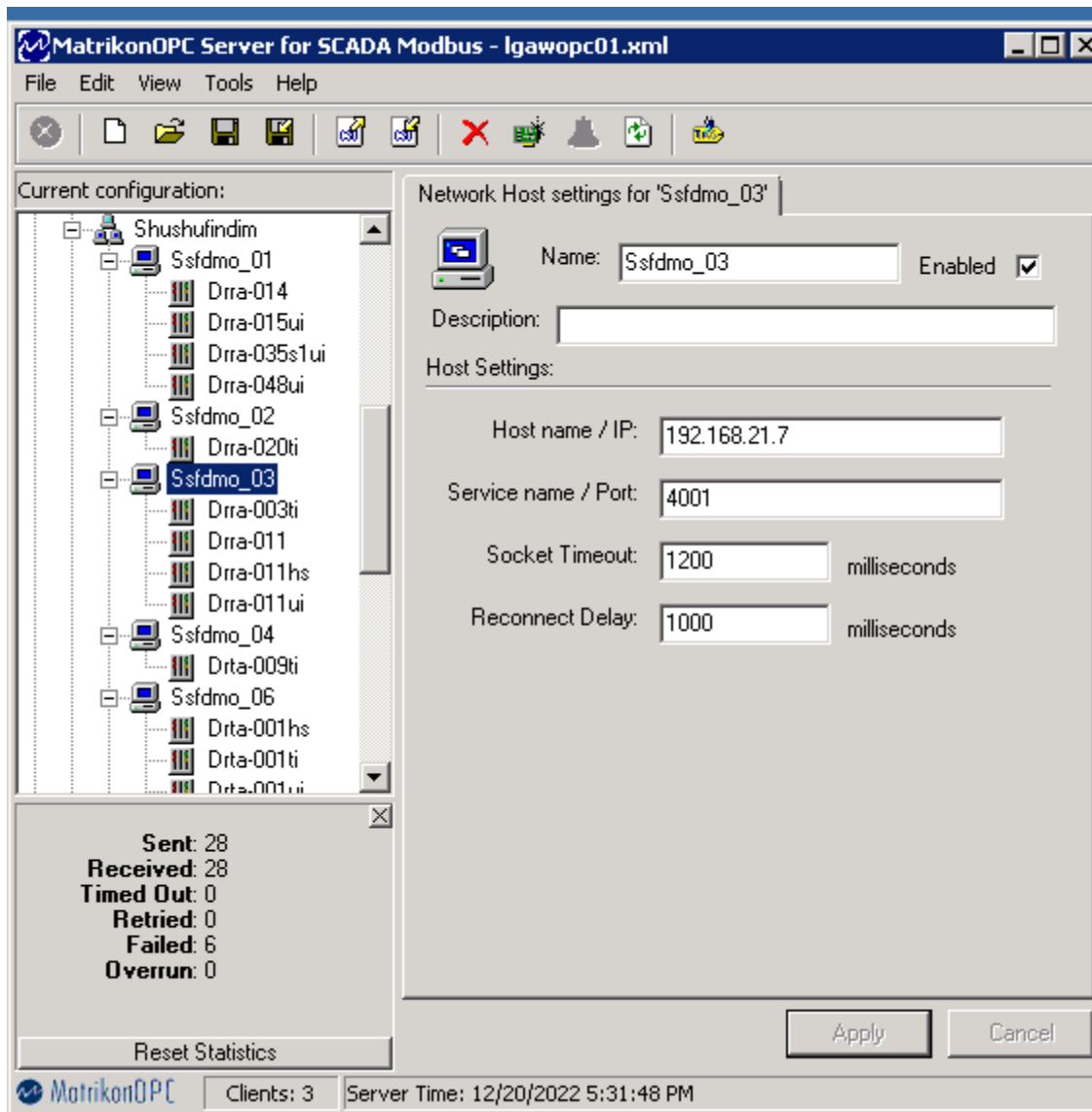


Cargada la plantilla y con las direcciones IP del convertidor y dirección Modbus del variador se procede a leer registro y variables de los sensores de fondo las cuales son los parámetros a monitorear

de del UDS puerto y dirección Modbus, como las plantillas estas definidas se verifica los datos a monitorear.

Figura 33

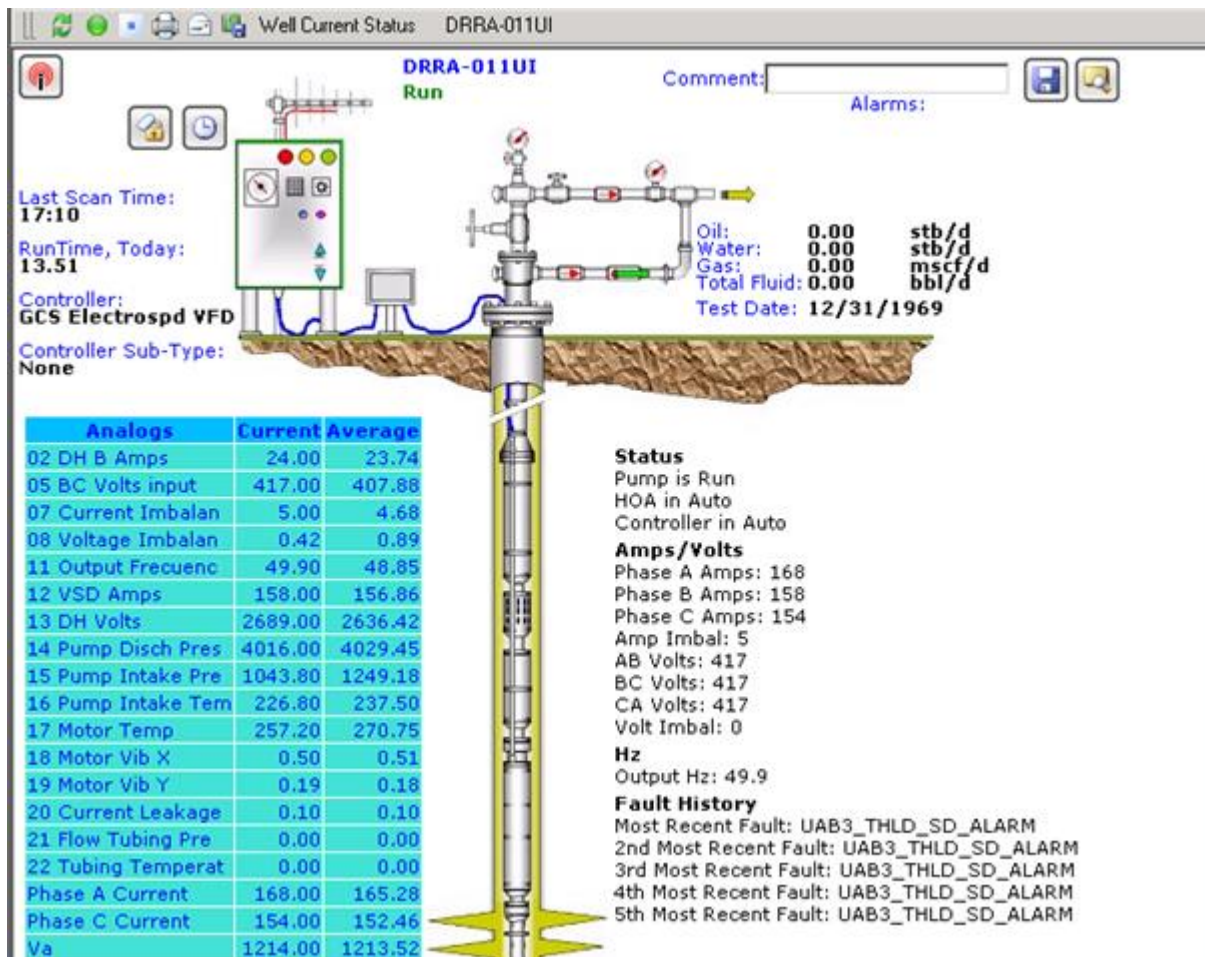
Configuración Servidor OPC



En la figura 34 se visualiza los parámetros de la tarjeta del variador y motor de fondo de un pozo en producción la cual solo es monitoreo no se puede interactuar ni prende ni apagar los pozos, por eso es la necesidad de tener una red SCADA y tener una infraestructura de red confiable y robusta para tener control en la planta.

Figura 34

Monitoreo de pozo en sistema Lewis



CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

5. Presentación de Propuesta

En la presentación de propuesta del sistema de monitoreo de pozos en SCADA del campo Drago se planteará el diseño de modelo tanto la red de datos, equipos activos y el diseño de adquisición de datos y monitoreo.

5.1. Diseño de la de Fibra Óptica, adquisición de datos de la red SCADA

En este diseño se presentará una solución de red de fibra óptica para el campo Drago, tomando en cuenta que la red actualmente tiene conectado dos plataformas mediante red Wireless con licenciamiento gratuito de las 6 plataformas.

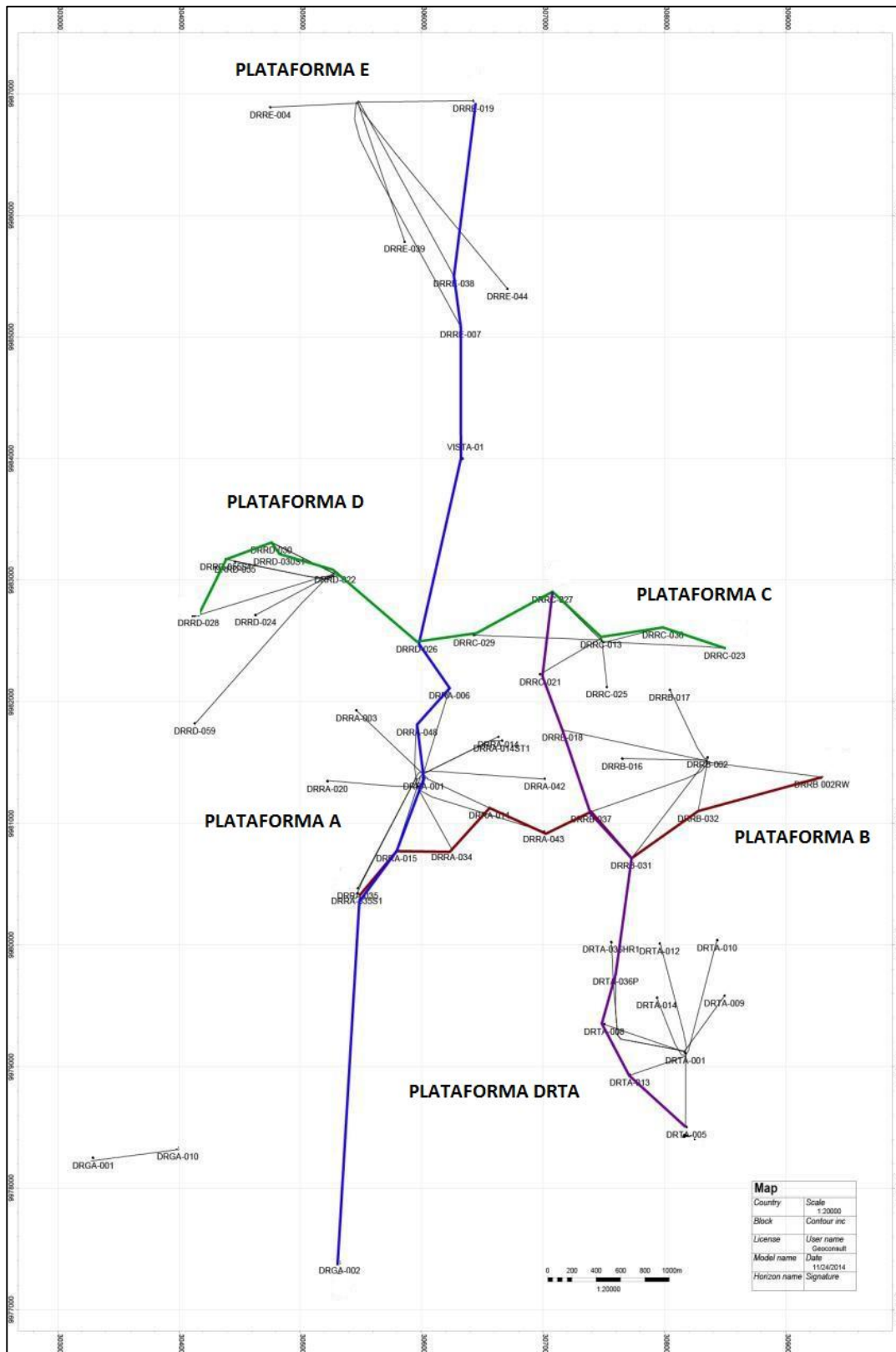
El campo Drago actualmente tiene 6 plataformas que se muestra en la siguiente figura 35, la cual la distancia que tiene desde la Estación Central hasta donde se cruzara la fibra óptica de detalla en la siguiente tabla 7.

Tabla 8

Distancia de plataforma de campo Drago desde Estación Central

DISTANCIA DE PLATAFORMAS DE CAMPO DRAGO DESDE ESTACIÓN CENTRAL				
PLATAFORMA E	PLATAFORMA D	PLATAFORMA C	PLATAFORMA B	PLATAFORMA DRTA
7.7kM	2.4 KM	2.8KM	3.1KM	5.2KM
TOTAL :19.7 km				

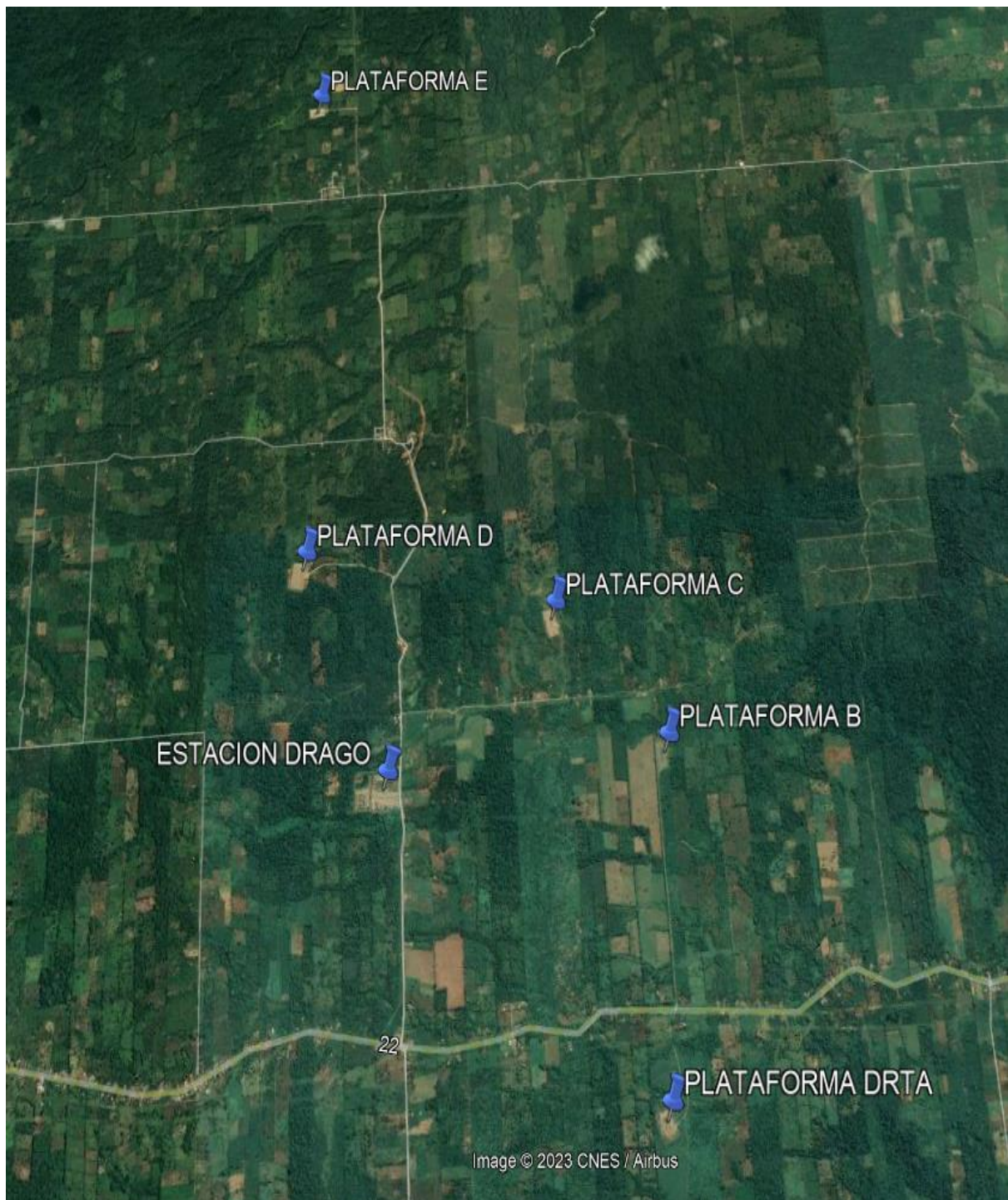
Figura 35
Plataformas Drago



Fuente(Autor,2023)

Figura 36

Plataformas Drago en Google Earth



Fuente(Autor,2023)

5.2. **Diseño físico de la red del Campo Drago**

Durante esta etapa de propuesta, se explica cómo se planificará el diseño de una red física de fibra óptica en una configuración tipo anillo para conectar las plataformas del campo Drago. En este proceso se dará información detallada sobre los componentes seleccionados y la estructura física general en los nodos de la red.

La configuración tipo anillo fue diseñada con el objetivo de optimizar el espacio y aprovechar los postes de líneas eléctricas presentes en los nodos y la ubicación geográfica de los pozos en Drago. Para el diseño físico y lógico de la red óptica de datos, se empleó la metodología Cisco con el protocolo REP , que es un diseño de red para evitar los bucles dentro del anillo.

El protocolo REP es una alternativa al Protocolo de Árbol de Expansión (STP) en ciertas configuraciones de redes de capa 2. La versión más reciente de esta especificación es el Protocolo de Árbol de Expansión Múltiple (MST). (CISCO, 2023, pág. 75).

Con REP, se obtienen los tiempos de convergencia que se expresan a continuación:

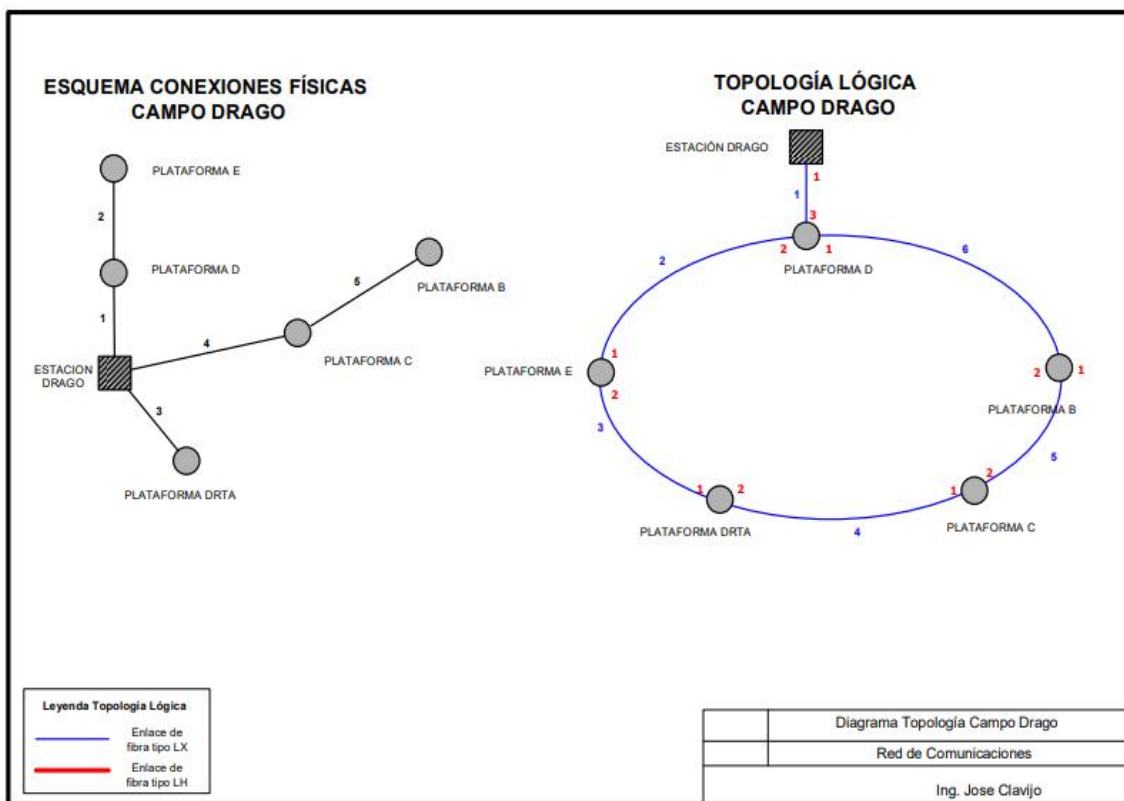
El modelo tiene un tiempo de convergencia de entre 20 ms y 79 ms, Funciona en el hardware actual, Posee puertos predecibles y cerrados y ss de fácil configuración. (CISCO, 2023, pág. 75)

5.3. Identificación de rutas de los enlaces de la red SCADA

En la etapa de diseño, se establecen las rutas que seguirán los 6 enlaces, tal como se ilustra en la figura 37. Estos enlaces estarán colocados estratégicamente en las plataformas, abarcando áreas de variadores para la adquisición de datos, así como la red de negocios y la conectividad inalámbrica.

Figura 37

Esquema de conexión físicas y lógicas del campo Drago



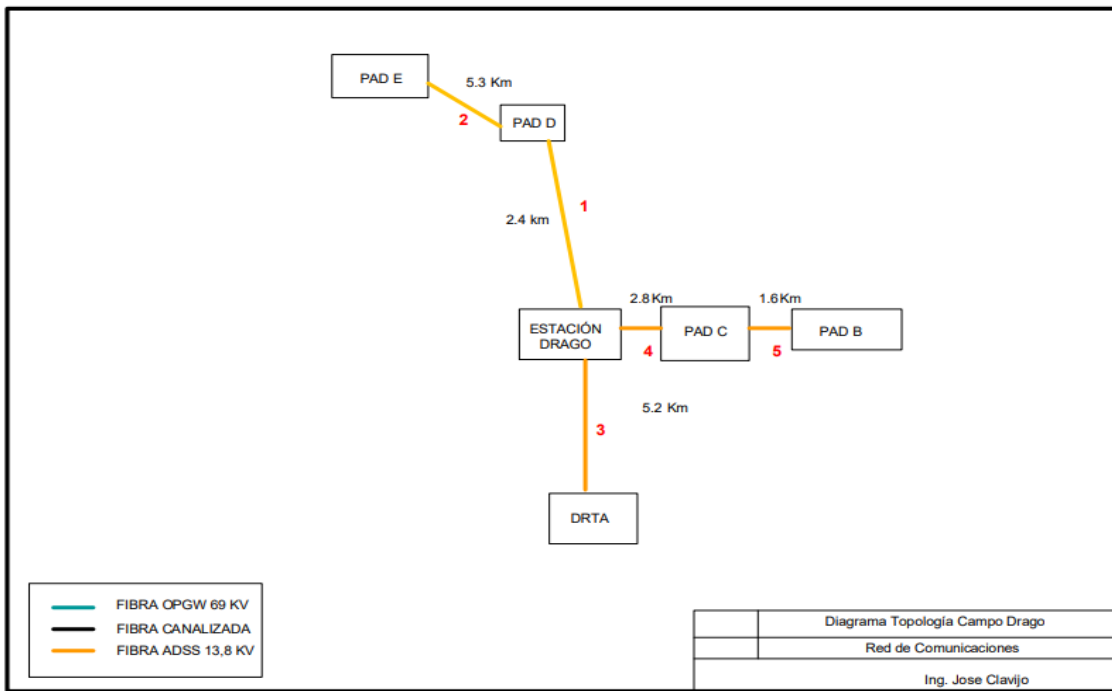
Fuente(Autor,2023)

En esta instancia, se establecen las rutas para los 5 tramos de fibra óptica que constituirán el anillo lógico del campo Drago. Con esta configuración, se logrará una

redundancia entre los hilos de fibra óptica, proporcionando mayor fiabilidad y disponibilidad en la comunicación.

Figura 38

Ruta de los nodos de Fibra Óptica Campo Drago



Fuente(Autor,2023)

En la tabla 9 se destalla la ruta y el número de poste

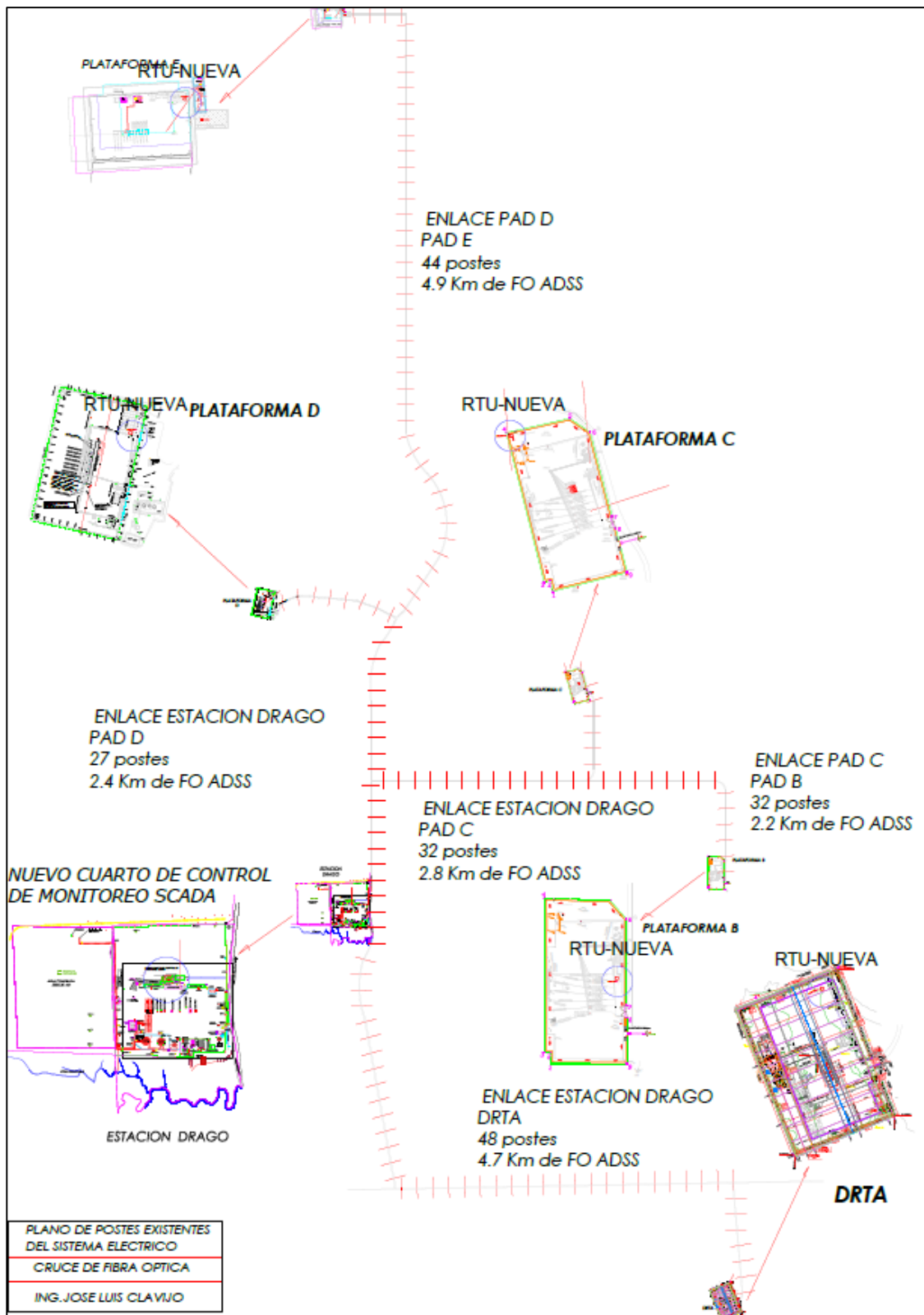
Tabla 9

Descripción de enlaces campo Drago

Rutas de la Fibra óptica			
Enlace	Trayectoria	Distancia Recorrida (km)	Numero de postes
1	ESTACIÓN DRAGO - PAD D	2.4	27
2	PAD D - PAD E	4.9	44
3	ESTACIÓN DRAGO - DRTA	4.7	48
4	ESTACIÓN DRAGO - PAD C	2.8	32
5	PAD C - PAD B	2.2	22
TOTAL		17	172

Figura 39

Plano de postes y cruce de Fibra Óptica campo Drago



Fuente(Autor,2023)

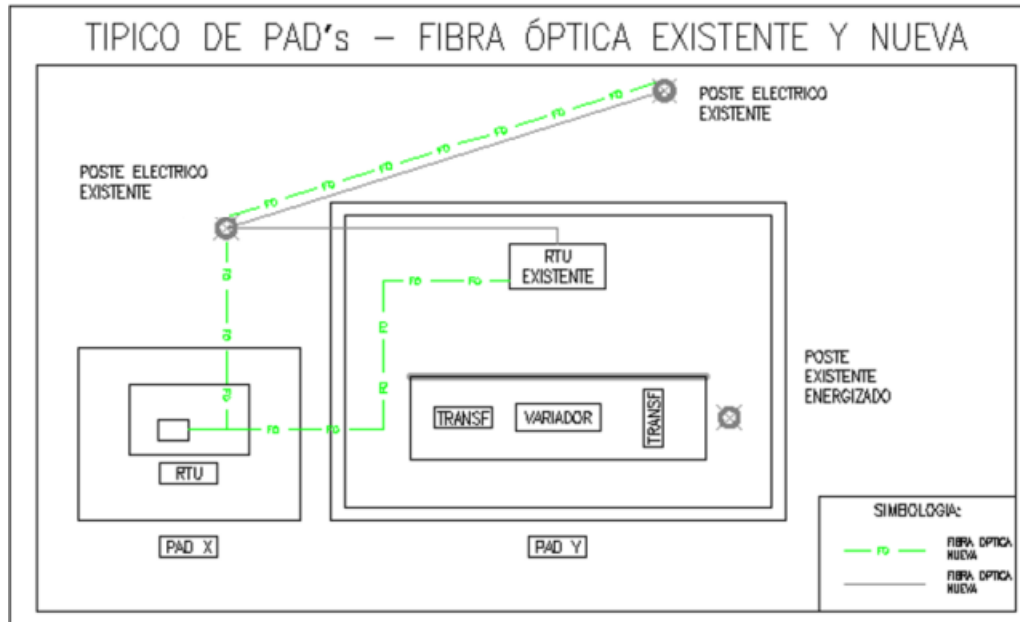
5.4. Tendido de Fibra óptica por poste existentes

En la actualidad, el campo Drago cuenta con una red de Comunicaciones mediante vía Wireless que interconectan dos plataformas de 6, la propuesta de mejora es el cambio de medio físico razón por lo cual se requiere realizar los tendidos de fibra óptica complementarios; para ello se hará uso de la infraestructura existente del Sistema Eléctrico de Media Tensión constituido por líneas aéreas soportadas por estructuras metálicas (postes).

En la Figura 39 se describe el diagrama típico de los PADs de Drago con los postes existentes hasta el panel de comunicaciones RTU por donde se cruzará la Fibra óptica.

Figura 40

Típico de pozo con postes existentes



5.5. Manejo de bobinas de Fibra Óptica

Inspección de bobinas: Previo a la realización del tendido del cable se realizará una inspección visual de las bobinas y chaqueta del cable en busca de defectos que puedan causar daño a los operarios durante su instalación o comprometer la integridad del cable tales como: rasgaduras, astillas, dobleces, roturas y aplastamientos.

Certificación de bobinas: Mediante el uso del OTDR, se realizará la certificación de todos los hilos con el fin de verificar su integridad, así como que se encuentren dentro de los parámetros normales.

Para el presente estudio se utilizará, el medio de fibra óptica monomodo 1000Base-LX con 1310-1550 nm y una distancia entre 5KM – 10KM, este método es la más adecuada para el anillo de fibra del campo Drago debido a que los enlaces entre los nodos ópticos están calculados para no exceder los 10 Km de distancia. (Fluxlight, 2019, pág. 80.)

Con el fin de habilitar todos los enlaces, se verificó todo el material para la conectividad, de lo cual se verificó la necesidad de SFPs y manteniendo el estándar de equipamiento de networking CISCO del campo Dragos se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10

Módulo de fibra para el diseño de red

MARCA	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CISCO	GLC-LX-SM-RGD	MODULO 100BASE LX SFP 1310NM 5-10KM	13

Conforme al levantamiento realizado, se pudo determinar el listado de material requerido para la integración de dichos pads/pozos a la red del campo Drago los cuales se enlistan a continuación:

Tabla 11

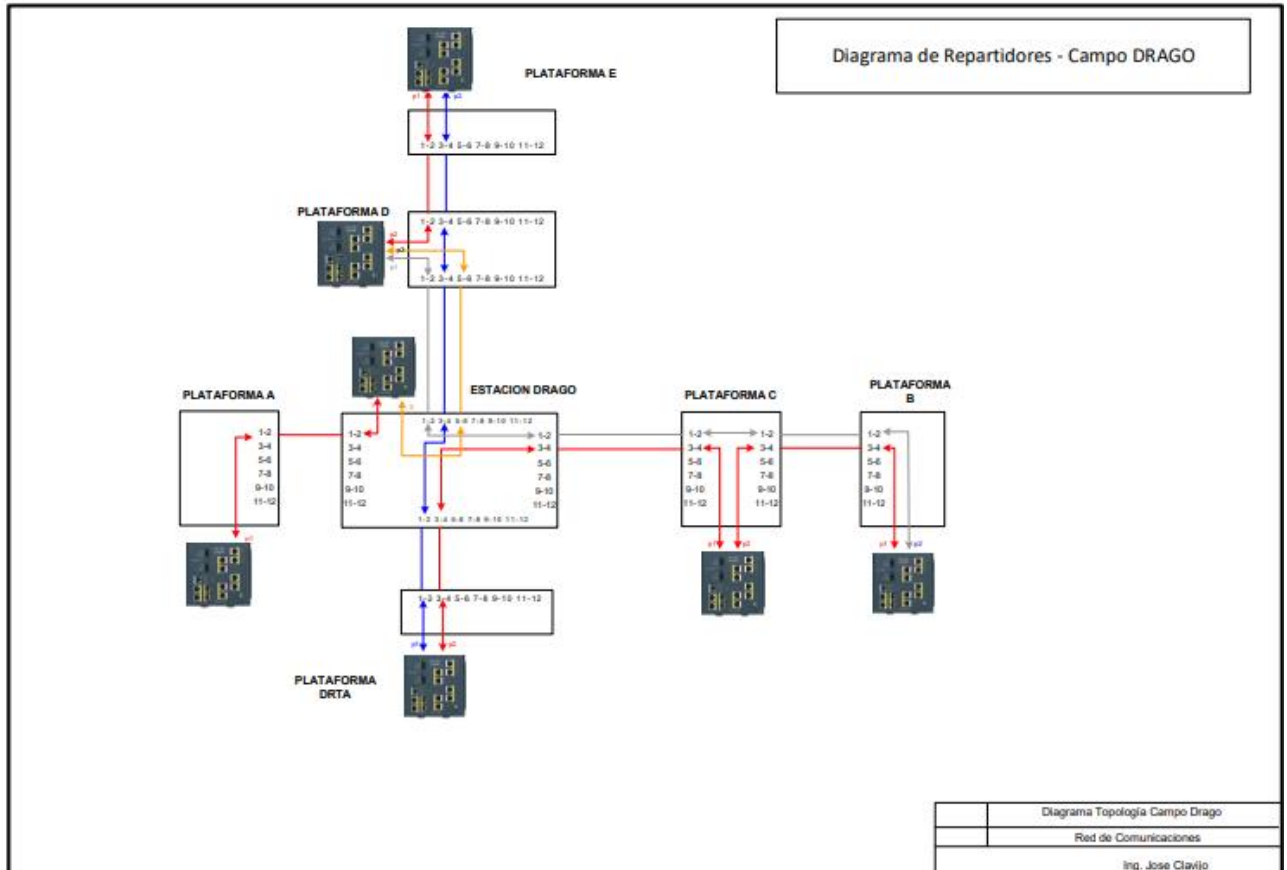
Material para tendido de FO Campo Drago

MARCA	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDADES
General	N/A	HERRAJE DE RETENCIÓN 2 EXT200 VANOS PARA POSTE REDONDO	uni	180
General	N/A	PREFORMADO FO PARA DIÁMETROS EXTERIOR 11.0.12,10MM COLOR AMARILLO	uni	360
General	N/A	CRUCETA PARA RESERVA DE FIBRA OPTICA,DIMENSION:1MT X7"	uni	20
Corning	CCH-CS12-A9-P00RE	PANEL DE CONECTORES CCH, 12 FIBRAS,LC,UPC,DUPLEX,MONOMODO(OS2)	uni	16
General		CARRETO DE FIBRA ÓPTICA 1000BASELX 5KM	uni	4

El diagrama de conexión en los Paneles de Comunicación para formar el anillo lógico entre los Patch Panel de fibra óptica se detalla en la Figura 41

Figura 41

Diagrama de conexión de ODF del anillo Lógico



5.6. Diseño de tablero RTU (Unidad de terminal Remota)

Las características principales para el diseño de la RTU que serán instalados en las plataformas de campo Drago en la Área de variadores debe cumplir los siguientes requisitos:

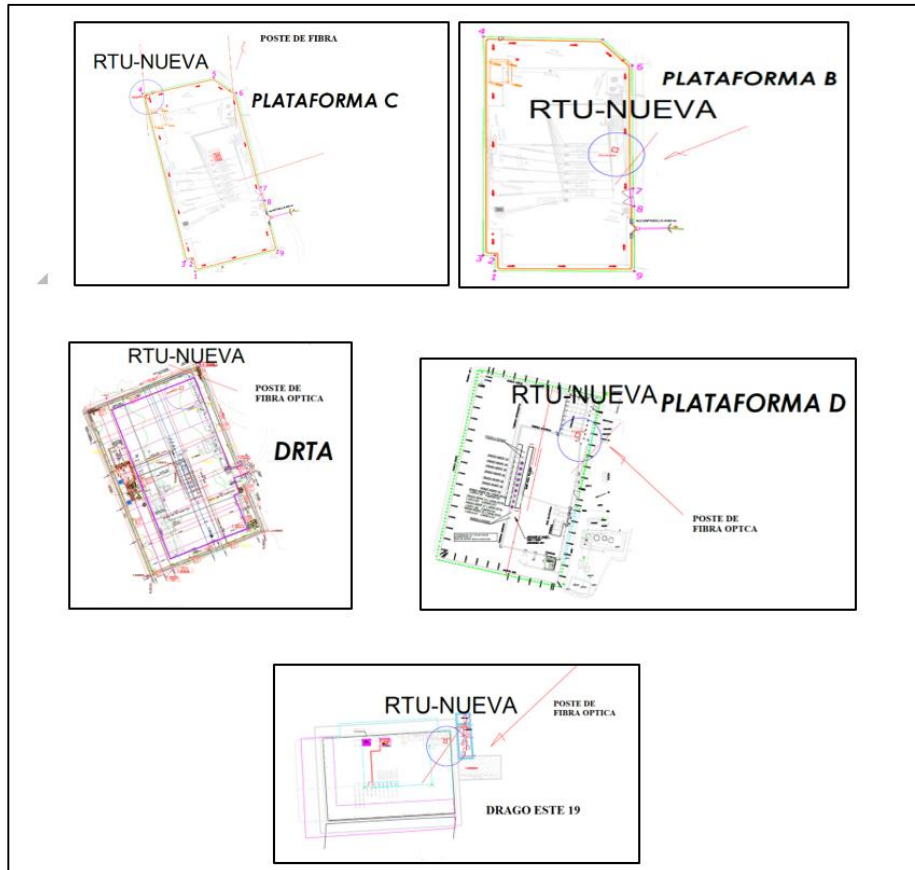
- PLC Allen Bradley, modelo Micrologix 1400
- Plataforma modular y escalable de hasta 3 módulos I/O.
- Módulos de DI, en los casos que se requieran.
- Puerto de comunicación Ethernet RJ45

- Puerto de comunicación RS485 para comunicación serial, con capacidades de comunicación Modbus Master/Slave (Variadores, Gateway)
- Alimentación de 120 VAC y fuentes Siemens de 24VDC con respaldo de 30 minutos.
- Switch Ethernet Layer 2, marca CISCO modelo IE3000 con 4 puertos de cobre RJ45 y dos puertos de fibra monomodo conector LC.
- Patch Panel de 12 puertos de fibra LC
- Panel Rittal de Acero Inoxidable, NEMA 4X

La ubicación de la RTU se instalará en el área de variadores cerca de las tarjetas de comunicaciones para realizar los lazos de control a continuación en la Figura 42 detalla la ubicación y el modelo en cada plataforma.

Figura 42

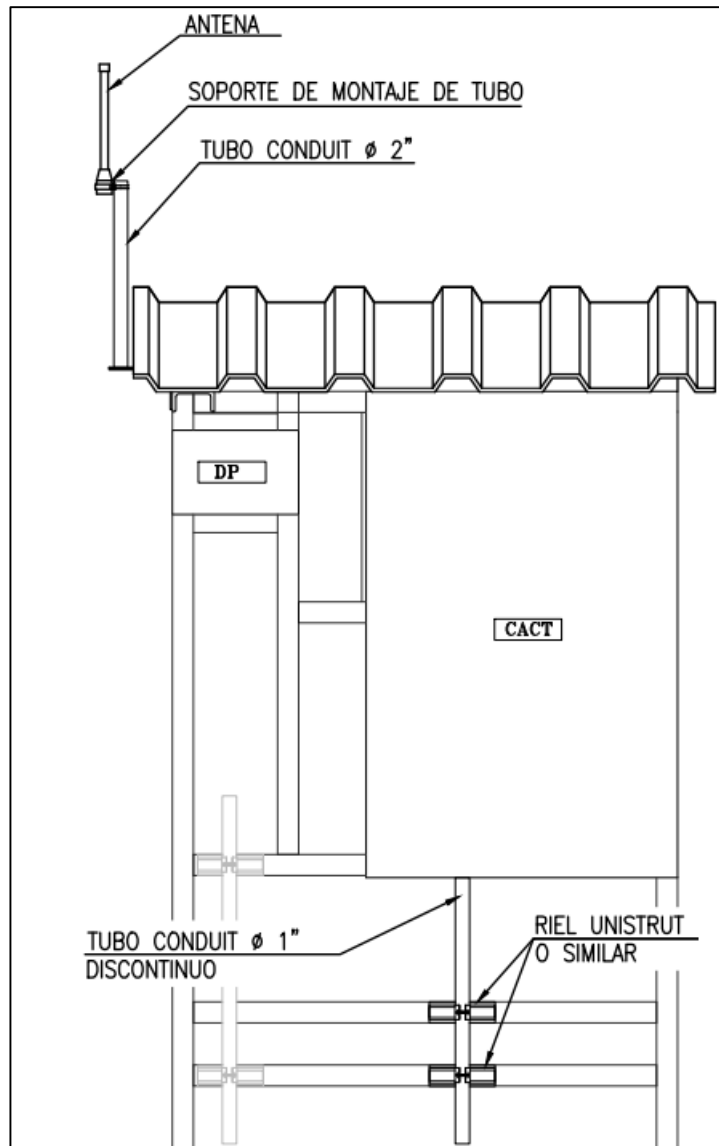
Ubicación de RTU en plataformas



En la Figura 43 se detalla el Gabinete de comunicaciones vista frontal a instalarse en las plataformas, se detalla la antena de la Wireless para recolectar los datos de los instrumentos y el Panel de distribución donde está la conexión eléctrica para alimentar el tablero.

Figura 43

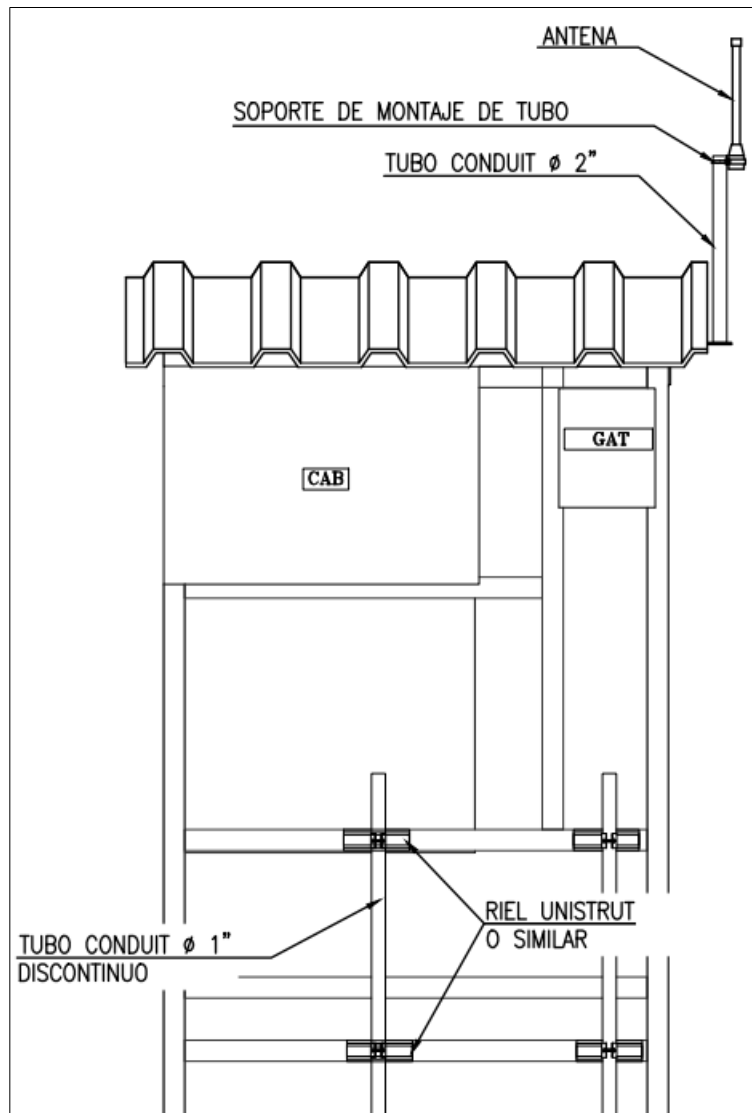
Vista Frontal de gabinete



En la figura 44 se detalla la vista posterior del gabinete de comunicaciones la cual albergara el panel del UPS y el Gateway Remoto

Figura 44

Vista Posterior del Gabinete de comunicaciones



5.6.1. Normas y estándares de diseño de RTU

Siempre que sea aplicable, la última edición de los siguientes códigos y estándares deberá ser considerada:

ANSI - American National Standard Institute

- ANSI-C37: Standard for industrial Control Equipment.

- ANSI/IEEE 802: Standards for LAN and electronic network.
- ANSI/IEEE STD 754: Binary floating point arithmetic.

API - American Petroleum Institute

- API RP 557 Guide to Advanced Control Systems
- Electronics Industries Association (EIA)
- EIA-232 Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit- Terminating

ISA - Instrument Society of America

- ISA-S5.1: Instrumentation Symbols and Identification
- ISA-S5.2: Binary Logic diagrams for process operation
- ISA-RP60.3: Human Engineering for Control Centers

IEC - International Electro technical Commission

- IEC 801 Electromagnetic Compatibility for Industrial Process Measurement and Control
- Equipment
- IEC 61000 Electromagnetic Compatibility (EMC) IEC 61131B
- Controllers

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

- IEEE-74: Test Code for Industrial Control
- IEEE-518: Guide for the Installation of Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers from External Sources
- IEEE STD 142 Grounding of Industrial and Commercial Power Systems

- IEEE-802.11 a/b/g/n Wireless Local Area Network (WLAN)
- IEEE-802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN)
- IEEE-802.16 WirelessMAN (WIMAX – Wireless Broadband)

5.6.2. Hardware y Software

El proyecto debe cumplir con las siguientes características de hardware, software de acuerdo a lo siguiente:

Suministrar todo el hardware y software necesario para soportar las funciones y entradas-salidas (E/S) requeridas. La RTU y todo el equipamiento de control debe ser suministrado en un gabinete completamente integrado con su correspondiente cableado interno y accesorios.

Suministrar todas las herramientas de software de desarrollo, incluyendo software de programación, licencias, librerías y procedimientos para la escritura de los programas de la RTU. Al menos se deben entregar 4 licencias, 2 para mantenimiento y 2 para operación.

Suministrar respaldo de alimentación del tipo UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) con el objetivo de poder registrar eventos ocurridos hasta 30 Minutos posterior al corte del suministro principal. Considerar que el UPS deberá ser instalado en el mismo gabinete de la RTU. Considerar un gabinete exclusivo ventilado poliéster para alojar las baterías. Se debe mantener el grado NEMA 4X de protección donde se aloja el equipamiento de control.

Suministrar 2 tipos de Junction Box (hasta 8 señales y hasta 24 señales) NEMA4X en acero Inoxidable Deberán incluir una fuente 120 VAC/ 24VDC de igual marca a la provista en la RTU para alimentar hasta 20 Interruptores de Caudal (total de 60 W @ 24VDC). Todas las Junction Box deberán entregarse con todos los accesorios (Fuente, Borneras, barras de puesta a tierra, drenajes, prensacables, tags, tapones y perforaciones). (Blogs, 2021)

5.6.3. Arquitectura del Sistema

La arquitectura a ser implementada para cada PAD tiene como elemento central una RTU a la cual se conectarán mediciones de cabeza de pozo, mediciones de cabezales de manifold, variadores asociados a las bombas de sub-superficie de los pozos y mediciones del sistema de inyección de químicos.

Las principales funciones de la RTU serán: Adquisición de datos desde/hacia dispositivos de campo (cableados o inalámbricos).

- Adquisición de datos desde otros dispositivos de control (como es el caso de los Variadores).
- Adquisición y envío de datos desde/hacia un sistema SCADA mediante el protocolo Ethernet
- IP.
- Generación de alarmas antes desvío de variables de proceso.
- Generación de alertas ante eventos.

La RTU estará conectada a un Gateway inalámbrico que hace las veces de punto de acceso remoto para todos los instrumentos inalámbricos del PAD. A través de este se conectará a la siguiente instrumentación:

- Instrumentación en la cabeza de pozo:
 - Presión de cabeza de pozo.
 - Temperatura de cabeza de pozo.
- Instrumentación en los cabezales del manifold:
 - Presión de cabezal de manifold.
 - Temperatura de cabezal de manifold.
- Instrumentación del sistema de Inyección de Químicos:
 - Nivel de tanques de químicos (antiescala, anticorrosivo, demulsificante).

La RTU se conectará con la Instrumentación de sub-superficie de pozo a través del Variador de velocidad usando como medio de comunicación RS-485 con protocolo Modbus RTU. Las variables a monitorear del variador (a confirmar en Ing. de Detalle) son como mínimo las siguientes:

- Presión Intake.
- Presión de descarga de la bomba.
- Temperatura Intake
- Temperatura de Motor
- Vibración
- Corriente
- Frecuencia
- Voltaje de entrada

- Estado del pozo
- Voltaje de alimentación
- Condición de sensor.

La RTU deberá contemplar dentro de sus capacidades de hardware y protocolos el suministro necesario para implementar vía Ethernet IP la comunicación con dicho sistema. La configuración de dicho SCADA está también fuera del alcance de esta especificación. El Proveedor deberá suministrar toda la información necesaria (tablas de direcciones y registros) así como también la dirección IP de la tarjeta de comunicaciones dedicada para el SCADA.

El Sistema SCADA se conectará a la RTU a través de una infraestructura de fibra óptica monomodo. El Proveedor de la RTU deberá suministrar los correspondientes switches ópticos así como también todos los accesorios (patch panel F.O, patch cords F.O, conectores F.O, etc.) necesarios para que se pueda realizar la conexión del cable de F.O.

La provisión de cada gabinete de RTU se debe considerar como una implementación integral, debe incluir: programación, RTU, gabinete completo con sus accesorios, cableado interno completo, borneras, chasis, termomagnéticas, UPS y baterías.

Se definirán 3 tipos de diseños para cubrir todo el espectro del proyecto:

- RTU para Monopozo. Se deberá considerar un único gabinete que contiene el PLC y los equipos de comunicaciones. El diseño estará optimizado para recibir los datos de un único pozo.

- RTU hasta 4 pozos. Se deberá considerar un único gabinete que contiene el PLC y los equipos de comunicaciones. El diseño estará optimizado para recibir los datos de hasta 4 pozos.
- RTU más de 4 pozos. Se deberá considerar un único gabinete que contiene el PLC y los equipos de comunicaciones. El Gateway será conectado a una única RTU.

5.6.4. Hardware de Comunicaciones

El siguiente hardware es el mínimo y necesario para la comunicación vía fibra óptica con el centro de operaciones del sistema SCADA:

Switch Industrial (Marca Cisco o similar), montaje en riel DIN con al menos 4 puertos de cobre RJ45 (10/100 Mbps) y 2 puertos (10/100/1000 Mbps) Uplink de FO monomodo ITU/T G652 D, con conector LC. El Switch debe ser gestionable, debe permitir el uso de protocolos STP y gestionar VLAN en capa 2.

- El Switch será marca Cisco modelo IE3000
- Capacidad para trabajar en bandas de longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm.
- Rango dinámico por encima de 25 dB @ 1310 / 1550 nm.
- La alimentación será provista desde el gabinete de RTU a través de la UPS en 24 VDC.
- Patch Panel para la interconexión, se deben proveer cada uno equipado completo (pigtail 1 mt, conectores SC y bandeja ordenadora interna). Los cables serán de fibra óptica monomodo G652D de 12 hilos.
- Patch cords de FO (certificados de fábrica long. a definir por el proveedor) para realizar

los puentes de cada sitio y de cobre (al menos 4 por locación certificados de fábrica) para la conexión entre equipos. Para la asistencia en campo considerar las herramientas necesarias para realizar nuevos conectorizados RJ-45.

5.7. Diseño Lógico de la red Campo Drago

El diseño lógico de red está basado a los requerimientos de la red óptica de datos, se procede a realizar un diseño que cubra las necesidades tanto para la red de negocios, SCADA , Wireless para cada plataforma.

- El anillo de fibra óptica en Drago debe ser considerado con la tecnología DWDM.
- En la parte de configuraciones en capa 2 y capa 3 en la unios de los nodos de la topología en anillo se debe ocupara los protocolos propietarios de CISCO como EtherChannel y Spanning tree de Cisco para la conformación de los enlaces ópticos.
- Según los planos detallados no debe superar la distancia de 10 KM
- Conectividad en la topología tipo anillo del campo Drago
- Levantar un sistema administrativo, negocios, SCADA y red Wireless para la red Drago

5.7.1. Diseño de la red lógica Drago

El diseño del campo Drago en la infraestructura lógica está basada en tres ítems que se detalla a continuación

- Topología de red.
- Direccionamiento IP de los servicios del campo Drago
- Configuraciones en capa 2 y 3 para tener conectividad en el anillo de Fibra Optica

5.7.1.1. Diseño de la topología de red

Se estableció el diseño de una topología en forma de anillo, utilizando fibra óptica como medio de transmisión para conectar los 6 nodos mencionados en la Fase 2.2. estos nodos están conectados de manera que forman un anillo, permitiendo que cada nodo se comuniquen con el nodo anterior y el posterior, tal como se ilustra en la figura 81.

Se definió el diseño de una topología anillo, con conectividad de fibra óptica como medio de transmisión entre los 6 nodos que se mencionaron en la Fase 2.2 Ubicación y posicionamiento de los nodos, los cuales están conectados formando un anillo, de tal forma que cada nodo se intercomunique con un nodo anterior y posterior como se muestra en la figura 81.

5.7.1.2. Diseño de Direccionamiento

Para el diseño del direccionamiento IP del campo Drago listaremos los servicios de red tanto en la red de negocios y red SCADA además del crecimiento y escalabilidad a futuro.

- Red de negocios (Telefonía IP, Intranet)
- Red de Wireless
- Red monitoreo de pozos (RTU, PLC, Wireless SCADA)
- Red Eléctrica (Relés de protección, equipos de control)

La red de negocios tenemos dos servicios la cual tendrá el siguiente direccionamiento:

- Intranet: 172.25.66.1/23 Vlan 100
- Telefonía IP: 172.25.68.1/24 Vlan 110

La red Wireless tendrá el siguiente direccionamiento

- Wireless; 172.25.69.1/24 Vlan 120

La red de monitoreo de pozos y red Eléctrica tendrá el siguiente direccionamiento

- Monitoreo de pozos: 192.168.1.1/24 Vlan 200
- Red eléctrica: 192.168.2.1/24 Vlan 210

Red de gestión de los Switch: 172.25.70.1/24 Vlan 300

Red de la Wan: 10.10.1.1/29 Vlan 310

Red de lo servidores y Workstation: 192.168.45.1/24 Vlan 320

Tabla 12

Direccionamiento IP Drago

DIRECCIONAMIENTO IP DRAGO				
DESCRIPCIÓN	VLAN ID	RED	MASCARA	OBSERVACIONES
INTRANET	100	172.25.66.0	255.255.254.0	DHCP
TELEFONÍA IP	110	172.25.68.0	255.255.255.0	DHCP
WIRELESS	120	172.25.69.0	255.255.255.0	DHCP
MONITOREO DE POZOS	200	192.168.1.0	255.255.255.0	ESTÁTICAS
RED ELÉCTRICA	210	192.168.2.0	255.255.255.0	ESTÁTICAS
RED DE GESTIÓN	300	172.25.70.0	255.255.255.0	ESTÁTICAS
RED WAN	310	10.10.1.0	255.255.255.248	ESTÁTICAS
RED SERVIDORES Y WS	320	192.168.3.0	255.255.255.0	ESTÁTICAS

5.8. Diseño del sistema de monitoreo del campo Drago

La arquitectura a ser implementada para cada PAD en el campo Drago tiene como elemento central una RTU a la cual se conectarán mediciones de cabeza de pozo, mediciones de cabezales de manifold, variador asociado a la bomba de sub-superficie del pozo y mediciones del sistema de inyección de químicos. Adicionalmente toda RTU tendrá la posibilidad de vincularse al sistema SCADA, las principales funciones de la RTU serán:

- Adquisición de datos desde/hacia dispositivos de campo (cableados o inalámbricos).
- Adquisición de datos desde otros dispositivos de control (como es el caso de los Variadores).
- Adquisición y envío de datos desde/hacia un sistema SCADA.
- Generación de alarmas ante desvío de variables de proceso.
- Generación de alertas ante eventos.
- Sincronización de tiempo con el sistema SCADA.
- Almacenamiento de información en caso de pérdida del lazo con el sistema SCADA.

La RTU estará conectada a un Gateway inalámbrico que hace las veces de punto de acceso remoto para todos los instrumentos inalámbricos del PAD. A través de éste se conectará a la siguiente instrumentación:

- Presión de cabeza de pozo (sobre línea de flujo).
- Temperatura de cabeza de pozo (sobre línea de flujo).
- Instrumentación en los cabezales del manifold:

- Presión de cabezal de manifold.
- Temperatura de cabezal de manifold.
- Instrumentación del sistema de Inyección de Químicos:
- Nivel de tanques de químicos (antiescala, anticorrosivo, demulsificante, biocida).
- Además, será cableado duro un Interruptor de Flujo Inductivo que detectará la presencia/ no presencia de flujo por cada cabezal de bomba de dosificación de químicos.

Por otro lado, la RTU se conectará con la Instrumentación de sub-superficie de pozo a través del Variador de velocidad usando como medio de comunicación RS-485 con protocolo Modbus RTU. Las variables a monitorear del variador son:

- Presión de succión de la bomba.
- Presión de descarga de la bomba.
- Temperatura de sub-superficie.
- Parámetros eléctricos del motor de la bomba.
- Otras variables a definir que será incluidas en el mapa Modbus de cada variador.

5.8.1. Especificaciones GATEWAY

La RTU de cada locación estará conectada a un Gateway, el cual oficiará de punto de acceso de comunicaciones inalámbricas entre los instrumentos y la RTU.

El Gateway/Access point que se conectará con la RTU debe poder hacerlo vía uno (o

más) de los siguientes medios:

- Modbus sobre RS-485
- Modbus TCP sobre Ethernet
- TCP/IP o Ethernet IP sobre Ethernet
- El Gateway deberá tener la capacidad de autogestionar y organizar la Red Inalámbrica.

El Gateway será responsable de la correcta integración de la red inalámbrica entre los dispositivos wireless, verificando el establecimiento de la red WirelessHART, además será responsable en todo lo que respecta a la Ingeniería y Puesta en Marcha.

Trasmisores de Presión

- Las mediciones de presión se tomarán fundamentalmente de:
- La cabeza de pozo (sobre línea de flujo).
- Sobre el Cabezal de Producción del manifold.

Trasmisores de Nivel

La instrumentación de nivel que se espera tener en cada PAD se centra principalmente en medir el nivel de los tanques de químicos (antiescala, anticorrosivo, demulsificante, biocida, entre otros) que se encuentran instalados en la caseta de químicos del PAD con el fin de conocer cuánto volumen de químicos se inyecta por ejercicio.

Interruptor de caudal

La instrumentación de caudal que se espera tener en cada PAD se centra principalmente en medir presencia o no presencia de flujo de las bombas de inyección de químicos en cada pozo

5.9. Diseño de lazo de comunicación del campo Drago

El diseño de lazo de comunicación del campo Drago se definirá en dos fases:

5.9.1. Diseño de lazo de comunicación de tarjetas de Variadores

El lazo de comunicaciones con los variadores de frecuencia mediante los puertos y tarjetas de comunicaciones Modbus RS-485, es utilizado para la transmisión de información de las tarjetas de comunicación que manejan ese protocolo realizando la conversión a Ethernet y mediante y se envía los datos mediante la infraestructura de red, hasta el equipo la cual solicita y recibe estos datos que es el PLC (PLC Micrologix 1400 que funciona como RTU muestra)y los dispositivos que suministran la información son los esclavos Modbus(los variadores y el Gateway Wireless hart .

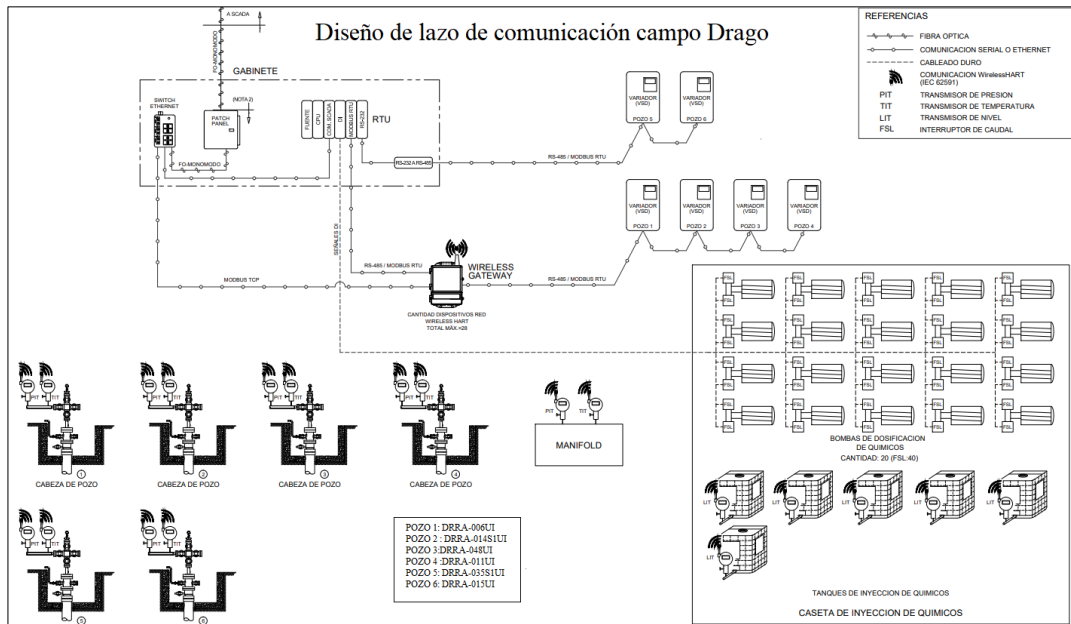
Los esclavos se conectan en los terminales TX y RX del puerto de comunicaciones de los variadores entre sí (Formando un lazo de los esclavos, conectados en paralelo) por estándares de PEC se colocan hasta cinco esclavos por lazo, la distancia máxima permitida es de 1200 metros desde el ultimo esclavo al maestro, la comunicación Modbus 485 vienen como estándar en varias marcas de VSD pueden incorporarse, aunque es preferible los esclavos sean de la misma marca de VSD.

Cada variador tiene su propio mapa de direcciones modbus de los cuales el maestro lee o escribe según el caso en el registro requerido de modbus como se puede apreciar en la tabla 12 estas son las variables y los registros a los que se apunta desde la RTU maestra, cada tarjeta de comunicación tiene sus propios de registro la cual se debe obtener para poder interpretar en

el PLC. En otras palabras, este protocolo no ofrece una forma automática de identificar los registros. Es necesario consultar al fabricante del equipo para obtener esta información.

Figura 45

Diseño de lazo de Comunicación campo Dragó



La red Modbus RTU opera con una estructura de comunicación que consta de un maestro y uno o varios esclavos. Cada esclavo posee una dirección de dispositivo o número de unidad de 8 bits. Cuando el maestro envía mensajes, incluye la dirección del esclavo destinatario. El esclavo solo responderá si reconoce su dirección y debe hacerlo dentro de un plazo de tiempo determinado, ya que de lo contrario, el maestro considerará que ha ocurrido un error. (Industria, 2010, pág. 101)

Tabla 13

Registro de mapeo Modbus

Analog Description	Descripción	Eng. Units	Register Number
Base Frequency	Frecuencia Base	Hz	30864
Cf Current Leakage	Cf Current Leakage	Amps	32146
Cz Current Leakage	Cz Current Leakage	Amps	32145
Delta Pressure	Presión Delta	psi	32162
	Presión de descarga	psi	32560U
Frequency	Frecuencia	Hz	32166
Intake Press	Presión Intake	psi	32558U
Intake Temp	Temperatura Intake	F	32562
Motor Amps	Amperaje de Motor	Amps	32176
Motor Temp	Temperatura de motor	F	32564
Output Power	Output Power	KWHR	32180
Output Voltage	Voltaje de Salida	Volts	32171
VSD Amps	Amperaje	Amps	32175
Vibration	Vibración	g	32142
	Voltaje de Entrada	Volts	32170

Para que la comunicación funcione adecuadamente en Modbus RTU, es necesario tener previamente definidos y conocidos algunos parámetros esenciales, como la velocidad en bps (bits por segundo), el formato de caracteres (por ejemplo, 8 bits sin paridad), y la identificación del esclavo (también conocida como dirección del esclavo, número de unidad o identificación de la unidad). Si estos parámetros no coinciden correctamente, la comunicación no se establecerá de manera efectiva. (Industria, 2010, pág. 102)

5.9.2. Diseño de lazo WIRELESS GATEWAY

WirelessHART combina la tecnología HART con las capacidades inalámbricas para crear un protocolo de comunicaciones inalámbrico adaptable a aplicaciones de automatización de procesos. Diseñado como la tecnología de malla autorreparable que asegura una fiabilidad

de datos del 99,99%, este protocolo permite la comunicación entre dispositivos, eliminando la necesidad de comunicación directa de los dispositivos a la puerta de enlace. A diferencia de otros protocolos, WirelessHART ofrece una instalación simple y una solidez de capas de seguridad que garantizan la protección de la red.

Este dispositivo inalámbrico actúa como un gateway con capacidad para hasta 100 dispositivos y es especialmente útil en instalaciones al aire libre donde no hay una conexión directa disponible. Está diseñado para conectarse sin complicaciones a sistemas heredados, lo que permite agregar dispositivos adicionales de forma rápida sin necesidad de configurar las rutas de comunicación. El gateway gestiona automáticamente la red para garantizar que los dispositivos de campo siempre tengan la ruta más confiable para enviar datos. (Emerson, 2023, pág. 103)

5.10. Equipamiento de software y Hardware del campo Drago

Para el diseño de la red SCADA del campo Drago y teniendo el área de Automatización como soporte para este diseño a continuación se detalla el equipamiento tanto software y hardware.

5.10.1. Requisitos de plataforma recomendados

El hardware y el software que utiliza para el diseño con FactoryTalk View Site Edition dependen de las demandas que una aplicación impone al sistema. Cuanto mayor sea la demanda, más potente será el sistema que necesita.

Para aplicaciones grandes o complejas se debe usar computadoras con CPU más rápidas

y más RAM. En cualquier aplicación, las CPU más rápidas y más RAM darán como resultado un mejor rendimiento.

Además, siempre debe haber suficiente espacio en disco para proporcionar una memoria virtual que sea al menos el doble del tamaño de la RAM física.

Características Servidor de red FactoryTalk View Site Edition con más de 10 clientes

- Recomendado: CPU doble, Intel Pentium 4, 3 GHz o superior, 8 GB de RAM o más
- Microsoft Windows 2003 Server con Service Pack 4 o Microsoft Windows Server 2012 Standard Edition con Service Pack 1 o R2, con la cantidad adecuada de licencias de acceso de cliente (CAL) instaladas.
- Servidor de información de Internet
- El host del servidor debe ser miembro de un grupo de trabajo o dominio de Windows. Se recomienda un dominio.

Características del servidor a instalar para el diseño se detalla en la figura 46.

Figura 46

Características de Servidor HMI

Windows edition	
Windows Server 2012 R2 Standard	
© 2013 Microsoft Corporation. All rights reserved.	
System	
Processor:	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2670 v3 @ 2.30GHz 2.30 GHz (2 processors)
Installed memory (RAM):	8.00 GB
System type:	64-bit Operating System, x64-based processor
Pen and Touch:	No Pen or Touch Input is available for this Display

Características mínimas para cliente de red FactoryTalk View Site Edition

- Recomendado: Intel Core I5 4, 2 GHz o superior, 8 GB de RAM o más
- Microsoft Windows 2007 con Service Pack 2 o Microsoft Windows 2012 Professional con Service Pack.

Características del Cliente de red FactoryTalk View Site Edition del diseño

Figura 47

Características del cliente HMI

[Ver información básica acerca del equipo](#)

Edición de Windows

Windows 7 Enterprise

Copyright © 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Service Pack 1

Sistema

Evaluación:	La evaluación del sistema no está disponible
Procesador:	Intel(R) Core(TM) i5-4310M CPU @ 2.70GHz 2.70 GHz
Memoria instalada (RAM):	8.00 GB
Tipo de sistema:	Sistema operativo de 64 bits
Lápiz y entrada táctil:	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

A continuación, se detalla el software recomendado para el diseño

Tabla 14

Descripción del diseño de software monitoreo campo Drago

SERVIDORES				
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1,00	2,00	FT View SE Server 250 Display with RSLinx (FactoryTalk View Distribuido Version 13, instalación en servidor primario, y secundario, se recomienda servidores redundantes debido a que vas a tener una plataforma centralizada. Este factory es de 250 para el numero de pozos que indicas es suficiente)	ROCKWELL AUTOMATION	9701- VWSS250LENM
2,00	1,00	FT Historian SE V5.6 - 2500 Rockwell Data Points (FactoryTalk View Historian En el caso de que requieras historización de datos)	ROCKWELL AUTOMATION	9518 - HDLENE
3,00	1,00	FT Historian Client Access License – Unlimited Users for 1000 Tags (FactoryTalk View Historian Cliente)	ROCKWELL AUTOMATION	9518- HCAL1KENFM
CLIENTES				
4,00	2,00	FT View SE Client (Te recomiendo dos clientes aunque este centralizado, porque das la posibilidad de tener dos operadores, la versión igual seria 13)	ROCKWELL AUTOMATION	9701- VWSCWAENM
PLC				
5,00	1,00	Rslogix 500 Version 12 (Software para programación de PLC)	ROCKWELL AUTOMATION	9324-RL0X
6,00	5,00	Se considera PLC Micrologix 1400 para adquisición de datos de los pozos, consideraria 1 plc por cada 6 pozos entonces serian 10, la version seria en 12	ROCKWELL AUTOMATION	MICROLOGIX- 1400

5.11. Simulación Proyecto Piloto Monitoreo de pozos Drago

5.11.1. Descripción de Software

Para el diseño del proyecto se utiliza la plataforma FactoryTalk View, debido al estándar manejado de la empresa del campo Drago, la plataforma cuenta con las siguientes características:

- Mejoras en la redundancia, incluida una mayor estabilidad y la opción de réplica de datos desde el servidor HMI principal al servidor HMI secundario después de que se hayan realizado ediciones en tiempo real de ejecución en una aplicación. (Automation, FactoryTalk View - Software de HMI, 2022)
- Edición de etiquetas y alarmas HMI en tiempo real de ejecución para realizar y guardar cambios en los datos de etiquetas y alarmas HMI sin tener que desconectar su aplicación.
- Parámetros de objetos globales que le permiten personalizar cada instancia de objeto global de referencia con una etiqueta específica para esa instancia sin tener que romper el enlace a las etiquetas y expresiones del objeto base. Esto significa que cada objeto de referencia puede tener una fuente de datos única y aun así poder actualizarse con cambios en otros aspectos del objeto global base.
- Mejoras en los objetos de entrada numérica para permitir la definición de un rango de límites numéricos aceptables a través de valores mínimos y máximos asignados por el

usuario que se validan antes de la descarga.

5.11.2. Estándar de Programación para monitoreo de pozos

- Colores presentes en el sistema SCADA. Con el fin de facilitar la visualización de las líneas de producción y de los estados de los instrumentos, se presenta los siguientes convenios:

Figura 48

Colores de líneas de producción









COLOR	DESCRIPCIÓN
	Crudo
	Crudo Tratado
	Agua de Utilidades
	Aire
	Gas

Figura 49

Colores de indicación de estado de pozos

INSTRUMENTOS	COLOR	DESCRIPCIÓN
	Verde	Pozo encendido
	Amarillo	Pozo en Falla
	Rojo	Pozo Apagado

Con el fin de facilitar la visualización del estado general de los tableros RTU, de los PADs de pozos y mono-pozos; el sistema SCADA cuenta con varios estándares que permiten ver en tiempo real el estado de cada pozo dentro de una locación. Los convenios estipulados para la visualización de los pozos son:

- Color verde: Variador activado, Operación normal 
- Color amarillo intermitente con gris: Variador en falla, por apagado variador o falla de comunicación desde la sala del sistema SCADA con el Gateway, variador o PLC. 
- Color rojo: variador apagado. 

5.11.2.1. Monitoreo de Variador

Esta pantalla muestra los parámetros del variador correspondiente al pozo.

- Control de Variador

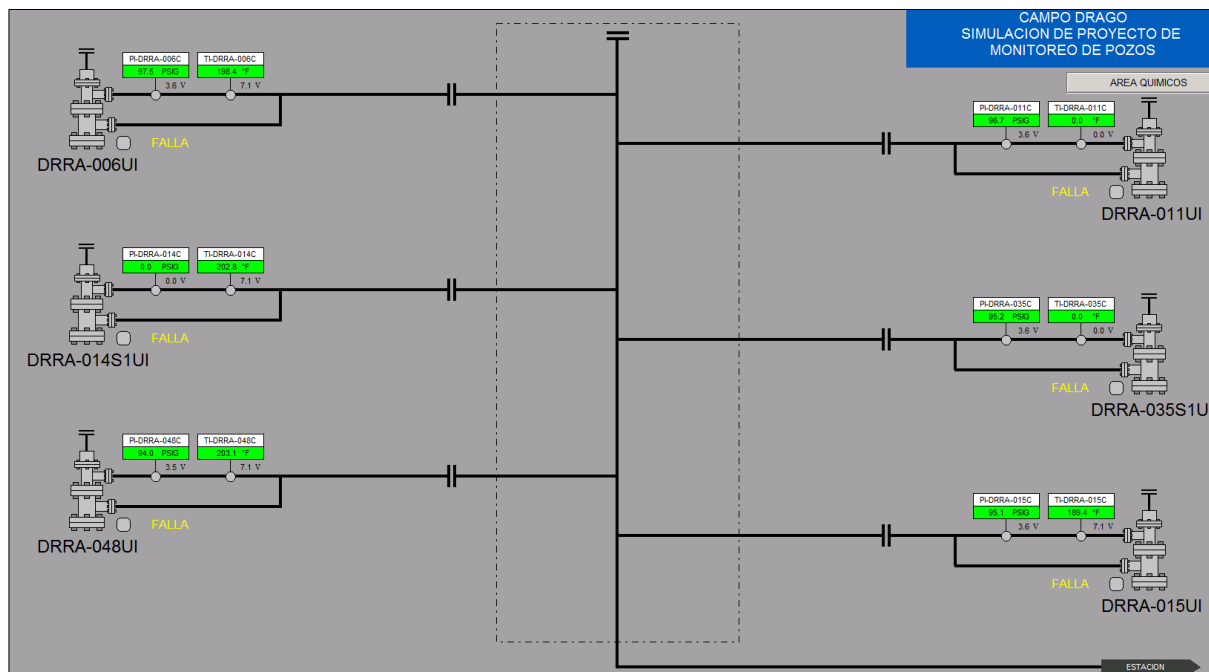
Esta pantalla permite realizar la acción de encender/apagar el variador y realizar el cambio de la frecuencia.

5.11.3. Descripción de la aplicación del diseño del monitoreo de Pozos del PAD A Drago

Se tiene una vista general del PAD A en donde se muestra el estado actual de los variadores y su instrumentación que son la medida de presión y temperatura de cada uno de los pozos, y del manifold en caso de existir.

Figura 50

Diseño de pantalla del Monitoreo del PAD A Drago

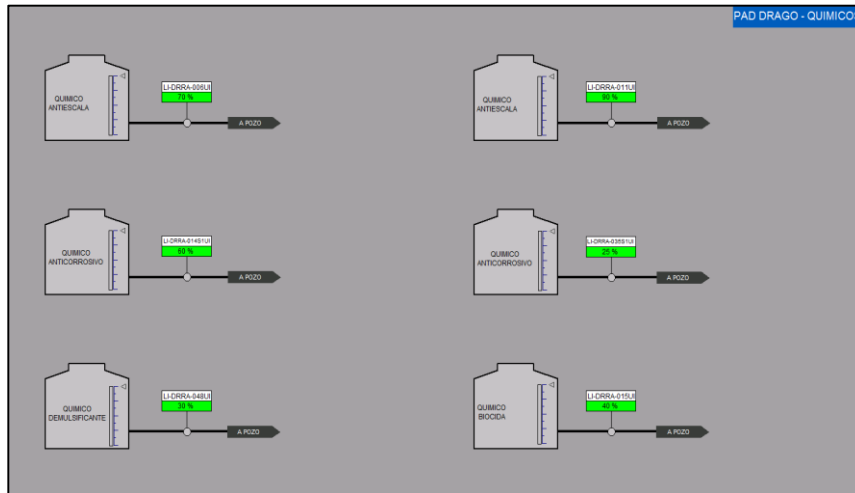


Las zonas a las que se puede acceder desde esta pantalla son:

- Área químicos, donde se visualiza el nivel del químico en porcentaje (%) de los tanques, el voltaje del instrumento.
- Se accede a esta pantalla al hacer clic en el botón que se encuentra en la parte superior derecha llamado “AREA QUIMICOS”.

Figura 51

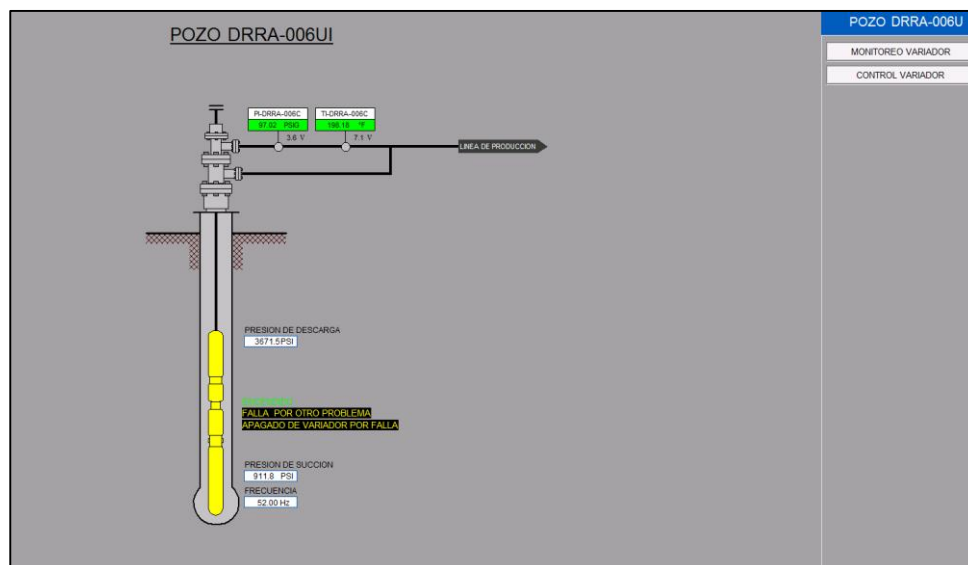
Diseño de pantalla Área de Químicos Monitoreo del PAD A Drago



- Pozos pertenecientes al PAD, al hacer clic sobre el pozo que se desee se abre la siguiente pantalla:

Figura 52

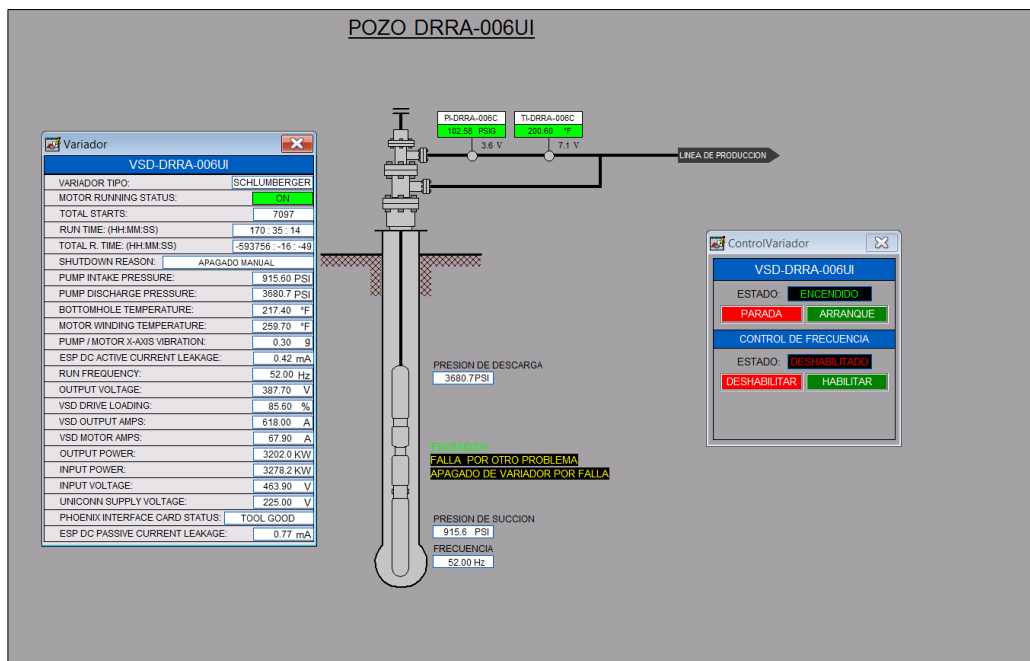
Visualización de parámetros del pozo DRRA-006UI



Desde la pantalla del pozo se puede acceder al faceplate de monitoreo variador, en donde se muestran los parámetros del variador correspondiente al pozo. Desde esta misma pantalla se accede al faceplate control de variador, en donde se puede realizar arranque, parada y variación de frecuencia del pozo.

Figura 53

Diseño de pantalla arranque y parada de pozo



El procedimiento para realizar el cambio de frecuencia para el diseño del campo drago se detalla a continuación

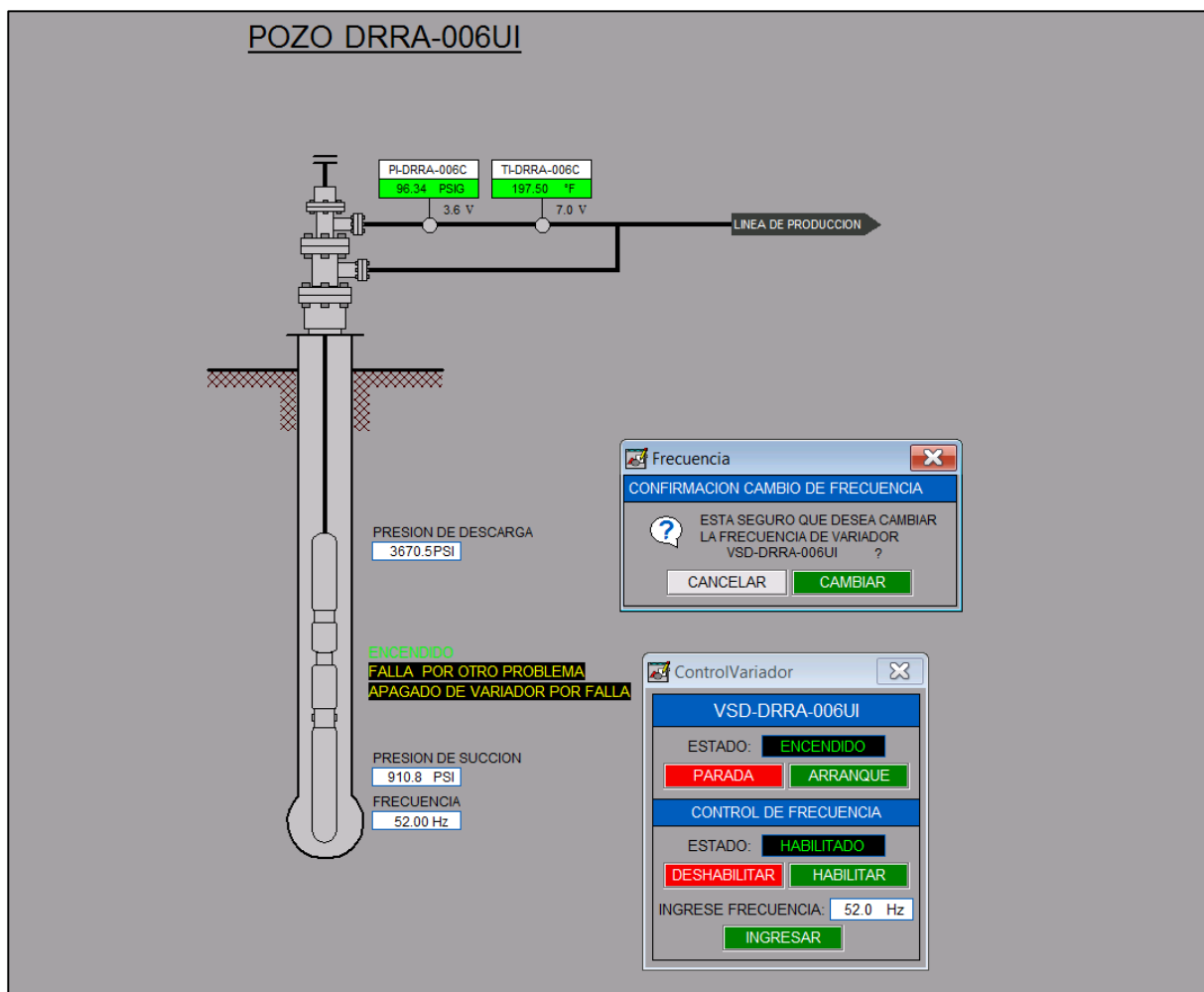
Hacer clic en el botón “HABILITAR” (Figura 54), el indicador que se encuentra sobre los botones de cambio de frecuencia deberá cambiar de “DESHABILITADO” a “HABILITADO”. Aparece en la misma ventana un nuevo botón “INGRESAR” y un campo

para ingresar el valor deseado.

- Ingresar el nuevo valor de frecuencia y presionar ENTER para que el valor sea guardado.
- Hacer clic en el botón “INGRESAR”, aparecerá una ventana de confirmación como se muestra en la Figura.54
- Al hacer clic en el botón “CAMBIAR” el valor ingresado será enviado al variador.

Figura 54

Diseño de pantalla cambio de frecuencia pozo DRRA-006

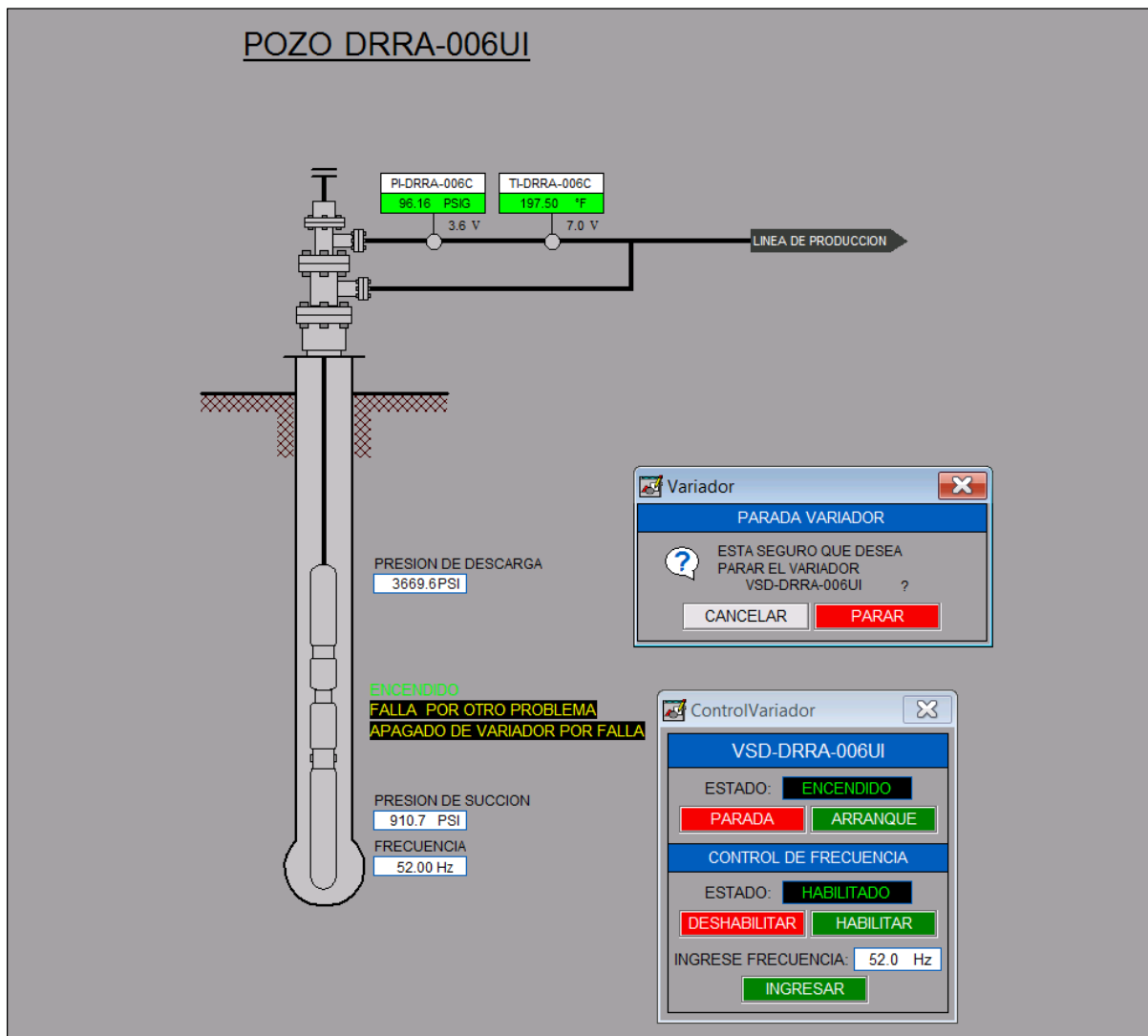


El procedimiento para realizar la Parada de un variador es:

- Hacer clic en el botón “PARADA”.
- Aparece una ventana de confirmación como se muestra en la Figura 55.
- Si se hace clic en el botón “PARAR” el comando es enviado al variador.

Figura 55

Diseño de pantalla de parada pozo DRRA-006

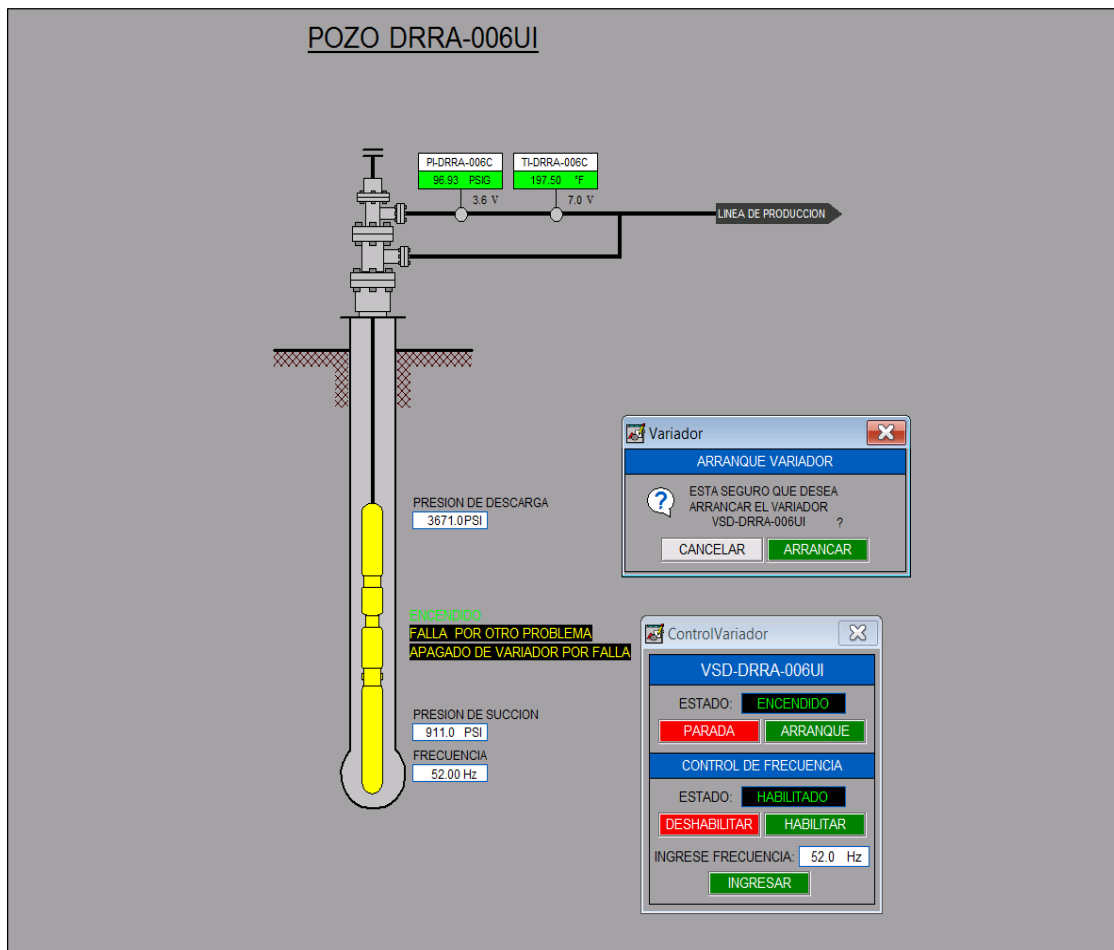


El procedimiento para realizar el Arranque de un variador es:

- Hacer clic en el botón “ARRANQUE”.
- Aparece una ventana de confirmación como se muestra en la Figura.56
- Si se hace clic en el botón “ARRANCAR” el comando es enviado al variador.

Figura 56

Diseño de pantalla de arranque pozo DRRA-006



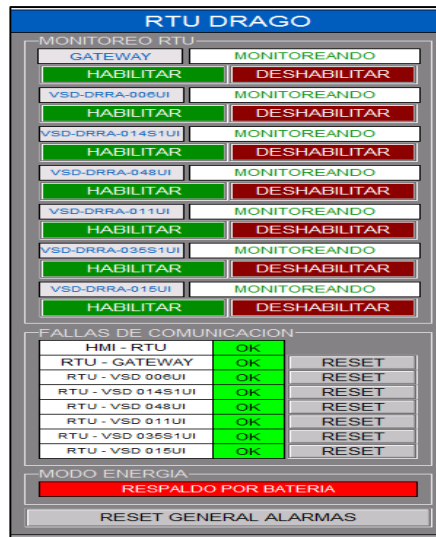
Configuración RTU. Al hacer clic en este botón se despliega una ventana emergente que se muestra en la Figura 57. La ventana de configuración de RTU permite controlar parámetros sólo del Tablero RTU que se encuentra localizado en cada locación, presenta tres secciones. • La sección “Monitoreo de RTU” permite habilitar o deshabilitar el monitoreo del Gateway y Variador. Es recomendable tener todos los equipos que estén funcionando

monitoreados, ya que si no está habilitado el monitoreo los valores que se muestran en la ventana de “Monitoreo de Variador” no son reales (tiempo real).

La sección “Fallas de Comunicación” permite visualizar si el Gateway o el variador presentan falla en la comunicación. Si la comunicación es normal en la segunda columna se tendrá un cuadro de color verde con la leyenda “OK”. Si existe algún problema de comunicación en la segunda columna se tendrá un cuadro de color rojo con la leyenda “FAULT”. Para el caso de la comunicación entre el HMI y el PLC (primera fila) el cuadro de la segunda columna siempre estará titilando entre verde claro y oscuro, para hacerle saber al operador que la comunicación es normal. Adicional están los botones de Reset, que permiten verificar si la falla en comunicación persiste o fue solucionada. • La sección “Modo Energía” es un indicador del modo de funcionamiento energético que tiene el tablero RTU. El tablero RTU tiene un UPS que le permite trabajar sin alimentación eléctrica principal por aproximadamente 3 horas, cuando el tablero esté funcionando con el UPS en el indicador aparecerá una leyenda de “Modo Bateria” con fondo rojo, para alertar al operador de que algo pasó. Si el tablero está funcionando en modo normal la leyenda será “Normal” con fondo verde.

Figura 57

Diseño de pantalla de configuración de la RTU pozo DRRA-006



5.11.4. Controlador lógico programable micrologix 1400

El PLC MicroLogix 1400 cuenta con 12 entradas digitales rápidas de 24V dc, 8 entradas digitales normales de 24V dc, 6 salidas digitales de relé, 3 salidas rápidas de CC y 3 salidas normales de CC. La tensión de línea que utiliza es de 24 V DC. (Automation, Sistema de controlador Logico programable , 2023, pág. 118)

A continuación, se detalla las principales características:

- Pantalla LCD para los estados de controlador de entra y salida
- Memoria de almacenamiento configurable para el manejo de aplicaciones
- 7 módulos de entrada y salida para la transmisión de datos
- Soporta los siguientes protocolos de comunicación RS232, RS485 serie, MODBUS y Ethernet están disponibles para la comunicación

- Rango de temperatura entre -20 °C y 60 °C.
- La filosofía de programación es RSLogix 500 y RSLogix Micro Ladder-Logic

5.11.4.1. Detalle de Programación de PLC para monitoreo de pozos

Para esta aplicación se ha seleccionado por sus características al PLC Micrologix 1400 el cual cuenta con la plataforma Rslgix 500, para el desarrollo de su software, el lenguaje utilizado será ladder, a continuación, se detalla la estructura estándar utilizada por el campo Drago

RUTINAS

- Main, al ser esta la rutina principal en ella se encuentra el llamado al resto de subrutinas, además la habilitación o deshabilitación del monitoreo de Gateway y variadores.

Figura 58

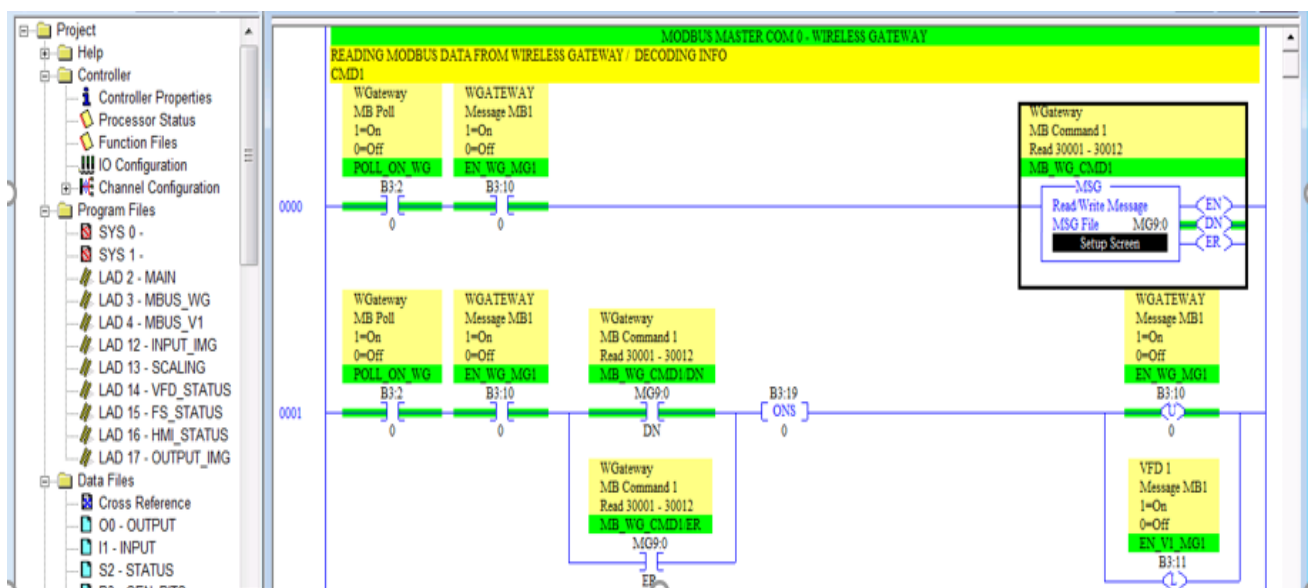
Subrutina de programación para la habilitación y deshabilitacion de la RTU



- MBUS_WG, dentro de esta rutina se encuentran los comandos necesarios para lectura a través del puerto de comunicación modbus RS-485, de las variables provenientes del Gateway, mismo que permite obtener datos del presión y temperatura de cabeza de pozo.

Figura 59

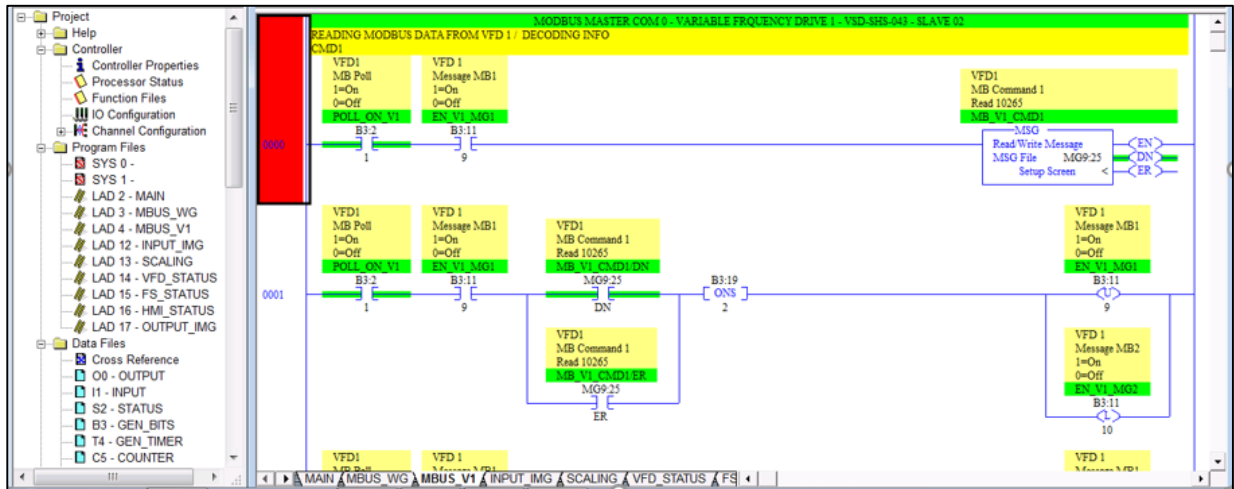
Subrutina de lectura de programación del protocolo modbus RS-485 de la RTU



- MBUS_V1, dentro de esta rutina se encuentran los comandos necesarios para lectura y escritura a través del puerto de comunicación modbus RS-485. Comandos de lectura de las variables a ser mostradas en el Scada, y comandos de escritura correspondientes al arranque, parada y variación de frecuencia.

Figura 60

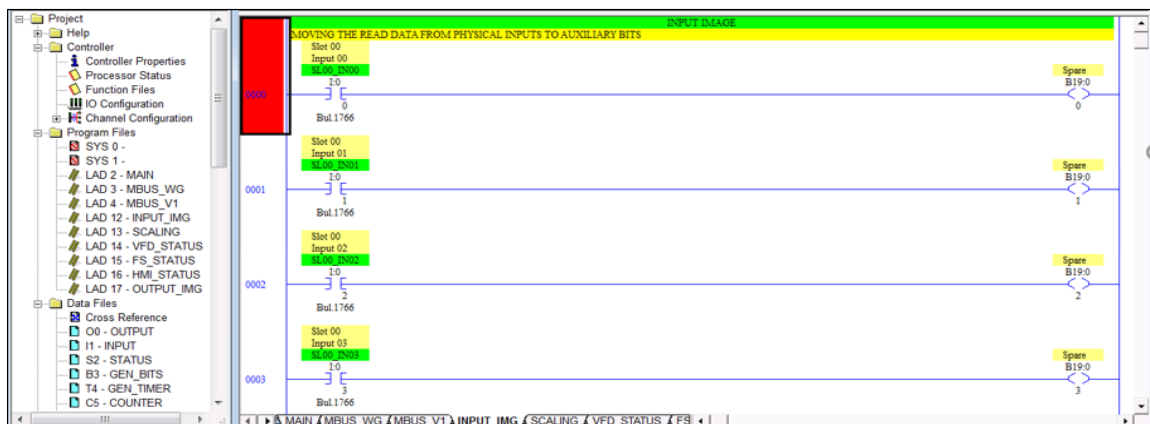
Subrutina de lectura de programación de arranque y parada del pozo



- INPUT_IMG, dentro de esta rutina se mueven las variables físicas de las entradas digitales a análogas hacia variables de memoria del PLC para su manejo y procesamiento.

Figura 61

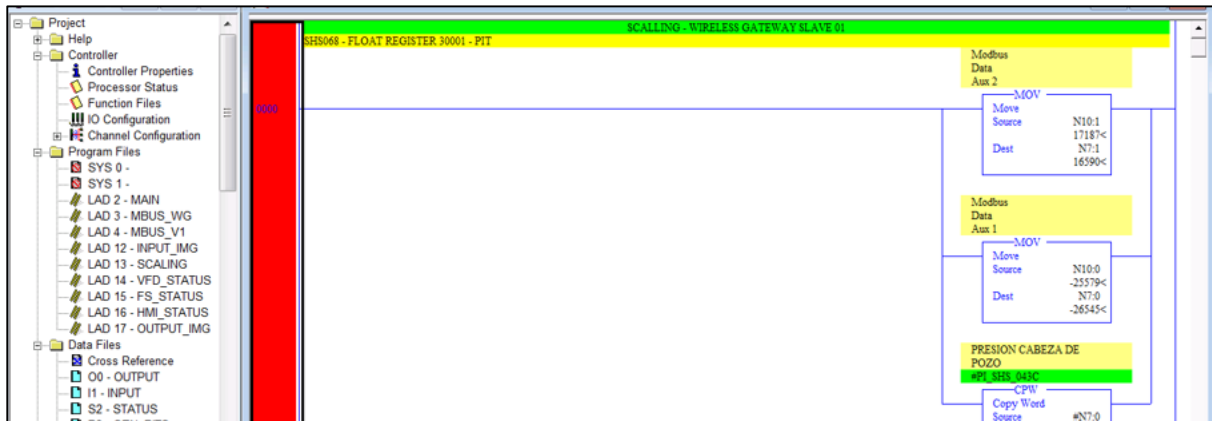
Subrutina de lectura de programación de entradas análogas de la RTU



- SCALING, se ejecutan los comandos necesarios para el escalamiento de las variables leídas desde el Gateway y el variador

Figura 62

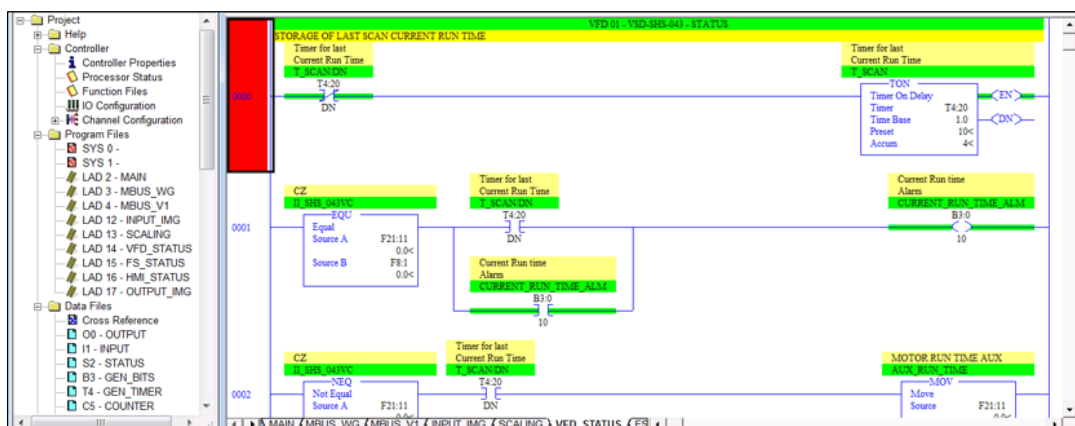
Subrutina de lectura de programación de escalamiento del Gateway y variador del pozo



- VFD_STATUS, dentro de esta rutina se encuentra la lógica para detección de fallas de los variadores.

Figura 63

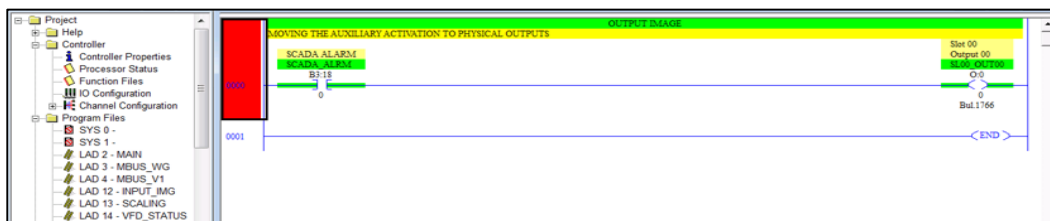
Subrutina de lectura de programación detección de fallas de los variadores



- OUTPUT_IMG, dentro de esta rutina se mueven las variables físicas de las salidas digitales y análogas hacia variables de memoria del PLC para su manejo y procesamiento

Figura 64

Subrutina de lectura de programación de variables de memoria de PLC



5.11.5. Definiciones del diseño de HMI del campo Drago

- SCADA: (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). El software de aplicación SCADA que se ejecuta en una computadora (Estación de Operador) permite realizar funciones propias de este concepto como son: Supervisión / Monitoreo, Control / Telecomando y Adquisición de Datos.
- Tag: Corresponde a una etiqueta o nombre de un elemento dentro del Sistema SCADA, cada tag posee una serie de atributos. Cada “Tag” es único.
- First Out: Indica la primera alarma que se presentó en el proceso, permite al operador encontrar la causa raíz de una serie de varias alarmas que pueden presentarse en cadena en el proceso.

- **By-pass:** Es una acción asociada a las alarmas de un instrumento, permitiendo al proceso ignorar las alarmas en las que se habilite el By-pass para que no sean consideradas en la lógica de control. Esta acción no puede ser realizada por usuario “Operador” por restricción operativa, puede ser activada por el supervisor de estación hasta el administrador del sistema.
- **Inhibir:** Es una acción que permite eliminar virtualmente a un instrumento, esta acción es utilizada para realizar el mantenimiento en un instrumento que tenga una lógica de control asociada. Esta acción no puede ser realizada por usuario “Operador” por restricción operativa, puede activar esta acción desde el supervisor de estación hasta el administrador del sistema.
- **Lazo de Control:** Conjunto de dispositivos (transmisor, controlador, elemento final de control) que juntos ejecutan una función regulatoria sobre la variable de un proceso de manera tal que ésta no se desvíe respecto de un punto de consigna / referencia deseada.
- **Controlador Lógico Programable:** Es un dispositivo electrónico industrial programable compuesto por un procesador y tarjetas de entradas-salidas que es capaz de ejecutar funciones lógicas y de control regulatorio.
- **Transmisor:** Es un tipo de instrumento capaz de captar la información (variable) de un proceso y convertirla en una señal la cual puede ser transmitida a un dispositivo receptor como por ejemplo un PLC, RTU o similar.

- Variador de velocidad: Es un dispositivo eléctrico / electrónico que permite regular / modular, la cual la rotación de motor es en corriente continua y la cual es controlada por el variador de frecuencia.
- Alarma: Es una notificación al operador que se activa cuando un valor de proceso no es normal o cruza los límites preestablecidos. Debe ser atendida por el operador al momento de su aparición.
- Instrumentación: Es un conjunto de equipos utilizados para la medición, conversión, transmisión, control o registro de las variables presentes en un proceso industrial.
- Evento: Es un evento distintivo que señala un cambio importante en una característica relacionada con una variable.
- Error: La discrepancia entre la salida esperada de un sistema según un modelo y la medición real. Se emplea como un mecanismo de alerta para detectar posibles fallos.
- Detección de fallos: Presencia de fallos.
- Diagnóstico de fallos: Determinación del origen de los fallos
- Monitorización: Representación gráfica del funcionamiento en forma real y del proceso de la planta para la supervisión o vigilancia.
- Supervisión: Representación gráfica del proceso para detectar el posible fallo y actuar en tiempo real. Sugerir medidas correctivas en respuesta a situaciones identificadas y

analizadas

- Fallo: Suspensión continua, completa o parcial, en el funcionamiento habitual del sistema.
- Parámetros: Se refiere a las variables y constantes presentes en una ecuación matemática, cuyos cambios son los responsables de generar diversas soluciones para un problema.
- Modo Automático de control: Es el modo de un controlador en el cual por sí mismo calcula la salida hacia un elemento final de control con la finalidad de alterar el valor de la PV (Variable de proceso). Solo es necesario ingresar un Set Point o punto de consigna / referencia deseada
- Modo Manual de Control: Es el modo de un controlador en el cual hay intervención del operador que escribe la salida hacia un elemento final de control con la finalidad de alterar el valor de la PV (Variable de proceso). En este modo NO se ingresa un Set Point o punto de consigna / referencia deseada.
- Históricos: Servidor de Históricos: Es un tipo de servidor del SCADA que permite almacenar información del pasado de las variables del proceso (ejm: presiones, temperaturas, etc.) para así poder realizar análisis sobre el comportamiento de dicho proceso

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El campo Drago en la actualidad tiene 56 pozos con una producción de 10000 barriles al día en promedio de las cuales no poseen un sistema de control en tiempo real, la necesidad de contar con una tecnología de punta con medios de transmisión eficientes, escalables y fiables se vuelve una necesidad en la operación la cual se puede mitigar varios factores como la pérdida de petróleo, derrame, accidentes y afectación al medio ambiente causando pérdidas económicas a la empresa.
- Al analizar la propuesta de repotenciar el sistema o agregar mejoras para la adquisición de datos se observa una mejora de seguridad en la operaciones además se añade un beneficio adicional para mejorar los tiempos de los datos de los pozos en producción la cual se tiene en tiempo real el control del proceso de encendido y apagado de pozos cuando existe una falla, cierre de válvulas y monitoreo de variables como la presión de fondo, temperatura de cabezal, facilitando a los operadores y re corredores de pozos a ir a la locación remota y revisar manualmente los datos.
- En el diseño de mejora de la infraestructura datos y la red SCADA del campo Drago tenemos que tomar en cuenta todo el equipamiento que con lleva este diseño y la fase de instalación de cada elemento para completar el sistema de monitoreo.
- En el campo Drago la infraestructura de red mediante la fibra óptica como medio de conexión es ideal ya que garantiza confiabilidad en el momento de transmitir datos a

alta velocidad a lo largo de extensas distancias sin que los datos sufran degradación, con el propósito de ofrecer a la planificación del sistema SCADA y a los usuarios finales del campo Drago servicios de telecomunicaciones avanzados, incluyendo los servicios telefónicos, de negocios, red inalámbrica y los datos del sistema SCADA.

- El Diseño del Control Remoto De Pozos del campo Drago beneficia a la visualización de variables de los pozos, la cual nos da una funcionalidad de control sobre ellos mediante los sistemas de RTU y F.O. a ser instalados en las plataformas mediante una tarjeta de comunicación a ser instalada en el VSD, con este control requiere principalmente el arrancar el pozo, parar el Pozo y modificar la frecuencia del VS
- Con el apoyo del área de Automatización y control llevando un trabajo en conjunto con el área de Tecnologías de la información los datos adquirido en cada RTU de las plataformas se podrá visualizar en forma gráfica los parámetros antes descritos.
- El ambiente grafico de cada pantalla se diseñó de una forma amigable al usuario final la cual debe tener en claro como es el funcionamiento de cada proceso de su planta y tomar decisiones basado en la experiencia y los datos adquiridos de la RTU.

6.2. Recomendaciones

Una vez concluida la propuesta de mejora de fin de carrera y haber comprendido las falencias que existen en el campo Drago tanto en el área de telecomunicación y en la parte de control afectando a la economía del país y la parte ambiental se recomienda lo siguiente:

- Incentivar que el proyecto propuesto de mejora del sistema de monitoreo de pozos en SCADA del campo Drago ubicada en el cantón Shushufindi sea viable a la implementación del mismo mejorando sustancialmente el tiempo de visualización o respuesta o alarma que ocurra en el sistema, mejorando el proceso del campo.
- En la fase de implementación de los instrumentos de medición se debe garantizar la calibración, mantener, verificar el buen funcionamiento de los equipos y lo más importante garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas
- Mantener un procedimiento de encendido y apagado de los pozos cuando ocurra un evento ambiental o cuando haya una falla en el proceso de producción de crudo.
- Realizar un estudio que permita el correcto funcionamiento de la planta de proceso en Drago en tiempo real complementado con el monitoreo de pozos la cual se tendría un solo sistema SCADA que puedas visualizar la extracción de crudo, almacenamiento y despacho del mismo.

6. Referencias

- (s.f.).
ACADEMY, C. (2013). *CISCO CCNA EXPLORATION*. Obtenido de https://www.academia.edu/11761794/CISCO_CCNA_EXPLORATION_4_0_Aspectos_B%3%A1sico_de_Interworking
- Automation, R. (16 de 2 de 2022). *FactoryTalk View - Software de HMI*. Obtenido de [FactoryTalk View - Software de HMI](#)
- Automation, R. (2023). *Sistema de controlador Logico programable* . Obtenido de <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/micro-controllers/micrologix-family/micrologix-1400-controllers.html>
- Blogs, M. (19 de 03 de 2021). *Micro Blogs*. Obtenido de <https://ec2-cli.com/es/unidad-terminal-remota-rtu/>
- CISCO. (20 de 06 de 2023). *Revisión del protocolo Ethernet resistente*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/lan-switching/ethernet/116384-technote-rep-00.html
- CONTROL, P. (12 de 7 de 2016). *Introducción a Servidores OPC*. Obtenido de <http://pdacontroles.com/introduccion-servidores-opc/>
- Edimar, E. (2 de 02 de 2022). *SCADA SOFTWARE*. Obtenido de <https://edimar.com/scada-software/>
- Emerson. (2023). *Wireless Gateway*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-ar/catalog/emerson-sku-wireless-1420-gateway-es-mx>
- Fluxlight. (2019). *Cisco Compatible GLC-LX-SM-RGD*. Obtenido de <https://www.fluxlight.com/content/Tech-Docs/Cisco%20GLC-LX-SM-RGD%20Datasheet.pdf>
- Industria, C. d. (2010). *MODBUS*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/>
- industriales, T. y. (5 de 02 de 2019). *Trasmisores de Nivel*. Obtenido de <https://www.tecnicasycontroles.com/Trasmisores-2/>
- QuestionPro. (2023). *Metodo Analitico*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-analitico/>
- *Sistema de monitoreo de pozos*. (12 de 09 de 2021). Obtenido de Exemys: https://www.exemys.com/LINKS/Monitoreo_Pozos_Inyectores/
- Teran, N. (5 de 2021). *Estandar IEEE802.3 y Ethernet*. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/estandar-ieee-8023-y-ethernet-pqn82jo732n1>

- Weis, O. (21 de 10 de 2021). *Guía de Comunicación*. Obtenido de Guía de Comunicación : <https://www.eltima.com/es/article/rs485-communication-guide/>
- Weis, O. (20 de 10 de 2021). *Guía de la comunicación RS485*. Obtenido de <https://www.eltima.com/es/article/rs485-communication-guide/>
- Weis, O. (20 de 08 de 2021). *Guía de la comunicación RS485*. Obtenido de <https://www.eltima.com/es/article/rs485-communication-guide/#:~:text=La%20longitud%20m%C3%A1xima%20del%20cable%20utilizado%20en%20las,una%20velocidad%20de%20datos%20m%C3%A1xima%20de%205%200Mbps%2Fs>.
- Wika_Presión. (2021). *Trasmisión de presión*. Obtenido de <https://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-presion/>






















ANEXOS

ANEXO 1

Status de monitoreo de pozos sistema actual

- Estado de pozos en el sistema actual del campo Drago la cual se visualiza el status de Encendido y apagado

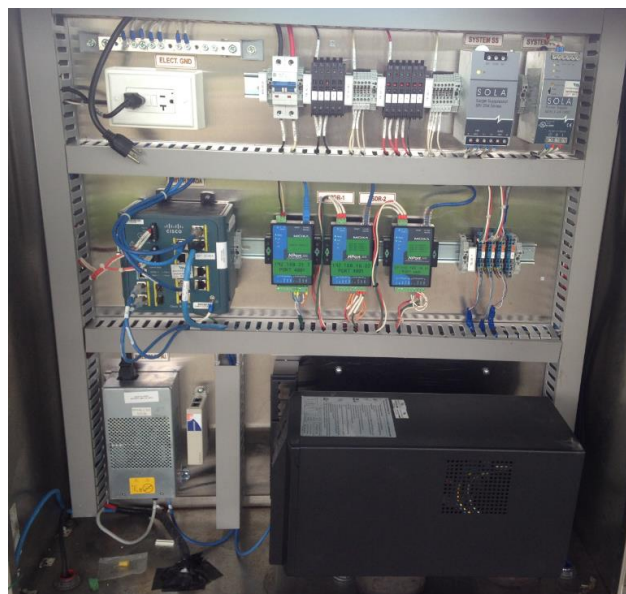
Estado de Pozos

 DRRR-011UI	DRRD-024TS	DRTA-001TI
 DRRR-015UI	DRRD-026UI	 DRTA-005TS
 DRRR-035S1U	 DRRD-028TI	DRTA-008UI
 DRRR-042UI	 DRRD-040TI	DRTA-009UI
 DRRR-048UI	 DRRD-045TS	 DRTA-010TI
 DRRC-036UI	 DRRD-053UI	DRTA-012TI
 DRRC-049UI	 DRRD-055S1U	
 DRRC-052TI	 DRRE-007TI	
 DRRD-022TS	 DRRE-038TI	
 Pozo "On"	 Pozo "Off"	 Falla comunicación

ANEXO 2

Tablero de control de la plataforma DRRA

- Tablero actual del Campo Drago del monitoreo de pozos la cual están instalados switch de comunicación, UDS el conversor de la comunicación RS232 – Ethernet y respaldo de energía.



ANEXO 3

Especificaciones de fibra Monomodo

- Fibra óptica ADSS 12 hilos para exteriores con un vano de 100 mts, cual cumple con las especificaciones del diseño



CABLE FIBRA ÓPTICA SAT ADSS AEREA 4KM MONOMODO EXTERIOR

SAT CFOADX4YMOE

- X = 6, 12, 24 hilos
- Y = Span 80, 100, 200 metros
- Uso en exteriores

ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS

- A prueba de humedad y evita la penetración de agua.
- Flexibilidad y resistencia al aplastamiento.
- La cubierta de polietileno protege el cable de la radiación ultravioleta.
- Plástico reforzado con una sola fibra como miembro de fuerza central.
- Baja emisión de humos, cero halógenos y cubierta ignífuga.
- Adecuado para instalación construida sobre pilotes, y tendido de tuberías.

MERCADOS



Constructoras



Telecomunicaciones



ISP



Integradores

CERTIFICACIONES

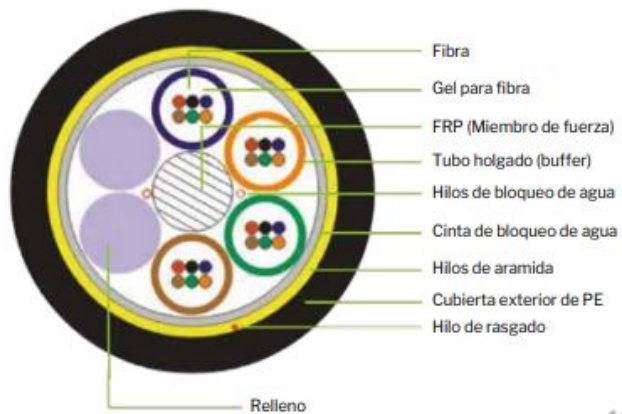


60793-1-1-2008

60794-1-2-2003

DESCRIPCIÓN

El cable de fibra óptica SAT para instalaciones aéreas es completamente dieléctrico y autoportado, sin estructura metálica, con excelente rendimiento contra interferencias electromagnéticas.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Tipo de fibra		ITU-G.652.D			
Cantidad de hilos (core)		6F	12F	24F	24F
Cantidad de tubos holgados (ea)		1	2	4	4
Cantidad relleno (ea)		5	4	2	2
Tubo holgado (Buffer)	OD (mm)	1.9±0.1	2.0±0.1	1.8±0.1	2.0±0.1
	Material	PBT			
Miembro de fuerza/Relleno	OD (mm)	2.0±0.1			
	Material	FRP			
Material para bloqueo de agua		Hilos de kevlar & Cinta de bloqueo			
Miembro de fuerza exterior		Hilo de aramida			
Hilo de rasgado (ea)		SI			
Revestimiento	Material	PE			
	Grosor (mm)	1.6±0.1			
Dimensiones del cable (mm)		9.5±0.2	9.9±0.2	9.2±0.2	9.9±0.2
Peso Neto (kg/km)		75±5kg	81±5kg	67±5kg	79±5kg
Span (metros)		100	200	80	200
Cubierta para hielo (mm)		0mm			
Velocidad del viento (m/s)		25m/s			
Carga de tracción (MAT, N)		1400N	2400N	1200N	2400N

RANGO DE TEMPERATURA

Temperatura de operación	-40C°+70C°
Temperatura de almacenamiento/transporte	-40C°+70C°
Temperatura de instalación	-20C°+70C°

FIBRA / IDENTIFICACIÓN HILO DE FIBRA (CORES)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Color Fibra	Azul	Naranja	Verde	Café	Gris	Blanco	Rojo	Negro	Amarillo	Violeta	Rosado	Aqua

Anexo 4

Especificaciones de módulo de Fibra óptica

- Módulo de Fibra óptica Monomodo de 10km para el diseño de anillo de la infraestructura física

Cisco Compatible GLC-LX-SM-RGD-FL Quick Spec:

Part Number	GLC-LX-SM-RGD-FL
Form Factor:	SFP
TX Wavelength:	1310nm
Reach:	10km
Cable Type:	SMF
Rate Category:	1000Base
Interface Type:	LX
DDM:	Yes
Connector Type:	Dual-LC



Cisco Compatible GLC-LX-SM-RGD-FL Features

- Up to 1.25Gb/s data links
- Hot-pluggable SFP Footprint
- Compliant with specifications for IEEE802.3Z
- Eye Safety Designed to meet Laser Class1 Compliant with IEC60825-1
- Single +3.3V Power Supply
- RoHS compliance
- 10km links on standard 9/125 micron singlemode fiber
- Operating temperature range:
 - Standard 0 to +70 °C
 - Industrial -40 to +85 °C

Cisco Compatible GLC-LX-SM-RGD-FL Applications

- Gigabit Ethernet
- 1x Fiber Channel
- Other optical links

Anexo 5

Especificaciones de equipamiento de networking Catalyst IE3300 w/ 8 GE Copper (4PPoE) & 2 10G SFP- Mod- NE datasheet



Feature	Benefit
Robust industrial design	<ul style="list-style-type: none"> Built for harsh environments and temperature ranges (-40°C to +75°C) Fanless, convection-cooled with no moving parts for extended durability Hardened for vibration, shock and surge, and electrical noise immunity Complies with multi-industry specifications for automation, ITS, and substation environments Improves uptime, performance, and safety of industrial systems and equipment Covers a wide range of Power over Ethernet (PoE) (up to IEEE® 802.3bt type 4) application requirements Alarm I/O for monitoring and signaling to external equipment
Full Gigabit Ethernet interfaces with 10G uplink variants	<ul style="list-style-type: none"> Provides secure access for new high-speed applications in the industrial space There are two base system port configurations available: 2 ports of 1GE uplinks or 2 ports of 10G uplinks: <ul style="list-style-type: none"> Packs up to 10 ports - 2x 10G Small Form-Factor Pluggable (SFP+) uplinks plus 8x 1GE copper RJ45 downlink ports (with IEEE® 802.3bt PoE or non-PoE) in a small form-factor base system Packs up to 10 ports of GE - 2x 1GE Small Form-Factor Pluggable (SFP) uplinks plus 8x 1GE copper RJ45 downlink ports (with PoE+ or non PoE) in a small form-factor base system Expandable <ul style="list-style-type: none"> to up to 26 ports of GE by attaching one of 8 compatible modules (copper, PoE, fiber and 2.5G with IEEE® 802.3bt type 4 options) to up to 24 ports of GE plus 2 ports of 10G by attaching one of the 8 compatible modules (copper, PoE, fiber and 2.5G with IEEE® 802.3bt type 4 options) Connects high-speed wireless access points (802.11n, 802.11ac, 802.11ac WAVE 2, 802.11ax) Enables Ultra High-Definition (UHD), PTZ IP cameras, Programmable Logic Controllers (PLC) and Wi-Fi 6 Access Points Delivers multiple rings and redundant ring topologies for new network configurations Extends geographical scalability where longer-distance connectivity is required
High-density industrial Power over Ethernet (PoE)	<ul style="list-style-type: none"> Supports <ul style="list-style-type: none"> up to 24x PoE/PoE+ ports or 4x 802.3bt type 4 ports (with 2.5G expansion module) with the all GE PoE enabled base [Power budget - 360W] up to 24x PoE/PoE+ ports or 8x "802.3bt type 3" ports or 4x "802.3bt type 4" ports with the 10G, PoE enabled system [Power budget - 480Watts] Controls costs by limiting wiring, distribution panels, and circuit breakers Reduces equipment needs, thus requiring less space and reducing heat dissipation Enables ready-to-use PoE devices, such as IP phones, cameras, and wireless access points