

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de  
petróleo crudo, ante derrames basado en el diseño de un  
sistema de bloqueo automático**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Elaborado por

Daniel Teodoro Davila Ticona

 [0009-0000-3356-0563](https://orcid.org/0009-0000-3356-0563)

Asesor

MSc. Alcides Guillermo Joo Aguayo

 [0000-0002-8459-8489](https://orcid.org/0000-0002-8459-8489)

LIMA – PERÚ

2025

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Citar/How to cite              | (Davila, 2025)   |
| Referencia/Reference           | Davila, D. (2025). <i>Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, ante derrames basado en el diseño de un sistema de bloqueo automático</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI. |
| Estilo/Style:<br>APA (7ma ed.) |  |

### ***Dedicatoria***

*Este trabajo está dedicado de manera muy especial a mis padres, Rosita y Teodoro, quienes con su ejemplo me enseñaron a trabajar y brindaron apoyo constante. Sé que desde el cielo estarán muy contentos, gracias por todo.*

## **Resumen**

Los hidrocarburos son transportados desde la plataforma de producción hasta la refinería para ser procesados. Debido a las largas distancias entre estos dos puntos, se utiliza el oleoducto. Los oleoductos son inspeccionados periódicamente para evaluar la integridad estructural del sistema y de ser necesario, se realizan trabajos de reparación para evitar eventos de derrame. Estos eventos de derrame también son causados por problemas sociales con las comunidades aledañas al oleoducto.

En la presente investigación se realizó el diseño de un sistema de bloqueo automático mediante válvulas operadas remotamente para disminuir los impactos negativos causados por los derrames de petróleo. Para el diseño se recopilan datos de la inspección del oleoducto, donde se detalla la medición de espesores y anomalías que presenta; informes históricos de los derrames detallando las causas y cantidades de petróleo derramado y los parámetros de operación en el oleoducto. El sistema de bloqueo automático coordinará con el sistema de detección de fugas del oleoducto para ejecutar el cierre automático de las válvulas.

Palabras clave: Oleoducto, petróleo crudo, derrame de petróleo, SCADA, sistema de detección de fugas, válvula de bloqueo.

## **Abstract**

Hydrocarbons are transported from the production platform to the refinery to be processed. Due to the long distances between these two points, the oil pipeline is used. The oil pipelines are periodically inspected to assess the structural integrity of the system and, if necessary, repair work is carried out to avoid leak events. These leak events are also caused by social problems with the communities surrounding the pipeline.

In this research the designs an automatic blocking system through remotely operated valves is reached to reduce the negative impacts caused by oil leak. For the design, data from the inspection of the pipeline is collected, where the measurement of thicknesses and anomalies that it presents are detailed; historical reports of leaks detailing the causes and amounts of oil spilled and the operating parameters of the oil pipeline. The automatic blocking system will coordinate with the pipeline leak detection system to execute the automatic closing of the valves.

Keywords: Oil pipeline, crude oil, oil leak, SCADA, leak detection system, block valve.

## Tabla de Contenido

Pág.

|  |     |
|--|-----|
| Resumen .....  | iv  |
| Abstract .....   | v   |
| Introducción .....   | xii |
| Capítulo I. Generalidades .....                                | 1   |
| 1.1 Antecedentes de la investigación .....                     | 1   |
| 1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio ..... | 9   |
| 1.3 Formulación del problema .....                             | 11  |
| 1.3.1 Problema Principal .....                                 | 11  |
| 1.3.2 Problemas Específicos .....                              | 12  |
| 1.4 Justificación e importancia .....                          | 12  |
| 1.4.1 Justificación .....                                      | 12  |
| 1.4.2 Importancia .....  | 12  |
| 1.5 Objetivos .....  | 12  |
| 1.5.1 Objetivo General .....                                   | 12  |
| 1.5.2 Objetivos Específicos .....                              | 13  |
| 1.6 Hipótesis .....  | 13  |
| 1.6.1 Hipótesis General .....                                  | 13  |
| 1.6.2 Hipótesis Específicas .....                              | 13  |
| 1.7 Variables y operacionalización de variables .....          | 13  |
| 1.7.1 Operacionalización de variables .....                    | 14  |
| 1.8 Metodología de la investigación .....                      | 15  |
| 1.8.1 Unidad de análisis .....                                 | 15  |
| 1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación .....             | 15  |
| 1.8.3 Diseño de la investigación .....                         | 15  |
| 1.8.4 Fuentes de información .....                             | 15  |
| 1.8.5 Población y muestra .....                                | 16  |
| 1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....    | 16  |
| 1.8.7 Análisis y procesamiento de datos .....                  | 16  |
| Capítulo II. Marco teórico y conceptual .....                  | 17  |
| 2.1 Bases teóricas .....                                       | 17  |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.1.1  | Oleoducto y Petróleo crudo.....   | 17 |
| 2.1.2  | Sistema SCADA.....  | 22 |
| 2.1.3  | Instrumentación Industrial .....  | 26 |
| 2.1.4  | Niveles de la automatización.....   | 28 |
| 2.1.5  | Análisis costo - beneficio.....   | 30 |
| 2.1.6  | Remediación ambiental.....  | 32 |
| 2.1.7  | Disponibilidad.....   | 34 |
| 2.2  | Marco conceptual .....  | 36 |
| Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación..... |   | 37 |
| 3.1  | Desarrollo del diseño .....   | 37 |
| 3.2  | Recopilación de datos.....  | 39 |
| 3.3  | Datos generales del oleoducto .....   | 39 |
| 3.4  | Historial de derrames en el Oleoducto tramo II.....                               | 40 |
| 3.5  | Parámetros de operación.....  | 42 |
| 3.6  | Selección de la instrumentación y equipos .....                                   | 42 |
| 3.7  | Válvula de Bloqueo .....  | 43 |
| 3.8  | Transmisor de presión .....   | 45 |
| 3.9  | Transmisor de temperatura.....  | 47 |
| 3.10   | Gabinete COM.....   | 50 |
| 3.11   | Gabinete TDP .....  | 51 |
| 3.12   | Arquitectura de control.....  | 52 |
| 3.13   | Filosofía de control .....  | 54 |
| 3.13.1   | Tipo de usuarios.....   | 54 |
| 3.13.2   | Tipos de operación.....   | 54 |
| 3.14   | Programación del PLC.....   | 56 |
| 3.14.1   | Selección del modo de cierre de la válvula de bloqueo .....                       | 56 |
| 3.14.2   | Tratamiento de señales análogas .....   | 57 |
| 3.14.3   | Activación y desactivación de las alarmas ante baja de presión del oleoducto..... | 59 |
| 3.14.4   | Cierre de la válvula ESD ante baja de presión.....                                | 60 |
| 3.14.5   | Reset y apertura de válvula ESD .....   | 62 |
| 3.15   | Diseño de la interfaz gráfica .....   | 64 |
| 3.15.1   | Diseño de pantalla SCADA .....  | 65 |

|   |    |
|---|----|
| 3.15.2 Definición de usuarios .....   | 69 |
| Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados   | 71 |
| 4.1 Resultados.....   | 71 |
| 4.1.1 Nivel de disponibilidad.....  | 71 |
| 4.1.2 Análisis de la disponibilidad inicial del sistema de transporte de petróleo crudo .....                             | 72 |
| 4.1.3 Análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático ..... | 73 |
| 4.2 Análisis costo-beneficio .....  | 74 |
| 4.2.1 Cálculo del costo de instalación de una válvula de bloqueo .....  | 74 |
| 4.2.2 Cálculo del costo de remediación de suelos .....  | 80 |
| 4.2.3 Análisis costo-beneficio.....   | 83 |
| 4.2.4 Análisis de sensibilidad .....  | 85 |
| 4.2.5 Análisis bidimensional .....  | 86 |
| 4.2.6 Cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo a instalar .....  | 86 |
| 4.3 Contrastación de hipótesis general.....   | 87 |
| 4.4 Contrastación de hipótesis específicas.....   | 88 |
| 4.5 Discusión de resultados.....  | 89 |
| Conclusiones.....   | 91 |
| Recomendaciones.....  | 92 |
| Referencias bibliográficas .....  | 93 |
| Anexos .....  | 96 |



## Lista de tablas

|   | Pág. |
|---|------|
| Tabla 2-1: Características de los ductos del ONP .....  | 22   |
| Tabla 2-2: Interpretación del VAN .....   | 31   |
| Tabla 2-3: Interpretación del valor del TIR.....  | 32   |
| Tabla 2-4: Estándar de calidad de suelo para hidrocarburos.....   | 34   |
| Tabla 3-1: Datos generales del Oleoducto .....  | 39   |
| Tabla 3-2: Historial de derrames en el Tramo II del ONP .....   | 40   |
| Tabla 3-3: Parámetros de operación del Tramo II del ONP .....   | 42   |
| Tabla 3-4: Datos de la válvula .....  | 44   |
| Tabla 3-5: Datos del actuador .....   | 45   |
| Tabla 3-6: Datos de transmisor de presión.....  | 47   |
| Tabla 3-7: Datos del sensor RTD y transmisor de temperatura .....   | 49   |
| Tabla 3-8: Tipos de usuarios .....  | 54   |
| Tabla 4-1: Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte sin el sistema de bloqueo automático ..... | 72   |
| Tabla 4-2: Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático ..... | 73   |
| Tabla 4-3: Costo para la instalación de una válvula de bloqueo .....  | 79   |
| Tabla 4-4: Parámetros del área a remediar .....   | 80   |
| Tabla 4-5: Costo de la remediación de suelo contaminado por hidrocarburo (área 30m x 30m) .....                       | 82   |
| Tabla 4-6: Egresos del proyecto.....  | 84   |
| Tabla 4-7: Beneficios del proyecto .....  | 84   |
| Tabla 4-8: Cálculo de indicadores .....   | 84   |
| Tabla 4-9: Análisis de sensibilidad .....   | 85   |
| Tabla 4-10: Análisis bidimensional del proyecto .....   | 86   |

## Lista de figuras

|   | Pág. |
|---|------|
| Figura 1.1: Tipos y cantidades de incidentes reportados en el oleoducto zona distrito Yinchuan. ....                  | 3    |
| Figura 1.2: Interfaz para el ingreso de datos.....  | 5    |
| Figura 1.3: Curvas de desplazamiento vertical para izaje de ducto expuesto al aire, agua o interfase entre ambas..... | 6    |
| Figura 1.4: Volumen transportado por el Oleoducto Norperuano .....  | 10   |
| Figura 1.5: Contingencias en el Oleoducto Norperuano durante los años 2014 - 2019. ....                               | 11   |
| Figura 2.1: Características del ducto .....   | 18   |
| Figura 2.2: Arquitectura general de sistema SCADA .....   | 23   |
| Figura 2.3: Concepto de driver o controlador .....  | 25   |
| Figura 2.4: Pirámide de automatización industrial.....  | 29   |
| Figura 3.1: Flujograma del diseño.....  | 38   |
| Figura 3.2: Válvula y actuador electrohidráulico.....   | 43   |
| Figura 3.3: Transmisor de presión de la marca Honeywell.....  | 46   |
| Figura 3.4: Transmisor de temperatura Honeywell .....   | 48   |
| Figura 3.5: Sensor RTD.....   | 49   |
| Figura 3.6: Arquitectura de control.....  | 53   |
| Figura 3.7: Diagrama de flujo de operación .....  | 55   |
| Figura 3.8: Programación de la selección del modo de cierre de válvula ESD.....                                       | 57   |
| Figura 3.9: Tratamiento de señales análogas de presión.....   | 58   |
| Figura 3.10: Tratamiento de señales análogas de temperatura .....   | 58   |
| Figura 3.11: Activación de la alarma por baja de presión en el oleoducto.....   | 59   |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Figura 3.12: | Desactivación de alarma de baja presión.....                    | 60 |
| Figura 3.13: | Cierre automático de la válvula ESD.....                        | 61 |
| Figura 3.14: | Cierre manual de la válvula ESD .....                           | 62 |
| Figura 3.15: | Activación del Reset de la Válvula ESD .....                    | 63 |
| Figura 3.16: | Apertura de la válvula ESD .....                                | 63 |
| Figura 3.17: | Pantalla SCADA .....  | 64 |
| Figura 3.18: | Pantalla de inicio del sistema SCADA.....                       | 65 |
| Figura 3.19: | Inicio de sistema de bloqueo automático .....                   | 66 |
| Figura 3.20: | Cierre de válvula ESD.....                                      | 67 |
| Figura 3.21: | Desactivación de alarma y reset de válvula ESD .....            | 68 |
| Figura 3.22: | Apertura de la válvula ESD y restablecimiento de presión .....  | 69 |
| Figura 4.1:  | Vista general de la instalación de una válvula de bloqueo ..... | 78 |
| Figura 4.2:  | Ubicación de válvulas de bloqueo.....                           | 87 |

## **Introducción**

El aporte del trabajo de suficiencia comprende el diseño de un sistema de bloqueo automático en oleoductos para reducir las pérdidas de petróleo crudo a causa de derrames, mejorar la disponibilidad del sistema de transporte del petróleo crudo y reducir los impactos negativos ambientales y en costos.

El presente trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I, se presentan los antecedentes de la investigación, la problemática relacionada a derrames de petróleo crudo en oleoductos, justificación e importancia, los objetivos, las hipótesis, las variables, operacionalización de variables y la metodología de la investigación.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, describiendo los oleoductos, petróleo crudo, instrumentación industrial, sistema SCADA y demás definiciones. En adición, se desarrolla el marco conceptual donde se identifican términos que tienen más de un significado y se aclara su definición para el presente trabajo de suficiencia.

En el capítulo III, se desarrolla el diseño del sistema de bloqueo automático a partir de la información recopilada con los formatos adjuntos en los anexos. También se presenta el análisis de costo-beneficio del proyecto de instalación de una válvula de bloqueo automático.

En el capítulo IV, se presentan los resultados, la contrastación de hipótesis y la discusión de los resultados, donde se contrasta los resultados de la investigación con la hipótesis formulada.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de suficiencia, así también, las referencias bibliográficas y anexos utilizados.

# Capítulo I. Generalidades

## 1.1 Antecedentes de la investigación

A continuación, se citan algunos antecedentes relacionados al tema de investigación.

El trabajo de Sánchez Miguel (2018)<sup>1</sup> tiene como objetivo diseñar un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas en oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el departamento de Piura. La investigación es aplicada de nivel descriptiva y correlacional con enfoque cuantitativo. El autor realiza el cálculo del ancho de banda (BW) necesario para transportar la información, tomando en cuenta el número de estaciones en la refinería Talara y los sistemas de detección de fugas, videovigilancia, fire and gas y SCADA. El trabajo presenta análisis del espectro de frecuencias utilizando el software Chanalyzer y el analizador Wispy DBx, dando como resultados una reserva del 25% para transportar la información. El autor concluye que el ancho de banda calculado es suficiente para transportar la información de los sistemas SCADA, detección de fugas y videovigilancia, y que, respecto a la redundancia utilizada en el proyecto, el sistema de radioenlaces tiene una disponibilidad del 100%.

El trabajo de Smith Gerónimo (2018)<sup>2</sup> tiene como objetivo principal, diseñar un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina. La investigación es aplicada de nivel descriptiva y correlacional con enfoque cuantitativo. El autor establece los criterios para seleccionar el método de detección de fugas y el proceso

---

<sup>1</sup> **Sánchez & Vargas (2018).** Diseño de un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas de oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el Departamento de Piura. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2017>

<sup>2</sup> **Smith Gerónimo (2018).** Diseño de un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina de 18 pulg. de diámetro del nuevo terminal Ilo de petróleos del Perú - Petroperú S.A. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

para obtener la data de presión y flujo en operación normal y operación con fugas. El método seleccionado para la detección de fugas es el de seguimiento de la presión y flujo. El autor verifico que el método seleccionado cumple con la Norma API 1130 (computational pipeline monitoring) y el D.S. 081-2007-EM (reglamento de transporte de hidrocarburos por ductos). El autor concluye que se logra diseñar un algoritmo del sistema de detección de fugas en una línea submarina de 18" de diámetro nominal.

El trabajo de investigación Fataliyev Tahmasib (2018)<sup>3</sup>, tiene como objetivo realizar un estudio del estado actual y proponer nuevos enfoques para la solución de problemas de operación de un complejo de petróleo y gas. El autor analiza los principales procesos tecnológicos y la posibilidad de incrementar el uso de estas herramientas tecnológicas en el complejo. Describe como problema principal el transporte de petróleo, gas y derivados hacia las plantas de procesamiento, debido a las largas distancias de los oleoductos y gaseoductos, sumados al difícil acceso, ello representa un gran peligro ambiental debido a la amenaza de fugas y derrames en caso de contingencias. El autor presenta un nuevo enfoque para la solución de problemas de operación basado en un sistema ciber-físico que consiste en automatizar los procesos, comunicar dispositivos y almacenar datos; para ello se tiene que reemplazar los dispositivos de control y monitoreo conservadores, en su mayoría manuales, por sensores nuevos y de fácil instalación que permite un control automático continuo de los procesos tecnológicos, el registro y almacenamiento de datos y la configuración remota. El autor concluye que el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías incrementa la productividad, reduce el tiempo de paradas, mejorando la disponibilidad, y reduce los riesgos medioambientales.

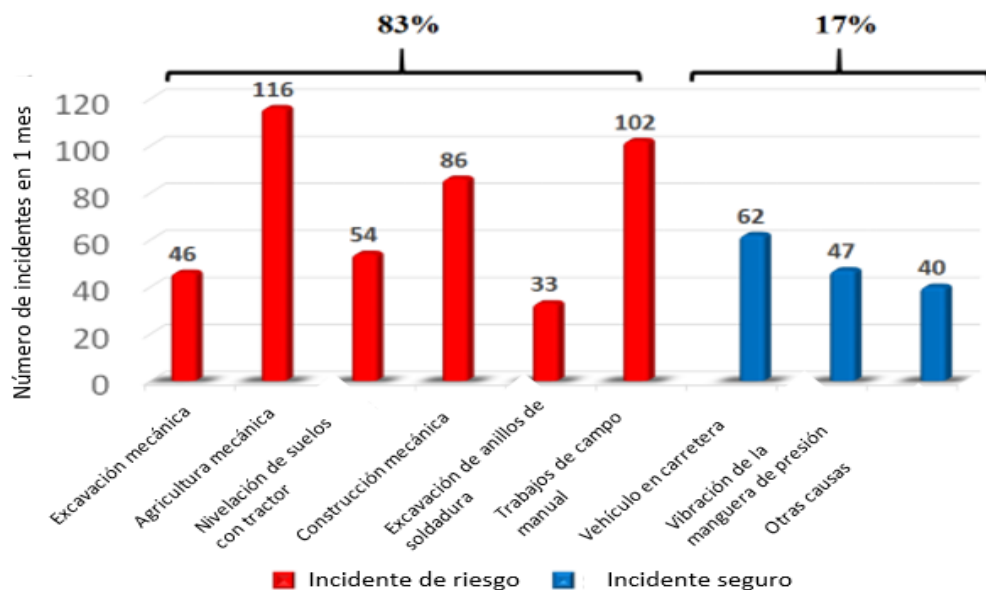
---

<sup>3</sup> **Fataliyev Tahmasib y Mehdiyev Shakir (2018).** Analysis and new approaches to the solution of problems of operation of oil and gas complex as Cyber-Physical System. [International Journal of Information Technology and Computer Science, 10(11), 67-76].

En el trabajo de investigación de Li Gang (2018)<sup>4</sup> se describe la importancia de la instalación de sistemas de seguridad y detección de fugas en los oleoductos para minimizar pérdidas económicas y la contaminación ambiental. El autor menciona que la instalación de sensores de vibración de fibra óptica en los oleoductos es adecuada para la detección de intrusos y fugas, sin embargo, el mayor problema de los sensores de vibración son los falsos positivos originados por el desconocimiento de la fuente de vibración. Con el fin de eliminar los falsos positivos el autor desarrolla un algoritmo de aprendizaje automático para distinguir la causa de la vibración. El autor concluye que el sistema detecta decenas de miles de eventos de vibración en una tubería de 131 km y después de 3 meses de entrenamiento el algoritmo de aprendizaje automático reportó 589 incidentes riesgosos al mes, de los cuales el 83% son realmente riesgosos, como se muestra en la figura 1.1:

**Figura 1.1**

*Tipos y cantidades de incidentes reportados en el oleoducto zona distrito Yinchuan.*



*Fuente: Li, G. et al (2018) Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project.*

<sup>4</sup> **Li Gang et al. (2018).** Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project. [Asia Communications and Photonics Conference (ACP), artículo Su2A.70.]



El trabajo de investigación Gu Xingshu (2018)<sup>5</sup> tiene como objetivo, diseñar un sistema de detección de fugas en oleoductos basado en el reconocimiento de imágenes. El autor define los siguientes pasos del proceso: captura de imágenes, preprocesamiento de imágenes, comparación de imágenes, segmentaciones de imágenes, procesamiento morfológico de imágenes y resultados. El procesamiento de imágenes y la programación se realiza en el software MATLAB; los resultados de las simulaciones dependen de la dimensión matricial de la imagen de segmentación, donde el programa emitirá, en cada caso, los siguientes resultados: no hay fugas, fugas menores o fugas severas. El autor concluye que el sistema de detección de fugas basado en el reconocimiento de imágenes mejora significativamente el nivel de gestión, disminuyendo los trabajos, las pérdidas económicas y la contaminación ambiental.

El trabajo de tesis de Ortiz Yasmani (2019)<sup>6</sup> presenta como objetivo desarrollar una metodología numérica basada en el método de la doble integral para determinar las deflexiones en la tubería y garantizar de esta manera la integridad de los ductos durante los trabajos de izaje. En la actualidad la empresa encargada de la operación del oleoducto cuenta con procedimientos para el izaje del tramo de tubería donde se ejecutará los trabajos de mantenimiento, sin embargo, este procedimiento no toma en cuenta el estado estructural actual del oleoducto. El autor establece un método que requiere los parámetros característicos actuales del oleoducto y el fluido transportado, el método está desarrollado mediante una interfaz de Macros en Visual Basic de aplicaciones de Excel, como se observa en la figura 1.2. El autor concluye que de acuerdo a la información ingresada a la interfaz se obtienen curvas que simulan el comportamiento de la deformación del tramo

---

<sup>5</sup> **Gu Xingshu y Wang Chuang (2018)**. Oil Pipeline Leak Detection Based On Image Recognition. [2018 Octava Conferencia Internacional sobre Instrumentación y Medición, Computación, Comunicación y Control (IMCCC), págs. 464-467]. doi: 10.1109/IMCCC.2018.00103.

<sup>6</sup> **Ortiz Yasmani (2019)**. Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura].

analizado, determinando la altura máxima admisible para el izaje, como se muestra en la figura 1.3.

**Figura 1.2**

*Interfaz para el ingreso de datos*

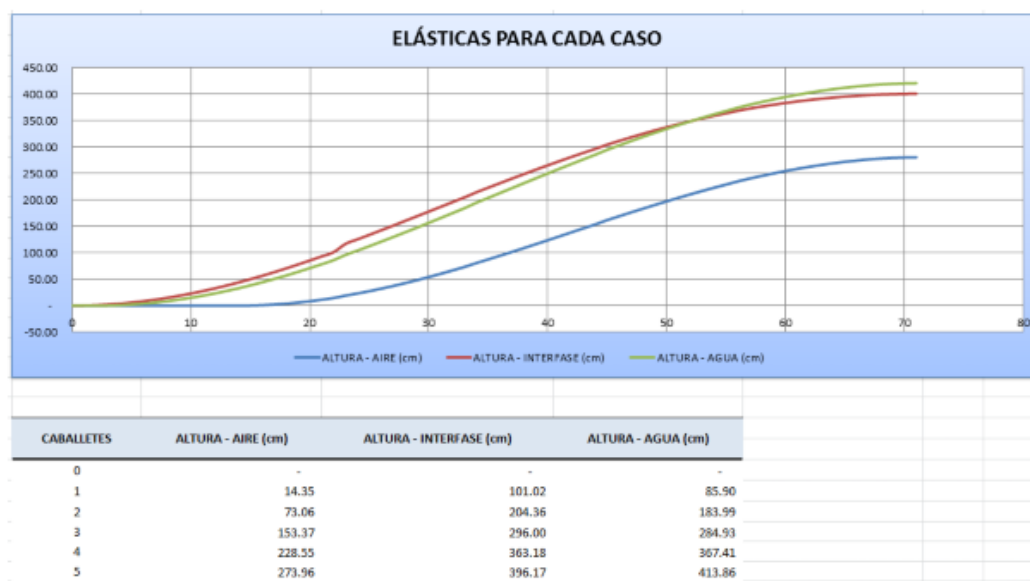
| INGRESAR DATOS                |   |             |
|-------------------------------|---|-------------|
| <b>De Caballetes</b>          |   |             |
| Cantidad de caballetes        | = | 10          |
| Espacio entre caballetes      | = | 11 m        |
| <b>Del Ducto</b>              |   |             |
| Especificación                | = | API 5LX     |
| Grado                         | = | X52         |
| Ubicación                     | = | RAMAL NORTE |
| Espesor mínimo presente       | = | 0.375 in    |
| <b>Del Crudo</b>              |   |             |
| * API                         | = | 44          |
| <b>Condiciones de Trabajo</b> |   |             |
| Presion interna               | = | 54 kg/cm2   |
| Altura de izaje               | = | m           |

Según tabla anterior, se procederá a graficar las alturas considerando el esfuerzo permisible de acuerdo a la norma ASME B31.4 (37.45 Ksi)

*Fuente: Ortiz, Y. (2019) Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje.*

**Figura 1.3**

*Curvas de desplazamiento vertical para izaje de ducto expuesto al aire, agua o interfase entre ambas*



*Fuente: Ortiz, Y. (2019) Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje.*

En el trabajo de Valladares Peter (2020)<sup>7</sup> se tiene como objetivo general diseñar un sistema de supervisión tipo scada para el oleoducto de Sub Estación Pariñas a Set de válvulas ubicada en el Lote IV cumpliendo con el decreto supremo DS-081-2007-EM. El trabajo se divide en tres bloques: Instrumentación del sistema de detección de fugas, sistema de control para cierre de válvulas y el sistema de telecomunicaciones. Para el sistema de detección de fugas se utilizan sensores acústicos los cuales se instalarán en puntos estratégicos a lo largo del Oleoducto. El sistema de control para cierre de válvulas está basado en controladores lógicos programables y las válvulas de bloqueo automáticas se instalarán al inicio y al final del Oleoducto. El autor concluye que el diseño del sistema de telecomunicaciones contempla el requerimiento de la transmisión de información de los sistemas Scada y detección de fugas.

<sup>7</sup> **Valladares Peter (2020).** Diseño del scada para el oleoducto de sub estación Pariñas a set de válvulas ubicada en el Lote IV concesionada por Graña y Montero Petrolera. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura].

En el trabajo de Camacho Katherine (2020)<sup>8</sup>, se tiene como objetivo conocer los impactos ambientales negativos causados por el derrame de petróleo crudo en la comunidad nativa Cuninico, de la selva peruana. El autor ha recopilado información de la empresa encargada del transporte del petróleo crudo y del organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) para analizar las causas y consecuencias del derrame de petróleo crudo, también se formularon propuestas de prevención y mitigación de derrames con la finalidad de disminuir las ocurrencias similares en el oleoducto nor peruano y la rehabilitación de las zonas afectadas. En el trabajo de investigación se observa que el tiempo de respuesta para bloquear el flujo de petróleo crudo y activar el plan de contingencia fue de 9 días. El autor describe propuestas de medidas de prevención, entre las principales están la correcta elaboración y ejecución del plan de mantenimiento preventivo, control de corrosión, instalación de sistemas de protección catódica e instalación de sistemas de monitoreo y control, a distancia, para agilizar el tiempo de respuesta ante derrames, parando las bombas y cerrando válvulas. El autor concluye que la causa principal del derrame es la falta de ejecución de mantenimiento preventivo en el oleoducto, ocasionando de esta manera un impacto ambiental negativo en los suelos y cuerpos de agua, afectando la flora y fauna.

En el trabajo de tesis de Torres Jefferson (2021)<sup>9</sup> se presenta como objetivo general establecer un método de monitoreo de la corrosión en ductos mediante datos obtenidos a partir de la herramienta de simulación ANSYS. El software ANSYS logra realizar pruebas en prototipos físicos, en este caso de estudio realizó la simulación del fenómeno de corrosión en la que se evalúa la integridad de la tubería de acero al carbono, material utilizado en oleoductos del sistema de oleoducto Transecuatoriano. El autor concluye que

---

<sup>8</sup> **Camacho Katherine (2020).** Impactos ambientales negativos por derrame de petróleo crudo de junio 2014 en el km 41+833 del oleoducto norperuano en la comunidad nativa Cuninico. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal].

<sup>9</sup> **Torres Jefferson (2021).** Simulación de corrosión en oleoductos como alternativa de método de monitoreo. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional del Ecuador].

la simulación por elementos finitos desarrollada para el caso de corrosión en el oleoducto Transecuatoriano, determina que la región sierra esta menos propensa a tener daños por corrosión, sin embargo, en las regiones costa y amazonía, se presenta una mayor probabilidad de daños por corrosión.

El trabajo de Alfonso Orlando (2022)<sup>10</sup> tiene como objetivo general evaluar el estado de integridad de equipos estáticos y tuberías de proceso de los sistemas de recibo y despacho mediante inspección visual (externa) en servicio, basado en el estándar API 570. En el trabajo se define la metodología para inspeccionar el recubrimiento de la tubería en tramos aéreos, válvulas, uniones bridadas, dispositivos de seguridad y alivio de presión. El autor concluye que con la implementación de un plan de inspección visual se define un proceso de operación seguro y con ello la elaboración de planes de mantenimiento y reparaciones recomendadas.

El trabajo de Salas Franklin (2022)<sup>11</sup> propone como objetivo modelar el sistema de transporte de petróleo crudo para la detección y localización de fugas en el tramo I del Oleoducto Norperuano. En la investigación se desarrolla la solución numérica del modelo matemático para el transporte de crudo de petróleo en el tramo I del Oleoducto Norperuano empleando el método de características (MOC). El algoritmo de detección de fugas es basado en el filtro de Kalman extendido y empleando este algoritmo se estima la magnitud y la fuga en el tramo del ONP. El autor realizo diferentes pruebas con variaciones de los parámetros de magnitud de fuga y la ubicación del punto de fuga donde obtuvo en promedio global 0.918% de error para la ubicación de fuga y 1.028% de error para la magnitud de

---

<sup>10</sup> **Alfonso Orlando (2022).** Estado de integridad mediante inspección visual (externa) del sistema recibo/despacho de una planta de bombeo de crudo. [Tesis de Grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

<sup>11</sup> **Salas Franklin (2022).** Desarrollo de un sistema de detección y localización de fugas basado en filtro de Kalman extendido para sistemas de transporte de petróleo crudo aplicado al tramo I del Oleoducto Norperuano. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].

fuga, concluyendo que el algoritmo y el método basado en el filtro de Kalman Extendido proporciona resultados muy precisos para los parámetros de magnitud y ubicación de fuga.

El trabajo de investigación López Nancy (2022)<sup>12</sup> tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de trabajos acerca de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0 y luego se realiza un análisis de metodologías, a través de herramientas estadísticas, para determinar su influencia en los tiempos de inactividad en la industria petrolera. La investigación tiene un enfoque correlacional debido a que se busca la comprobación de la relación entre dos variables: i) el uso de tecnologías 4.0 enfocada en el mantenimiento de oleoductos, y ii) reducción de los tiempos de inactividad. El autor indica que las tecnologías inherentes a la industria 4.0 permiten mejorar la productividad del sector a donde se aplique. Entre las características principales se mencionan las siguientes: i) flexibilizar la producción con el fin de obtener un alto grado de personalización. ii) monitoreo de dispositivos o equipos de manera remota, en tiempo real, facilitando de manera rápida la detección de fallas. El autor concluye que la implementación de tecnologías innovadoras, como la automatización, en conjunto con planes de mantenimiento preventivo, permiten reducir costos en la cadena de valor y optimizar los tiempos de procesos para los mantenimientos; logrando de esta manera, obtener una alta disponibilidad del oleoducto.

## **1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio**

La problemática en el transporte de petróleo, mediante oleoductos, tiene un impacto negativo en el marco social, económico y ambiental; desde el año 1997 hasta el año 2021 se tienen reportados 67 derrames a lo largo del ONP, con un volumen derramado de 6138.16 barriles (Osinergmin, 2021). Durante el 2020 se registró un régimen de bombeo

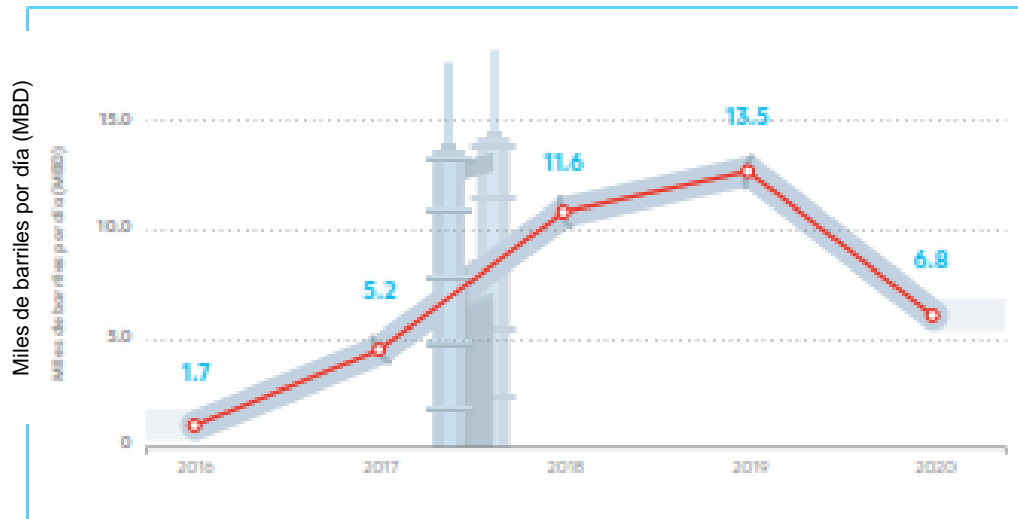
---

<sup>12</sup> **López Nancy (2022).** Revisión sistemática de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0 [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].

de 6.8 MBD, menor en 33% respecto al volumen programado (10.2 MBD), como se visualiza en la figura 1.4.

**Figura 1.4**

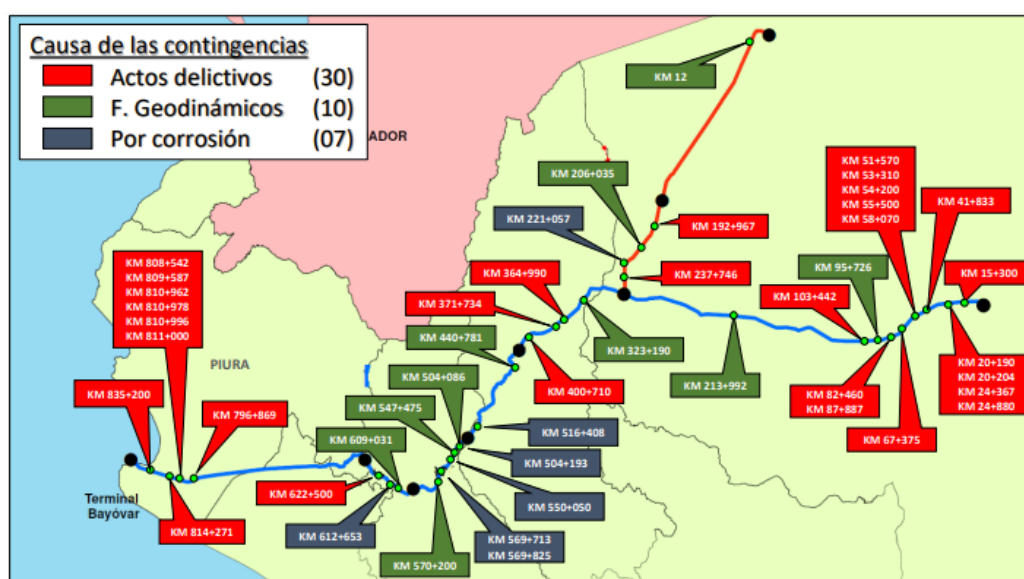
*Volumen transportado por el Oleoducto Norperuano*



*Fuente: Petroperú (2020) Memoria anual 2020.*

Esta reducción del régimen de bombeo es causada debido a las paralizaciones por contingencias en los tramos y eventos de conmoción social (Petroperú, 2020). Las contingencias en el oleoducto son causadas por actos delictivos, fenómenos geodinámicos y corrosión, como se logra visualizar en la figura 1.5.

**Figura 1.5** Contingencias en el Oleoducto Norperuano durante los años 2014 - 2019.



Fuente: Aparcana, H. (2019) Estado situacional del ONP y perspectivas para su operación en próximos 20 años.

Estas contingencias generan una significativa reducción de la demanda de transporte por el ONP y en consecuencia generan pérdidas debido a que los ingresos generados por la tarifa del servicio de transporte, no cubren los gastos operativos y las inversiones recurrentes para el sostenimiento de la operación (Aparcana H., 2019).

Ello genera un incremento en los trabajos de mantenimiento del oleoducto, lo cual se convierte en una problemática de relevancia en la optimización de las planificaciones de los trabajos de mantenimiento.

Las consecuencias de lo planteado afectan directamente la capacidad de transporte del petróleo por el oleoducto.

### 1.3 Formulación del problema

#### 1.3.1 Problema Principal

¿En qué medida los eventos de derrame impactan negativamente en la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo?



### **1.3.2 Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál es el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo?
- b) ¿Es rentable la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo?

## **1.4 Justificación e importancia**

### **1.4.1 Justificación**

El presente trabajo de investigación se justifica por la razón de que los impactos negativos en el aspecto ambiental y los costos por los trabajos de remediación tienen un alto valor. Entre los años 2014 y 2023, se han remediado un área total de 1,811,562.22 m<sup>2</sup> y el monto invertido, para estos trabajos, asciende a la suma de S/ 685,900,000 (ONP, 2023). El porqué de su realización se debe al compromiso, como ingenieros, de buscar soluciones que minimicen los impactos negativos causados por eventos de derrame de petróleo crudo.

### **1.4.2 Importancia**

El presente trabajo de investigación servirá para encontrar aspectos y oportunidades de mejora en los trabajos de transporte mediante el Oleoducto Nor Peruano, operado por la empresa estatal Petroperú S.A.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- a) Evaluar el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) Evaluar la rentabilidad de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará significativamente la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- a) Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

## **1.7 Variables y operacionalización de variables**

Variable independiente (X)

*X = Diseño de sistema de bloqueo automático*

Variable dependiente (Y)

*Y = Disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo*

### 1.7.1 Operacionalización de variables

Título: Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo ante derrames basado en el diseño de un sistema de bloqueo automático.

| Variable   | Definición conceptual   | Definición operacional   | Dimensiones   | Indicadores  |
|--|---|--|---|--|
| Diseño de sistema de bloqueo automático                    | Conjunto de instrumentos y equipos interconectados de manera lógica para brindar un funcionamiento seguro al sistema de transporte de petróleo crudo. | Conjunto de instrumentos y equipos utilizados para bloquear el flujo de petróleo crudo.                        | Respuesta de sistema de sistema de bloqueo automático<br><br>Cierre de válvula. | Tiempo de respuesta (segundos) de activación del sistema de bloqueo automático.<br><br>Tiempo de cierre de válvula (segundos). |
| Disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo | Capacidad del sistema de transporte de petróleo crudo de estar en condiciones de operar cuando es requerido.  | Proporción del tiempo que el sistema de transporte de petróleo crudo está en condiciones de operar sin fallos. | Nivel de disponibilidad   | Tiempo disponible del sistema de transporte de petróleo crudo.   |

## **1.8 Metodología de la investigación**

### **1.8.1 Unidad de análisis**

La investigación utilizó como unidad de análisis el Oleoducto, denominado Tramo II del ONP, que inicia en el distrito de Manseriche, departamento de Loreto y culmina en el distrito de Sechura, departamento de Piura. El Tramo II tiene una longitud de 548 km de tubería de Ø36".

### **1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación**

- a) La investigación es del tipo aplicada ya que tiene como objetivo mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) La investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que sus datos fueron medidos de forma numérica y la hipótesis fue probada mediante el análisis de los datos.
- c) El nivel de la investigación es del tipo descriptivo y correlacional, porque se recopila información detallada para describir las características del sistema a investigar y además se determinó la influencia que existe entre las variables.

### **1.8.3 Diseño de la investigación**

El diseño de la presente investigación fue de diseño no experimental, debido a que, no hubo manipulación, ni intervención del autor en las variables, observando la mejora en la disponibilidad de los sistemas de transporte de petróleo crudo; y del tipo transeccional, debido a que la recolección de la información se obtuvo en un único momento, previo al diseño del sistema de bloqueo automático.

### **1.8.4 Fuentes de información**

Las fuentes de información que se utilizaron en el presente trabajo son las siguientes:

- a) Tesis de grado y maestría.

- b) Artículos científicos.
- c) Libros de ingeniería.
- d) Reportes e informes elaborados por entidades estatales peruanas.

#### **1.8.5 Población y muestra**

- a) Para la presente investigación, la población fue tomada en base a la disponibilidad de información de los tramos del oleoducto nor peruano: Tramo I, Tramo II y Tramo ORN.
- b) La muestra para la presente investigación fue el tramo II. Para ello se utilizó un muestreo por conveniencia no probabilístico.

#### **1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de análisis de contenido cuantitativo y datos secundarios. Como instrumento de recolección de datos se utilizaron los siguientes formatos trabajados en Excel:

- a) Historial de derrames en el tramo II del ONP.
- b) Parámetros de operación en el tramo II del ONP.

#### **1.8.7 Análisis y procesamiento de datos**

Se utilizó el tipo de análisis descriptivo, debido a que los datos recolectados muestran las características y cantidades de cada evento de contingencias. Los datos fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel 2016, mediante el cual, se obtuvieron tablas que contribuyeron con los resultados de la presente investigación.

## **Capítulo II. Marco teórico y conceptual**

### **2.1 Bases teóricas**

En la actualidad el reglamento peruano DS-081-2007-EM requiere que los sistemas de transporte de hidrocarburos cuenten con válvulas de bloqueo equipado con actuadores de operación remota, sistema automático de supervisión, control y lectura de parámetros a distancia (SCADA) y dispositivos para la detección de fugas en el oleoducto. Para lograr un diseño óptimo que cumpla lo mencionado es fundamental conocer aspectos teóricos, los cuales se definen a continuación:

#### **2.1.1 Oleoducto y Petróleo crudo**

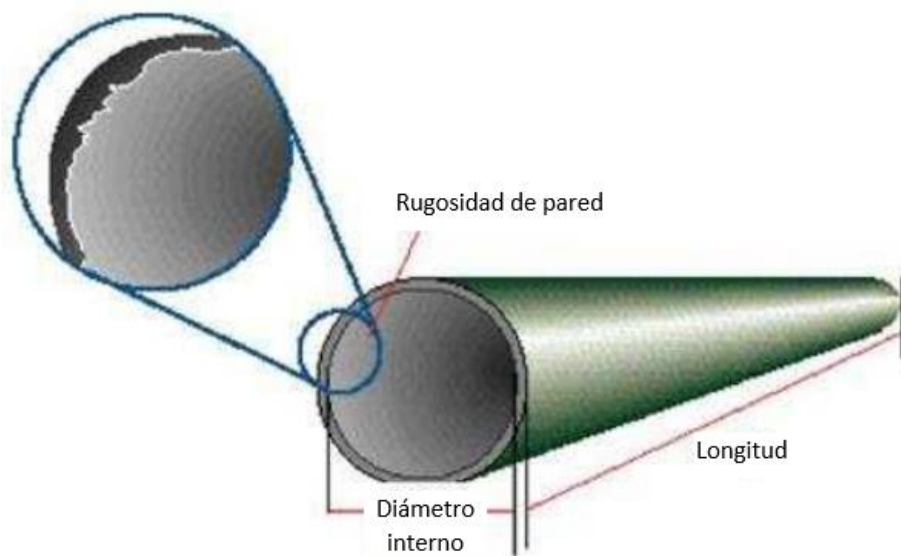
##### **2.1.1.1 Oleoductos**

Se denomina oleoducto al conjunto de tuberías metálicas, equipos e instalaciones utilizadas para el transporte de hidrocarburos y sus derivados a grandes distancias. Según Ortiz (2019), el fundamento en el diseño de ductos toma como referencia la fricción causada por el fluido en movimiento contenido por esta estructura; la fricción causa la pérdida de energía que experimenta el fluido durante su traslado por el ducto. Junto a la fricción se consideran, además, los siguientes parámetros para el diseño de oleoductos:

- Características del ducto: Diámetro interno, longitud, rugosidad relativa.
  - Propiedades físicas del fluido: Viscosidad, densidad, presión de vapor, punto de fluidez, compresibilidad, temperatura.
  - Relación entre el ducto y el fluido: Número de Reynolds.
- 
- Características del ducto: Las características del ducto impactan en el comportamiento del fluido en el oleoducto, estas características se muestran en la figura 2.1.

**Figura 2.1**

*Características del ducto*



Fuente: Rosero, P. ( 2012) Desarrollo de un algoritmo y programa en matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinámico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano.

- Diámetro interno del ducto ( $D_i$ ): es el valor medio de como mínimo un par de diámetros perpendiculares medidos en dos secciones diferentes del ducto. En el ducto la pérdida de presión está relacionada con el diámetro interno de la tubería, a menor diámetro interno se incrementa la pérdida de presión debida a la fricción.
- Longitud del ducto ( $L$ ): es la medida entre extremos, inicial y final, del ducto. La presión en el ducto disminuye a lo largo del tramo. A mayor longitud del ducto, mayor será la caída total de presión.
- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D_i$ ): es un parámetro adimensional y está definido por el cociente entre la rugosidad absoluta de la pared interna de la tubería entre el diámetro interno de la tubería.

- Propiedades físicas del fluido: para diseñar un oleoducto es importante conocer las propiedades físicas del fluido, estas propiedades físicas se describen a continuación:

- Viscosidad: esta propiedad se define como la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad del líquido es el factor más importante en el cálculo de pérdida de presión por fricción. La viscosidad se obtiene de la ecuación 2.1.

$$\nu = \mu/\rho \quad (2.1)$$

Donde:

$\nu$  = viscosidad cinemática

$\mu$  = viscosidad absoluta o dinámica

$\rho$  = densidad

- Densidad: esta propiedad hace referencia a la cantidad de masa que se encuentra en una unidad de volumen. La densidad se obtiene de la ecuación 2.2.

$$\rho = m/V \quad (2.2)$$

Donde:

$\rho$  = densidad

$m$  = masa

$V$  = volumen

Una bomba realiza más trabajo para producir la presión de cabeza necesaria para transportar un líquido más denso en comparación uno de menor densidad.

- Presión de vapor: es la presión por encima de la cual el líquido ya no se evapora, a una temperatura establecida. La presión de vapor es un criterio importante cuando se transportan líquidos que contienen elementos volátiles, es decir, elementos que se evaporan con facilidad.
- Punto de fluidez: se define como la temperatura más baja en la que un fluido sigue comportándose como un líquido vertible. Existen hidrocarburos que son transportados a temperaturas por debajo del punto de fluidez, pero se utilizará



mayor energía para ser bombeado. Este parámetro es muy importante para considerar en el diseño y operación del oleoducto.

- Compresibilidad: es el grado de cambio en el volumen del fluido respecto a un cambio de presión. El sistema de bombeo en el oleoducto incrementa la presión provocando una compresión del líquido. Cuando el líquido recorre aguas abajo y se aleja de la bomba, pierde presión y se expande a su volumen original.
- Temperatura: esta propiedad está relacionada con la energía cinética promedio del fluido. la temperatura afecta la capacidad del oleoducto y altera el estado de los líquidos. Los cambios de temperatura influyen en la viscosidad y densidad de los líquidos transportados a través del oleoducto.
- Relación entre la tubería y el fluido: La interdependencia entre el diámetro interno de la tubería, la viscosidad del líquido y la velocidad del flujo está definida por una relación matemática llamada número de Reynolds (Re). Este número adimensional es un parámetro fundamental en el diseño de oleoductos y es usado para caracterizar el movimiento de un fluido. El número de Reynolds se obtiene de la ecuación 2.3.

$$Re = (Di * v) / \nu \quad (2.3)$$

Donde:

$Re$  = número de Reynolds

$Di$  = diámetro interno de la tubería

$v$  = Velocidad de flujo

$\nu$  = viscosidad cinemática

Para número de Reynolds menores a 2300 se considera que el flujo es laminar y para valores mayores a 4000 el flujo se considera flujo turbulento; por otro lado, para valores intermedios el flujo es transitorio.

### 2.1.1.2 Petróleo crudo

El petróleo es un fluido viscoso de origen fósil, cuyo color varía desde el amarillo hasta el negro, y está constituido por una mezcla compleja de hidrocarburos y otros compuestos en menor cantidad, estos compuestos tienen cantidades variables de azufre, nitrógeno, oxígeno, metales, sales, sedimentos inorgánicos (lodo y material rocoso) y agua.

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno en cantidades variables, los hidrocarburos se presentan en la naturaleza de manera líquida, gas, grasas y sólido. A continuación, se presentan las características físicas del petróleo:

- **Peso Específico del petróleo:** se define como el peso del petróleo entre el volumen que ocupa la muestra. El peso específico está relacionado con el grado API. La gravedad API o grados API, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que indica cuán pesado o liviano está el petróleo. En muestras con grados API mayores a 10 implican que son más livianos que el agua y flotarían en este medio. El grado API se obtiene de la ecuación 2.4.

$$\text{Grados\_API} = (141.5/GE) - 131.5 \quad (2.4)$$

Donde:

$GE$  = Gravedad Específica a (60°/60°F)

### 2.1.1.3 Transporte de petróleo crudo por el oleoducto norperuano

En el Perú, la empresa estatal Petróleos del Perú – Petroperú S. A., ejecuta diversas actividades que se encuentran dentro de la cadena de valor del petróleo, una de las principales actividades es el transporte de petróleo crudo a través del oleoducto norperuano (ONP), el ONP está en servicio desde el año 1977 hasta la actualidad y atraviesa las

regiones selva, sierra y costa. El ONP está conformado por tres tramos; el Tramo I, Tramo II y el Oleoducto Ramal Norte; sumando una longitud total de 1106 kilómetros desde la selva norte al terminal Bayóvar en la costa. El ONP presenta una capacidad de transporte de 200 000 barriles por día y se tiene pensado incrementar dicha capacidad hasta los 500 000 barriles por día. Las características del ONP se muestran en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1**

*Características de los ductos del ONP*

| Característica              | Unidad de medida | Tramo I | Tramo II | Ramal Norte |
|-----------------------------|------------------|---------|----------|-------------|
| Longitud                    | km               | 306     | 548      | 252         |
| Diámetro                    | Pulgadas         | 24      | 36       | 16          |
| Recubrimiento de la tubería | -                | Epóxico | Poliken  | Epóxico     |

Fuente: Ortiz, Y. (2019). "Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje"

### 2.1.2 Sistema SCADA

Según el libro Rodríguez P. (2013) "Sistemas SCADA", un sistema SCADA es cualquier software que brinda el acceso a datos remotos de un proceso y permite, empleando las herramientas de comunicación necesarias, el control del mismo. Las siglas SCADA significa Supervisory control and data Acquisition o control con supervisión y adquisición de datos.

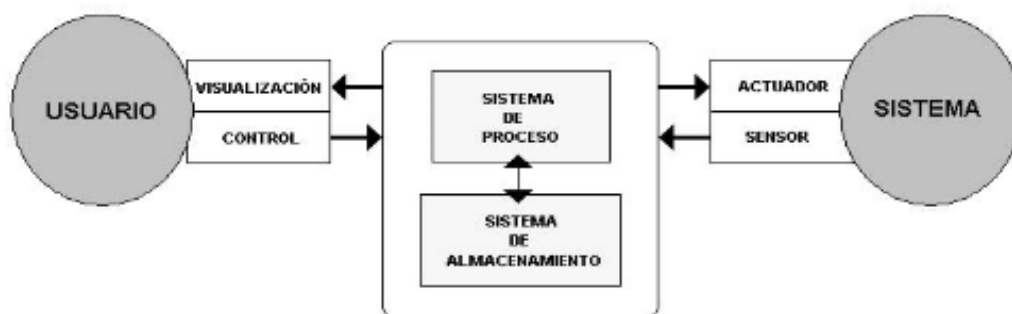
### 2.1.2.1 Arquitectura general de un sistema SCADA

Los primeros trabajos de automatización centraban todo el control en el PC y posteriormente ampliaban, de manera progresiva, la distribución del control en planta. Es así que el sistema se divide en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (SCADA)
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores)
- Sistema de interconexión (comunicaciones)

La división de la arquitectura de un SCADA también se observa en la figura 2.2.

**Figura 2.2** *Arquitectura general de sistema SCADA*



Fuente: Rodríguez, P. (2013) "Sistemas SCADA".

A nivel de usuario, por medio de las herramientas de visualización y control, se tiene acceso al sistema de control de proceso; por lo general, la aplicación de control y supervisión se instala en un ordenador (sistema servidor). Estos sistemas se comunican a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet).

El sistema de proceso recibe las señales de los sensores instalados en el sistema e informa al usuario por medio de las herramientas Human Machine Interface (HMI). En base a las señales de los sensores y la programación del usuario, el sistema de proceso inicia las acciones necesarias para controlar el sistema a través de los actuadores.

Los datos transmitidos entre el sistema de proceso y los elementos de campo (sensores y actuadores) se realiza mediante los denominados buses de campo. Los datos generados durante los trabajos de supervisión y control, son almacenados en el servidor, para utilizarse posteriormente.

#### **2.1.2.2 Hardware de un sistema SCADA**

Un sistema SCADA integra componentes de hardware para tratar y procesar la información captada del sistema. A continuación, se describen los componentes básicos de un sistema SCADA:

- Interfase hombre-máquina (HMI, MMI)
  - Unidad central
  - Unidad remota
  - Sistema de comunicaciones
- **Interfase hombre-máquina (HMI, MMI):** es un sistema de presentación gráfica en tiempo real, donde se visualiza un panel sinóptico que representa el sistema bajo control.
  - **Unidad central (MTU, Master Terminal Unit):** es el ordenador principal del sistema, la información de las subestaciones se envía hacia el MTU; en esta unidad se realiza, principalmente, la tarea de recopilación y archivado de datos. Por lo general, el ordenador principal es una PC que soporta el HMI.
  - **Unidad Remota (RTU, Remote Terminal Unit):** las unidades remotas son elementos dedicados a labores de control y/o supervisión, se ubican en nodos estratégicos del sistema, gestionando y controlando las subestaciones. Reciben las señales de los sensores de campo y comandan los elementos finales de control, actuadores, ejecutando el software de la aplicación SCADA. A continuación, se mencionan los siguientes elementos que son integrados en el SCADA:
    - **RTU (Remote Terminal Unit):** especializados en comunicación.

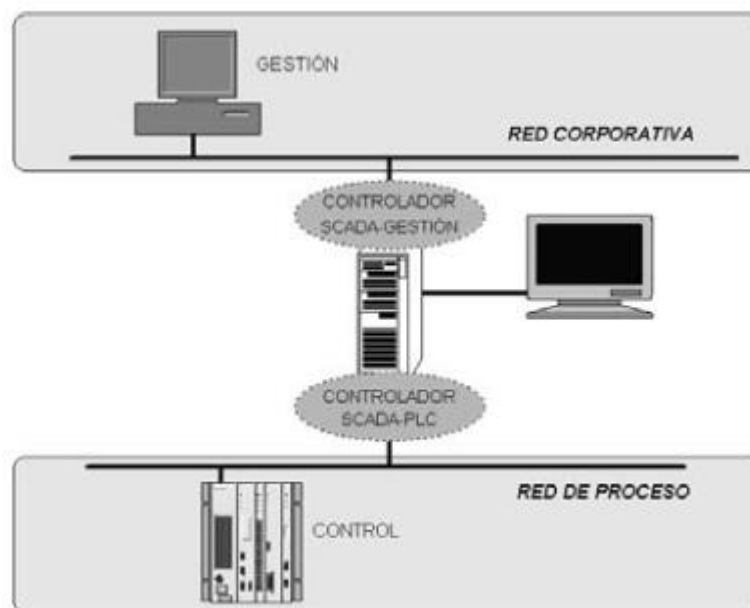
- **PLC (Programmable Logic Controller):** tareas generales de control.
- **IED (Intelligent Electronic Device):** tareas específicas de control.
- **Sistema de comunicación:** en este nivel se gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de servidores desde el sistema. Existen controladores de diferentes fabricantes que son compatibles con un gran número de protocolos de comunicación existente (buses de campo), gracias a esta compatibilidad, es posible establecer cualquier tipo de comunicación entre un servidor de datos y los elementos de campo.

### 2.1.2.3 Software de un sistema SCADA

Un programa del tipo HMI se instala y ejecuta en un ordenador o terminal gráfico y la comunicación con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión se llevan a cabo con programas denominados controladores (o driver) de comunicaciones, como se visualiza en la figura 2.3.

**Figura 2.3**

*Concepto de driver o controlador*



Fuente: Rodríguez, P. (2013) "Sistemas SCADA".

El controlador de comunicaciones se encarga de la traducción entre el lenguaje del programa SCADA y el autómatas programable (por ejemplo, con Profibus), o entre el SCADA y la red de gestión de la empresa (por ejemplo, con Ethernet).

En un programa SCADA se tienen dos bloques con diferentes características:

- Programa de desarrollo: contiene las utilidades relacionadas con la creación y edición de las diferentes interfaces gráficas de la aplicación, así como sus características (textos, dibujos, colores, propiedades de los objetos, programas, etc.).
- Programa de ejecución o run time: permite ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo

### **2.1.3 Instrumentación Industrial**

Para Aguilar (2013) en el proceso de automatización se diseñan sistemas que se encargan de la ejecución de tareas repetitivas y del control de los procesos con la mínima manipulación humana, para ello se requiere la implementación de instrumentación, dispositivos de maniobra, equipamiento, autómatas, paneles, SCADAs y redes de comunicación que enlacen los elementos componentes del sistema de automatización. El autor define la automatización industrial como:

Un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, fluidos, soportados por tecnologías de información y comunicación, todos ellos unidos para operar, supervisar y controlar diferentes tipos de procesos técnicos de forma autónoma y con la mínima intervención humana. (p.108).

Con la implementación de los sistemas automatizados se logra:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, eliminando trabajos de alto riesgo.

- Ejecución de las operaciones más difíciles de controlar intelectual o manualmente.

- Mejorar la disponibilidad de los productos, agilizando la producción.

Según Creus (2010) la instrumentación relaciona y controla las variables enlazadas a su controlador para un funcionamiento del proceso, se diferencia la instrumentación relacionada al proceso y relacionada a la seguridad. (p.22).

Además, la instrumentación se diferencia según la función del instrumento y en función de la variable de proceso.

#### **En función del instrumento:**

**Instrumentos ciegos:** No permiten visualizar la variable medida en el mismo instrumento.

**Instrumentos indicadores:** Permite visualizar la variable medida en el mismo instrumento, esto permite, tener la información de la lectura del instrumento en el mismo campo.

**Instrumentos registradores:** Registran mediante un trazo continuo o en intervalos la variable, estos gráficos que forman son circulares o rectangular. Además, también existe registradores que almacenan la información en su memoria interna que luego es obtenida mediante un programa especializado.

**Sensor:** Obtienen el valor de medición al estar en contacto directo con variable de proceso, con esta medición envía una señal de salida predeterminada. El sensor es denominado el elemento primario.



**Transmisores:** Obtienen la medición de la variable del proceso a través del elemento primario (Sensor que se encuentra en contacto con el proceso) y la transmiten a distancia mediante comunicación al controlador.

**Controladores:** Recepciona las señales de los sensores y las cataloga como entradas y en función de su programación que se ha diseñado, realiza el cambio de estado en sus salidas, estas salidas son relacionadas a los elementos finales de control.

**Elemento final de control:** Recepciona la señal de la salida del controlador y realiza la acción física en el proceso, como lo es una válvula motorizada entre otras.

#### **En función de la variable de proceso:**

Relacionado a las variables del proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de medición de: temperatura, presión, nivel, densidad, caudal, entre otras.

#### **2.1.4 Niveles de la automatización**

Los niveles de la automatización son representados en la pirámide de la automatización donde se encuentra involucradas todas las tecnologías de un entorno industrial.

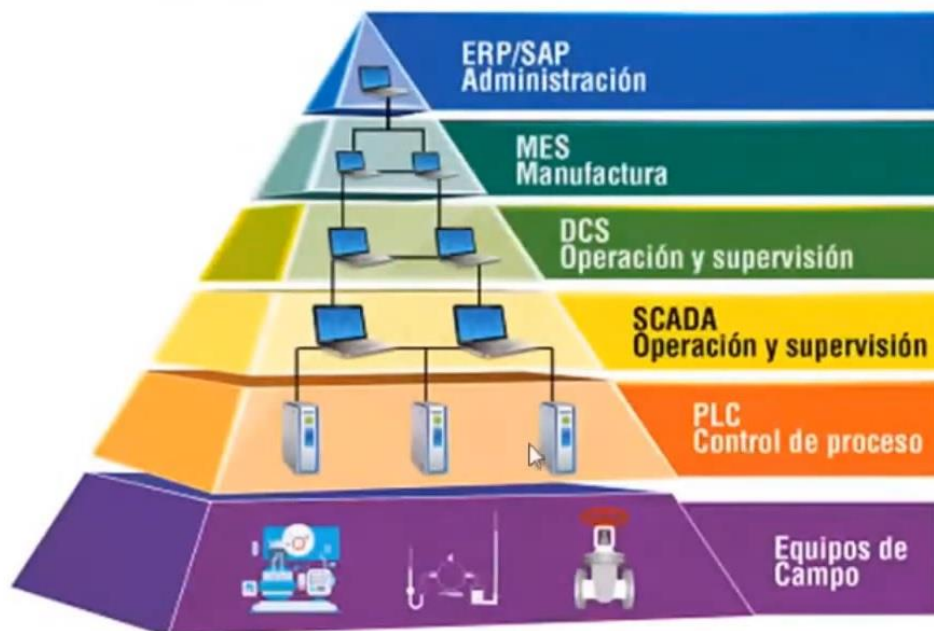
Los niveles de la automatización son los siguientes:

- **Nivel de campo:** Nivel que comprende todos los equipos físicos de campo como los sensores y actuadores.
- **Nivel de control:** Nivel donde se encuentran los controladores de campo como los PLCs que reciben la información de los sensores y generan acciones programadas hacia los actuadores.

- **Nivel de operación y supervisión:** Nivel donde se encuentra la supervisión del sistema en base a un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) y DCS (Sistema de control distribuido)
- **Nivel de Manufactura:** Nivel de operación donde se gestiona y planifica los flujos de trabajos con el objetivo de optimizar procesos.
- **Nivel de administración:** Nivel de gestión donde se relaciona toda la información de una organización, comunicando la planta industrial y mantenimiento relación con los clientes.

A continuación, se muestra la figura 2.4, donde se observa la pirámide de la automatización industrial:

**Figura 2.4** Pirámide de automatización industrial



**Fuente:** Adaptado de Centro de ciberseguridad industrial, (2017, p.1) Ciberseguridad en la pirámide de automatización industrial

### 2.1.5 Análisis costo - beneficio

En el trabajo de investigación de Lara (2017), el autor indica que el análisis costo-beneficio es una técnica que se utiliza para evaluar proyectos de inversión, y consiste en comparar los costos asociados a la realización de un proyecto con los beneficios financieros que produciría el proyecto.

#### 2.1.5.1 Indicadores de rentabilidad

En el trabajo de investigación de Angulo (2016), el autor indica que la evaluación de la rentabilidad de un proyecto mediante el análisis del flujo de caja financiero, se realiza calculando los valores de los indicadores de rentabilidad.

- Valor actual neto: El cálculo del valor actual neto (VAN) se realiza sumando los valores actuales de los flujos proyectados, ajustados al periodo inicial, utilizando una tasa de interés definida por los accionistas. Dicha tasa es el costo de oportunidad de los accionistas (COK), es decir, la rentabilidad esperada en otros proyectos de inversión.

El valor del VAN se obtiene de la ecuación 2.5.

$$VAN = I_0 + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (2.5)$$

Donde:

*VAN: Valor actual neto*

*I<sub>0</sub>: Inversión inicial en el periodo cero.*

*FNE: Flujo neto efectivo del periodo respectivo.*

*i: Costo de oportunidad del capital COK.*

*n: Vida útil del proyecto*

Luego de obtenido el valor del VAN, este será interpretado para tomar la decisión de aceptar o rechazar la inversión. A continuación se muestra la tabla 2-2 para la interpretación del VAN.

**Tabla 2-2 Interpretación del VAN**

| Valor VAN | Interpretación   | Decisión           |
|-----------|--|--------------------|
| $VAN > 0$ | Se logro recuperar la inversión y el rendimiento es mayor que el COK generando ganancias adicionales     | Aceptar inversión  |
| $VAN = 0$ | Se logro recuperar la inversión y el rendimiento es igual que el COK. No se generó ganancias adicionales | Indiferente        |
| $VAN < 0$ | No se logró recuperar la inversión y el rendimiento es menor que el COK                                  | Rechazar inversión |

**Fuente:** (Elaboración propia)

- Tasa interna de retorno (TIR): La TIR es la tasa de descuento para que el VAN sea igual a cero, es decir, es la tasa que aplicada a los flujos proyectados se obtenga un valor igual al monto de inversion inicial. La TIR se obtiene con la siguiente ecuación 2.6.

•

$$VAN = 0 = I_0 + \frac{FNE_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1 + TIR)^n} \quad (2.6)$$

Donde:

*VAN: Valor actual neto*

*I<sub>0</sub>: Inversión inicial en el periodo cero.*

*FNE: Flujo neto efectivo del periodo respectivo.*

*TIR: Tasa interna de retorno.*

*n: Vida útil del proyecto*

Luego de calcular el valor del TIR, este será interpretado, para ello se muestra la siguiente tabla 2-3.

**Tabla 2-3 Interpretación del valor del TIR**

| Valor VAN   | Interpretación   | Decisión           |
|-------------|--|--------------------|
| $TIR > COK$ | El rendimiento es mayor que el COK, generando ganancias superiores a lo esperado | Aceptar inversión  |
| $TIR = COK$ | El rendimiento es igual que el COK. No se generó ganancias adicionales           | Indiferente        |
| $TIR < COK$ | El rendimiento es menor que el COK, no se genera las ganancias esperadas         | Rechazar inversión |

**Fuente:** (Elaboración propia)

### 2.1.6 Remediación ambiental

En el trabajo de tesis de grado de Berrios, K. (2022). El autor indica que la remediación es un proceso enfocado en reducir o eliminar los niveles de contaminación en el suelo y subsuelo, con el propósito de alcanzar niveles aceptables, y de esta manera reducir el riesgo a la salud y el ambiente en relación a la contaminación.

#### 2.1.6.1 Biorremediación

En el libro de Torres, M. et al (2004). “Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en Infraestructura de transporte terrestre”, el autor indica que la biorremediación consiste en el uso de microorganismos naturales (enzimas, levaduras, hongos o bacterias) para descomponer o degradar sustancias

peligrosas en otras con un menor grado de toxicidad o eliminar la toxicidad. Los principales factores que determinan la eficacia del proceso de biorremediación son los siguientes:

- Oxígeno: La disponibilidad de oxígeno es necesaria para la bio oxidación de los compuestos orgánicos. Las reacciones de oxidación tienen una alta importancia en la biodegradación de los hidrocarburos. La oxigenación se logra mediante equipos pesados para realizar el volteo de suelos o instalando tuberías perforadas conectadas a un compresor de oxígeno.
- Humedad: los suelos a remediar requieren un grado de humedad que permita el crecimiento adecuado de los microorganismos. El intervalo del grado de humedad recomendado por Petroperú es del 20% al 30%.
- Potencial de hidrogeno (pH): Para mantener el crecimiento de los microorganismos degradadores de hidrocarburos, el pH del suelo debe tener valores en el rango de 6 a 8. Si el valor del pH disminuye se debe utilizar cal para mezclar con el suelo.
- Temperatura: La temperatura influye en la tasa de degradación de los hidrocarburos. Se recomienda un rango de 10 a 45°C para el proceso de biorremediación.
- Nutrientes: Los microorganismos requieren de nutrientes inorgánicos como nitrógeno y fósforo para mantener su crecimiento. En general, se recomienda agregar nutrientes usando fertilizantes agrícolas comerciales como urea, nitrato de amonio o superfosfato triple.

#### **2.1.6.2 Estandar de calidad ambiental (ECA)**

El estandar de calidad ambiental para suelo, fue aprobado mediante el decreto supremo N° 011-2017-MINAM, el 02 de diciembre del 2017. El ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancia o parámetros

físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. En la siguiente tabla 2-4 se muestra el ECA para hidrocarburos.

**Tabla 2-4**

*Estándar de calidad de suelo para hidrocarburos*

| Parámetros en mg/kg<br>(Peso Seco)         | Usos del suelo |                         |                                     |
|--|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
|  | Agrícola       | Residencial/<br>Parques | Comercial/<br>Industrial/Extractivo |
| <b>Hidrocarburos de Petróleo</b>           |                |                         |                                     |
| Fracción de Hidrocarburos<br>F1 (C6- C10)  | 200            | 200                     | 500                                 |
| Fracción de Hidrocarburos<br>F2 (>C10-C28) | 1200           | 1200                    | 5000                                |
| Fracción de Hidrocarburos<br>F2 (>C28-C40) | 3000           | 3000                    | 6000                                |

**Fuente:** Adaptado de D.S. N° 011-2017-MINAM

### 2.1.7 Disponibilidad

Riba (2002) menciona que el concepto de disponibilidad supera los conceptos de fiabilidad y de mantenibilidad, recalcando lo siguiente:

“La disponibilidad es la aptitud de un producto, máquina o sistema para cumplir su función, o estar en condiciones de hacerlo en un momento dado cualquiera” (p.199).

Para Mesa (2006), el principal objetivo del mantenimiento es la disponibilidad, y la define como la confianza de que un componente o sistema, al que se aplicó un mantenimiento, operará satisfactoriamente para un tiempo establecido. El autor indica que, para aumentar la disponibilidad del equipo o sistema, se tiene que reducir los tiempos de los mantenimientos correctivos. Además, menciona que, en la fase de diseño, se debe buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo de la implementación del equipo o sistema, de manera que se reduzca el costo total del ciclo de vida.

## Índices de disponibilidad

García (2003) considera los siguientes índices de disponibilidad: la disponibilidad total, disponibilidad por averías, tiempo medio entre fallos y tiempo medio entre reparación, los mismos que se definen a continuación:

- Disponibilidad total, es el cociente entre las horas que un equipo o maquina ha estado disponible para el trabajo y las horas totales en un periodo o turno de trabajo, se calcula con la siguiente formula:

$$Disponibilidad\ total = \frac{Horas_{trabajo} - Horas_{mantenimiento}}{Horas_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$Horas_{trabajo}$ : Horas totales de trabajo

$Horas_{mantenimiento}$ : Horas detenidas por mantenimiento

- Disponibilidad por averías, el cálculo es similar a la disponibilidad total, solo difiere en las horas detenidas por mantenimientos, para este caso solo se contabilizan las horas paradas por fallas. Se calcula con la siguiente formula:

$$Disponibilidad\ por\ averías = \frac{Horas_{trabajo} - Horas_{parada\ por\ averías}}{Horas_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$Horas_{trabajo}$ : Horas totales de trabajo

$Horas_{parada\ por\ averías}$ : Horas paradas por averías

- Tiempo medio entre fallas o MTBF por sus siglas en inglés, nos indica con qué frecuencia ocurren las averías, se calcula con la siguiente formula:



$$MTBF = \frac{Horas_{trabajo}}{N^{\circ} de averías}$$

- Tiempo medio de reparación o MTTR por sus siglas en inglés, nos indica el tiempo medio en que una maquina o equipo esta inoperativa hasta que vuelve a un estado operativo, se calcula con la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{Horas_{parada por averías}}{N^{\circ} de averías}$$

## 2.2 Marco conceptual

A continuación, se definen los conceptos para la correcta interpretación del desarrollo del presente trabajo:

### **Mantenimiento**

Conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas

### **Contingencias**

Son eventos de derrame de hidrocarburos causados por actos delictivos, fenómenos geodinámicos o corrosión en el oleoducto.

### **Derrame**

Vertimiento o descarga de hidrocarburos producidos por un accidente o práctica inadecuada que contamina el medio ambiente.

## **Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación**

### **3.1 Desarrollo del diseño**

El desarrollo de la investigación se dividió en tres secciones: recolección y procesamiento de los datos, arquitectura y filosofía de control e interfaz gráfica y validación como se muestra en la figura 3.1.

En la primera sección, se recopilaron los datos en base a los formatos detallados en el anexo 1: Datos generales del oleoducto y en el anexo 2: Parámetros de operación del oleoducto, los cuales fueron procesados para el dimensionamiento de las válvulas de bloqueo.

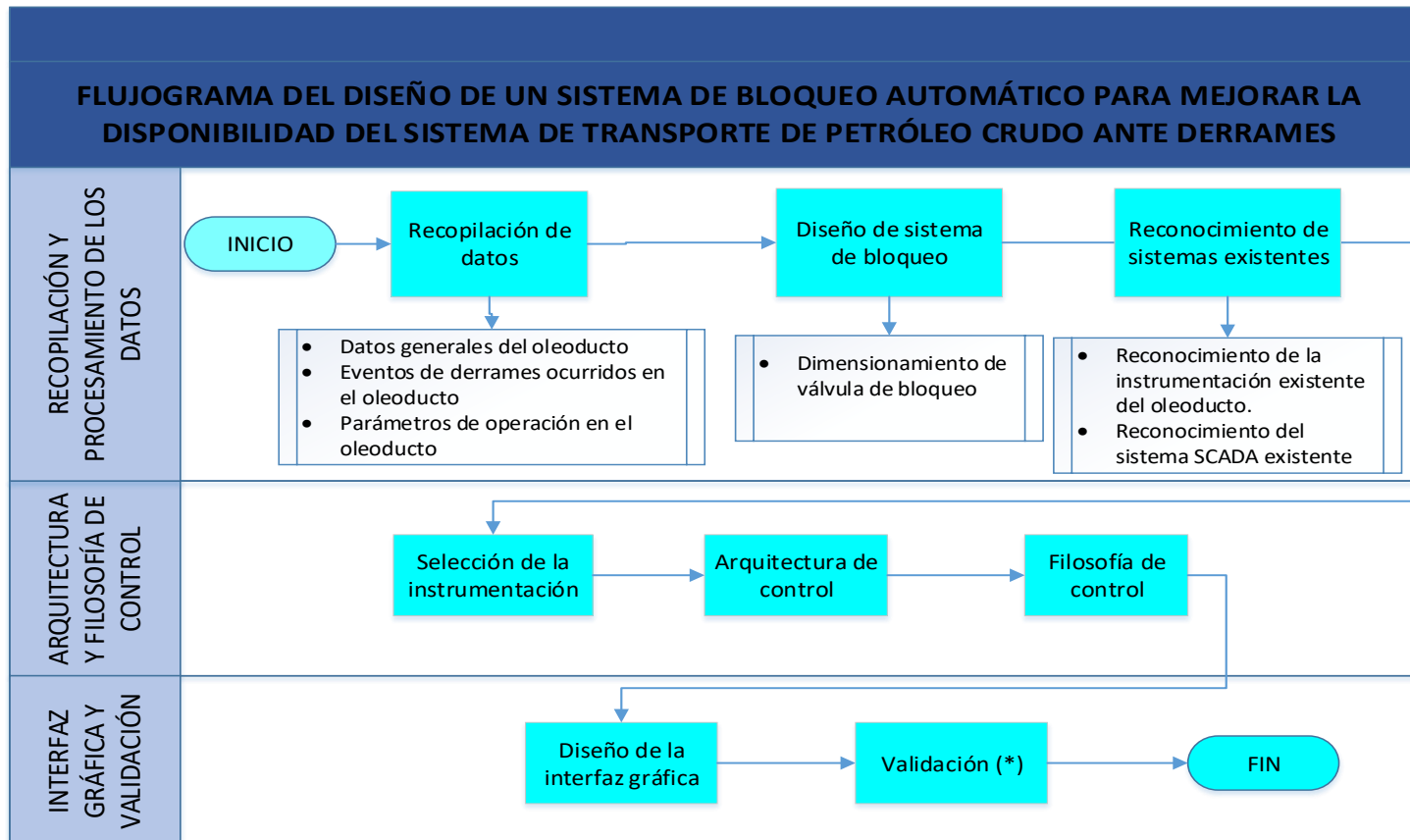
En la segunda sección, se seleccionaron los instrumentos que comprende el presente diseño, se elaboró la arquitectura de integración basado en los niveles de automatización, y se elaboró la filosofía de control que comprende todas las lógicas operacionales y de seguridad del proceso.

En la tercera sección, se diseñó la interfaz gráfica, donde se realizaron las simulaciones de las lógicas de operación y seguridad según la filosofía de control.

(\*) Este ítem será desarrollado en el capítulo 4

**Figura 3.1**

*Flujograma del diseño*



**Fuente:** (Elaboración propia)

### 3.2 Recopilación de datos

En base al flujograma desarrollado, se recopiló los datos que permiten el dimensionamiento y ubicación de las válvulas.

### 3.3 Datos generales del oleoducto

Para la presente investigación se consideró como objeto de estudio el tramo II del oleoducto nor peruano descrito en la unidad de análisis. La información recopilada respecto a los datos generales del oleoducto y el fluido que transporta, se ordenó en una hoja de cálculo como se muestra en la siguiente tabla 3.1.

**Tabla 3-1**

*Datos generales del Oleoducto*

| DATOS GENERALES DEL OLEODUCTO |                |
|-------------------------------|----------------|
| Longitud del Oleoducto (km)   | 548            |
| Diámetro del Oleoducto (in)   | 36             |
| Material del oleoducto        | API X52        |
| Espesor mínimo (in)           | 0.312          |
| Espesor máximo (in)           | 0.875          |
| Producto transportado         | Petróleo crudo |
| Grado API                     | 24.85°         |
| Gravedad específica           | 0.895          |
| Viscosidad (cSt@18°C)         | 38.0           |

**Fuente:** (Elaboración propia)

### 3.4 Historial de derrames en el Oleoducto tramo II

La información recopilada respecto al historial de derrames en el tramo II del ONP, entre los años 1997 al 2021, se ordenó en una hoja de cálculo como se muestra en la tabla 3.2.

**Tabla 3-2**

*Historial de derrames en el Tramo II del ONP*

| N° | AÑO  | DEPARTAMENTO | PROVINCIA        | UBICACIÓN (PROGRESIVA) | FECHA      | CAUSA                       | VOLUMEN DERRAMADO  |
|----|------|--------------|------------------|------------------------|------------|-----------------------------|--------------------|
| 1  | 1997 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 441+500 - Tramo II | 17-jun.-97 | Causas naturales            | -                  |
| 2  | 1998 | PIURA        | SECHURA          | Km. 784+500 - Tramo II | 12-ene.-98 | Corrosión                   | -                  |
| 3  | 1999 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 483+100 - Tramo II | 13-may.-99 | Causas naturales            | -                  |
| 4  | 1999 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 620+932 - Tramo II | 19-jul.-99 | Corrosión                   | -                  |
| 5  | 2000 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 483+130 - Tramo II | 1-ene.-00  | Causas naturales            | -                  |
| 6  | 2000 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE       | Km. 692+880 - Tramo II | 18-feb.-00 | Causas naturales            | -                  |
| 7  | 2003 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 577+600 - Tramo II | 3-jul.-03  | Causas naturales            | -                  |
| 8  | 2006 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 472+100 - Tramo II | 8-may.-06  | Causas naturales            | -                  |
| 9  | 2008 | LORETO       | DATEM DE MARAÑON | Km. 323+750 - Tramo II | 11-mar.-08 | Causas naturales            | -                  |
| 10 | 2009 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 496+600 - Tramo II | 11-jun.-09 | Causas naturales            | -                  |
| 11 | 2011 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 544+410 - Tramo II | 11-mar.-11 | Causas naturales            | 22 barriles        |
| 12 | 2011 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA        | Km. 513+500 - Tramo II | 3-abr.-11  | Atentado acción de terceros | 60 barriles        |
| 13 | 2011 | PIURA        | SECHURA          | Km. 810+800 - Tramo II | 6-nov.-11  | Atentado acción de terceros | 500 barriles       |
| 14 | 2012 | PIURA        | SECHURA          | Km. 791+600 - Tramo II | 14-abr.-12 | Atentado acción de terceros | 264.9 barriles     |
| 15 | 2012 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI     | Km. 397+300 - Tramo II | 4-sep.-12  | Causas naturales            | 260 barriles       |
| 16 | 2013 | AMAZONAS     | BAGUA            | Km. 504+053 - Tramo II | 21-sep.-13 | Causas naturales            | 10 barriles        |
| 17 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 547+475 - Tramo II | 25-may.-14 | Causas naturales            | 88.1 barriles      |
| 18 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 609+031 - Tramo II | 18-sep.-14 | Corrosión                   | 20 barriles aprox. |
| 19 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN             | Km. 622+500 - Tramo II | 18-nov.-14 | Atentado acción de terceros | 258 barriles       |
| 20 | 2014 | PIURA        | SECHURA          | Km. 835+200 - Tramo II | 10-dic.-14 | Atentado acción de terceros | -                  |

| N° | AÑO  | DEPARTAMENTO | PROVINCIA           | UBICACIÓN<br>(PROGRESIVA)  | FECHA          | CAUSA  | VOLUMEN<br>DERRAMADO |
|----|------|--------------|---------------------|----------------------------|----------------|--|----------------------|
| 21 | 2014 | PIURA        | SECHURA             | Km. 814+271 -<br>Tramo II  | 27-dic.-<br>14 | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 22 | 2015 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km. 504+086 -<br>Tramo II  | 19-feb.-<br>15 | Causas<br>naturales  | -                    |
| 23 | 2015 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km. 504+193 -<br>Tramo II  | 09-mar.-<br>15 | Corrosión  | 0.01 barriles        |
| 24 | 2015 | PIURA        | SECHURA             | Km. 796+869 -<br>Tramo II  | 21-sep.-<br>15 | Atentado<br>acción de<br>terceros  | 122 barriles         |
| 25 | 2015 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 569+713 -<br>Tramo II  | 2-nov.-<br>15  | Corrosión  | 54 barriles          |
| 26 | 2015 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 516+408 -<br>Tramo II  | 6-nov.-<br>15  | Causas<br>naturales  | 16 barriles          |
| 27 | 2016 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 440+781 -<br>Tramo II  | 25-ene.-<br>16 | Causas<br>naturales  | -                    |
| 28 | 2016 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 661+980 -<br>Tramo II  | 17-feb.-<br>16 | Error<br>operativo<br>Fallas de<br>accesorios<br>Defectos de<br>reparación | -                    |
| 29 | 2016 | PIURA        | SECHURA             | Km. 810+692 -<br>Tramo II  | 7-mar.-<br>16  | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 30 | 2016 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI        | Km. 364+990 -<br>Tramo II  | 10-ago.-<br>16 | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 31 | 2017 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 569+825 -<br>Tramo II  | 23-may.-<br>17 | Corrosión  | 3 barriles           |
| 32 | 2017 | PIURA        | SECHURA             | Km. 810+978 -<br>Tramo II  | 18-jun.-<br>17 | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 33 | 2019 | LORETO       | DATEM DE<br>MARAÑON | Km. 323+185 -<br>Tramo II  | 1-ene.-<br>19  | En<br>investigación  | -                    |
| 34 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.550+058.4 -<br>Tramo II | 29-ene.-<br>19 | En<br>investigación  | -                    |
| 35 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.612+641 -<br>Tramo II   | 17-ene.-<br>19 | En<br>investigación  | -                    |
| 36 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.611+955 -<br>Tramo II   | 27-mar.-<br>19 | En<br>investigación  | -                    |
| 37 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.604+360 -<br>Tramo II   | 18-abr.-<br>19 | En<br>investigación  | 0.25 barriles        |
| 38 | 2019 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI        | Km.371+734 -<br>Tramo II   | 9-jul.-19      | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 39 | 2019 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km.400+710 -<br>Tramo II   | 11-ago.-<br>19 | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 40 | 2019 | AMAZONAS     | JAEN                | Km.548+784 -<br>Tramo II   | 21-dic.-<br>19 | En<br>investigación  | -                    |
| 41 | 2020 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.609+223 -<br>Tramo II   | 16-may.-<br>20 | En<br>investigación  | -                    |
| 42 | 2020 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE          | Km.713+163.5 -<br>Tramo II | 8-sep.-<br>20  | En<br>investigación  | -                    |
| 43 | 2020 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.567+936 -<br>Tramo II   | 16-nov.-<br>20 | En<br>investigación  | -                    |
| 44 | 2020 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE          | Km.718+027 -<br>Tramo II   | 30-ene.-<br>21 | En<br>investigación  | 0.9 barriles         |

**Fuente:** Osinergmin. (2021). "Expediente 202100184224"

En el trabajo de (Petroperú, 2024), se indica que entre el periodo de dic-2022 a feb-2024, se han registrado catorce contingencias en el Oleoducto Nor Peruano, de las cuales cuatro ocurrieron en el Tramo I y diez en el Tramo II. Trece de estas contingencias fueron causadas por corte intencional con herramienta mecánica.

### 3.5 Parámetros de operación

La información recopilada respecto a los parámetros de operación del tramo II del ONP se ordenó en una hoja de cálculo, como se muestra en la tabla 3.3

**Tabla 3-3**

*Parámetros de operación del Tramo II del ONP*

| Progresiva | Presión de operación  | Temperatura de operación | Presión de diseño       | Clase de brida (ANSI) | Cedula tubería |
|------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| 318+198    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 600#                  | 14.3           |
| 406+777    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 600#                  | 7.9            |
| 466+772    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 600#                  | 9.5            |
| 559+000    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 600#                  | 9.5            |
| 565+306    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 600#                  | 9.5            |
| 605+800    | 61 kg/cm <sup>2</sup> | 40 °C                    | 73.2 kg/cm <sup>2</sup> | 900#                  | 8.7            |

**Fuente:** Petroperú. (2019). "Condiciones técnicas integradas JTEO-015-2019"

### 3.6 Selección de la instrumentación y equipos

Para el presente trabajo de investigación se realizó la selección de la instrumentación y equipos para el sistema de bloqueo automático. A continuación se detallan y describen los instrumentos y equipos seleccionados:

- Válvula de bloqueo
- Transmisor de presión: PIT 01A, PIT 01B
- Transmisor de temperatura: TT 01
- Gabinete COM:
  - RTU/PLC

- Switch administrable (SW)
  - Cámara CCTV (CCTV)
  - Phoenix Contact DT-LAN-CAT6 (PT)
  - Phoenix Contact INJ 1000 (POE)
- Gabinete TDP:
- MPPT 150/60 (REG)
  - Venus GX (VENUS)
  - Victron BMV 700 (BMV)
  - Switch de 5 puertos MOXA EDS 205
  - Modbus Gateway ANYBUS E214107 (GW)

### 3.7 Válvula de Bloqueo

Las válvulas de bloqueo seleccionadas son del tipo Emergency Shut Down (ESD) y cuentan con un actuador electrohidráulico. El dispositivo de parada de emergencia tiene como función principal prevenir y/o minimizar la ocurrencia de desastres causados por accidentes o fallas en el oleoducto. A continuación, se muestra en la figura 3.2 la válvula y actuador electrohidráulico.

**Figura 3.2**

*Válvula y actuador electrohidráulico*



**Fuente:** Parri (2019) Aplicaciones de válvula ESD



Para seleccionar el tipo de actuador se consideró lo siguiente:

- Alto torque e impulso para accionar el dispositivo de parada.
- Limitación del suministro de energía, debido a la ubicación remota de la válvula de bloqueo.

El actuador electrohidráulico seleccionado proporciona un rango alto de torque e impulso, además de tener flexibilidad de opciones de energía, incluido un paquete de energía solar para instalaciones remotas. Las características de la válvula de bloqueo se muestran en la siguiente tabla 3.4.

**Tabla 3-4**

*Datos de la válvula*

| Característica        | valor                                   |
|-----------------------|---|
| Marca / Modelo        | Argus / FK 76M                          |
| Construcción          | API-6D                                  |
| Cuerpo                | Válvula de bola / montada sobre muñones |
| Material              | A 350 GR LF2 / A350                     |
| Diámetro nominal (DN) | 900 (36 inch)                           |
| Conexión de extremos  | Soldables                               |
| Clase                 | ANSI 600                                |
| Dirección de cierre   | R90                                     |
| Seguridad funcional   | IEC 61598 SIL 3                         |
| Peso total            | 15,631,725 kg                           |

**Fuente:** (Hoja de datos del fabricante)

Las características del actuador electrohidráulico se muestran en la siguiente tabla 3.5.

**Tabla 3-5***Datos del actuador*

| Característica  | valor                                       |
|---|---|
| Marca   | Rotork                                      |
| Modelo  | EH-270S-160F/D1                             |
| Tipo  | Electro-Hidráulico / doble efecto           |
| Clasificación IP  | IP65  |
| <u>Orientación</u><br>Línea de flujo:<br>Vástago de válvula:<br>Eje del cilindro: | Horizontal<br>Vertical<br>Paralelo al flujo |
| <u>Suministro de presión</u><br>Mínimo (bar):<br>Máximo (bar):                    | 103<br>193                                  |
| Temperatura ambiente de trabajo   | De 5°C a 50°C                               |
| <u>Torques (N.m)</u><br>Totalmente abierto (BTO)<br>Totalmente cerrada (BTC)      | 80,758.10<br>65,255.10                      |
| Tiempo de apertura (s)<br>Tiempo de cierre (s)                                    | 63<br>73                                    |

*Fuente: (Hoja de datos del fabricante)*

### 3.8 Transmisor de presión

El transmisor de presión seleccionado pertenece a la marca Honeywell, modelo STG87L-E1G000-1-A-CHE-11S-F-31A0-F1. En cada válvula de bloqueo están instalados 02 transmisores de presión, ubicados en ambos lados de la válvula y con una distancia de 1.75 metros desde el centro de la válvula.

La selección de la tecnología del transmisor está relacionada con la compatibilidad del módulo de control de la válvula de bloqueo. Con ello se transfiere la responsabilidad de la operación de cierre de las válvulas de bloqueo a la solución tecnológica de los actuadores electrohidráulicos. Los valores de las presiones del oleoducto se visualizan en el sistema SCADA.

A continuación, el transmisor de presión se visualiza en la figura 5.3, y en la tabla 3.6 se listan las características principales.

### **Figura 3.3**

Transmisor de presión de la marca Honeywell



**Fuente:** Honeywell Process Solutions (2012) Presión manométrica STG800

**Tabla 3-6**

*Datos de transmisor de presión*

|                       |   |  |   |                      |                   |
|-----------------------|---|--|---|----------------------|-------------------|
| General               | Marca   | Honeywell  |   |                      |                   |
|                       | Modelo  | STG87L-E1G000-1-A-CHE-11S-F-31A0-F1                                    |   |                      |                   |
|                       | Tipo  | Gauge In-Line  | Unidad                                  | psig (Bar)           |                   |
|                       | Rango Máximo  | 3000 psig - 210 Bar  |   |                      |                   |
| Material de Diafragma | Acero Inoxidable 316 /  | 316L SS  | Conexión a Proceso                      |                      | 1/2" NPT (female) |
|                       | Fluido de Llenado   | Aceite de Silicona 200   |   |                      |                   |
|                       | Orientación de Conexión   | Standard   | Precisión                               |                      |                   |
| Conexión Electrónica  | Material  | Poliéster recubierto de aluminio en Polvo                              |   | Conexión             | 1/2" NPT          |
|                       | Protección Contra Rayos   | Si   | Tipo Salida                             | 4-20mA DC - Hart     |                   |
|                       | Indicador   | Avanzado   | Ext Zero, Spam & Boton de Configuración |                      | Si                |
|                       | Lenguajes   | EN, GR, FR, IT, SP, RU, TU   | Diagnóstico                             | Diagnostico estándar |                   |
|                       | Protección de Escritura   | Deshabilitado  | Indicación Modo Fallo                   |                      | 21mA dc           |
| Accesorios            | Tipo de Bracket   | Soporte Angular  | Material                                | 316 SS               |                   |
|                       | Etiqueta  | Etiqueta de acero inoxidable con cable (Hasta 4 lineas, 26 caracteres) |   |                      |                   |
| Aprobaciones          | <FM> Explosion proof, Intrinsically Safe, Non-incendive, & Dustproof  |  |   |                      |                   |
| Certificación         | Informe de prueba de Calibración y certificado de Conformidad (F3399) |  |   |                      |                   |
|                       | Certificado de Origen (F0195)   |  |   |                      |                   |

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.9 Transmisor de temperatura

El transmisor de temperatura seleccionado es de la marca Honeywell, modelo STT650-S2-0-A-AH0-13S-C-F1. El sensor es del tipo RTD (Resistance Temperature

Detector) no intrusivo y está instalado en el oleoducto, a 2 metros aguas arriba de la válvula de bloqueo.

La selección del sensor RTD del tipo no intrusivo es debido a que en las inspecciones del oleoducto, se ejecutan trabajos de mantenimiento como el raspado inteligente de la línea, y estas inspecciones impactan negativamente la integridad de los sensores intrusivos. La temperatura del oleoducto se visualiza en el sistema SCADA. A continuación, se muestra el transmisor de temperatura en la figura 3.4 y el sensor no intrusivo en la figura 3.5.

**Figura 3.4**

Transmisor de temperatura Honeywell



**Fuente:** Honeywell Process Solutions (2012) smartline temperature transmitters

**Figura 3.5**

*Sensor RTD*



**Fuente:** Honeywell Process Solutions (2012) smartline temperature transmitters

En la tabla 3.7 se muestran las características técnicas más importantes del sensor RTD y transmisor de temperatura.

**Tabla 3-7**

*Datos del sensor RTD y transmisor de temperatura*

|                   |                           |  |                      |                                       |
|-------------------|---------------------------|--|----------------------|---------------------------------------|
| <b>SENSOR RTD</b> | <b>Marca</b>              | DIGITRACE  |                      |                                       |
|                   | <b>Modelo</b>             | RTD7AL   |                      |                                       |
|                   | <b>Tipo</b>               | RTD No Intrusivo   |                      |                                       |
|                   | <b>Carcasa de Sensor</b>  | Cuerpo de hierro fundido zincado con aluminio- PAC; NEMA 4 , 7 |                      |                                       |
|                   | <b>Cubierta de Sensor</b> | 316 stainless steel  | <b>Rango</b>         | " -100 a 900 °F ( -72 a 482°C)        |
|                   | <b>Precisión</b>          | ±1°F (0.5°C) at 32°F (0°C)                                     | <b>Resistencia</b>   | 100 ohms a 0°C α =0.00385 ohms/ohm/°C |
|                   | <b>Conexión</b>           | 3/4" NPT   | <b>RTD Tipo</b>      | Tres Hilos                            |
|                   | <b>Area Clasificación</b> | Clase I Div. I   | <b>Certificación</b> | CSA                                   |

|            |                             |   |                      |  |              |
|------------|-----------------------------|---|----------------------|--|--------------|
| TRANSMISOR | Marca                       | HONEYWELL   | Modelo               | STT650-S2-0-A-AH0-13S-C-F1,F5          |              |
|            | Tipo                        | Montaje para Riel DIN   |                      |  |              |
|            | Temperatura Ambiente        | "-40 to + 85°C (-40 – 185°F)  |                      |  |              |
|            | Humedad                     | 0 to 95% RH (non cond.)   |                      |  |              |
|            | Voltaje Alimentación        | 8 a 30 para version intrínsecamente segura, 8 a 35 para No intrinsecamente segura |                      |  |              |
|            | Efecto Tensión Alimentación | ≤ 0.005% of span per VDC  |                      | Warm-up time                           | 5 min.       |
|            | Damping (programmable)      | 0.33 a 60 sec   |                      |  |              |
|            | Salida Analógica            | 4 to 20 mA  | Protocolo            | HART                                   |              |
|            | Tiempo de Actualización     | 135 mSec.   | Resistencia de Carga | ≤ (V supply -8) / 0.023 A<br>0 to 870Ω |              |
|            | Nro. De Canales             | Simple  | Entrada              | RTD , T/C, Ohm o mv                    |              |
|            | PT-100 Fijo                 | 0,1 °C (1,8°F)  | % Spam               | 0.05%                                  |              |
|            | Rango                       | °C  | "-200 a 850          | °F                                     | "-328 a 1562 |
|            | Spam Mínimo                 | 25° C (45°F)  |                      |  |              |
|            | Efecto Temperatura por 1°C  | Fijo  | 0.005°C (0.009°F)    | % Spam                                 | " +/- 0.005  |
|            | Dimensiones                 | 23,5 x 109x104 mm. (Ancho, Alto, Fondo)   |                      |  |              |
|            | Material de Carcasa         | Plástico  |                      |  |              |

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.10 Gabinete COM

El gabinete COM sirve para proteger a los equipos electrónicos de comunicación que se instalaron en el presente trabajo. El material del gabinete es de acero inoxidable con medidas de 1mx1.5m.0.8m y tiene un grado de protección IP 54, que asegura una protección contra polvo y lluvias. Los dispositivos instalados dentro del gabinete son los siguientes:

- RTU/PLC: Son unidades de control y adquisición de datos, diseñadas para sitios remotos. Están equipadas con puerto de conexión de red e incluyen interfaces de radio inalámbricas para comunicarse con el controlador maestro de supervisión. El RTU sirve para adquirir y monitorear las señales provenientes de la instrumentación (temperatura, presión y estados de la válvula ESD).
- Switch administrable (SW): Se instaló un switch de 8 puertos Ethernet, para lograr una óptima capacidad de gestión y configuraciones avanzadas a través de una interfaz de administración.
- Phoenix Contact INJ 1000 (POE): Es un dispositivo inyector de energía eléctrica a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE). La tecnología PoE permite la transmisión de datos y energía a través de un cable Ethernet. El presente dispositivo alimenta a la cámara CCTV instalada para vigilar el lugar donde se instaló la válvula de bloqueo.
- Phoenix Contact DT-LAN-CAT6 (PT): Dispositivo de protección contra sobretensiones según CAT6A, son aptos para tecnologías PoE. Este dispositivo se instaló para proteger la cámara CCTV.

### **3.11 Gabinete TDP**

El gabinete de TDP sirve para proteger a los equipos electrónicos del sistema fotovoltaico que se instalaron en el presente trabajo. El material del gabinete es de acero inoxidable con medidas de 1mx0.5m.0.5m y tiene un grado de protección IP 54, que asegura una protección contra polvo y lluvias. Los dispositivos que se ubican dentro del gabinete son los siguientes:

- MPPT 150/60 (REG): Dispositivo utilizado en el sistema fotovoltaico, se encarga de controlar la corriente de carga hasta 60A y tensión hasta 150V. El controlador tiene la tecnología "Maximum Power Point Tracker" (MPPT), que permite



mejorar la recepción de energía especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente.

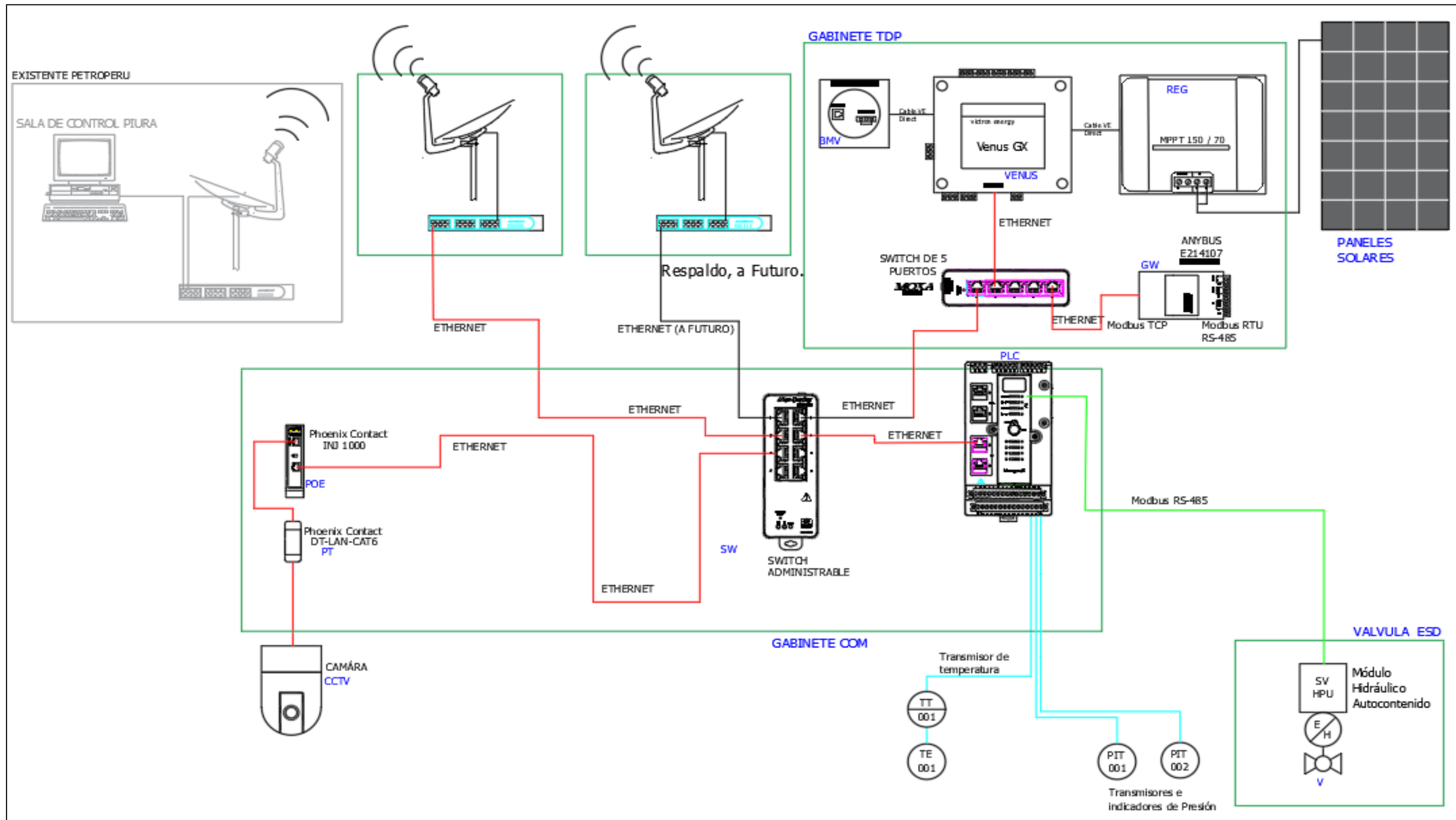
- Venus GX (VENUS): Dispositivo que permite comunicarse con todos los componentes del sistema fotovoltaico. Proporciona información detallada, en tiempo real, sobre la producción de energía solar, el consumo de energía, el estado de carga de las baterías, así como el voltaje y corriente.
- Victron BMV 700 (BMV): Dispositivo dedicado a monitorear el estado de las baterías. Brinda monitoreo en tiempo real de parámetros importantes de la batería, incluidos el voltaje de la batería, la corriente, el estado de carga y la capacidad de la batería.
- Switch de 5 puertos MOXA EDS 205: Es un conmutador Ethernet de grado industrial. Está diseñado para proporcionar conectividad Ethernet confiable y eficiente en entornos industriales remotos. La característica del MOXA EDS-205, es que cuenta con cinco puertos Ethernet, lo que permite la conexión de hasta cinco dispositivos de red.
- Modbus Gateway ANYBUS E214107 (GW): Dispositivo que permite a los dispositivos que utilizan el protocolo Modbus RTU se conecten a una red Modbus TCP.

### **3.12 Arquitectura de control**

A continuación, se muestra la arquitectura de control en la figura 3.6. los dos transmisores de presión, el transmisor de temperatura y las señales del actuador de la válvula ESD se conectan con el PLC.

**Figura 3.6**

Arquitectura de control



Fuente: (Elaboración propia)

### 3.13 Filosofía de control

La filosofía de control indica el funcionamiento del sistema en sus diferentes situaciones de operación, así como los diversos tipos de usuarios.

#### 3.13.1 Tipo de usuarios

Los usuarios definidos para el desarrollo, operación y reconocimiento de los instrumentos y válvulas de bloqueo se mencionan en la tabla 3.8.

**Tabla 3-8**

*Tipos de usuarios*

| TIPO          | FUNCIONES   |
|---------------|---|
| Operador      | Monitoreo y reconocimiento de instrumentos y válvulas de campo específicas.       |
| Supervisor    | Monitoreo y reconocimiento de todos los instrumentos y válvulas de campo.         |
| Administrador | Desarrollo, monitoreo y reconocimiento de todo el proceso en el tramo II del ONP. |

*Fuente: (Elaboración propia)*

#### 3.13.2 Tipos de operación

##### **Operación normal:**

Las válvulas ESD operan en estado normalmente abiertas, permitiendo el flujo continuo del petróleo a través del Tramo II del ONP.

##### **Detección de falla en el sistema:**

La presión de operación en el oleoducto es de 61 kg/cm<sup>2</sup>, los sensores de presión instalados en el oleoducto transmiten los valores de presión en tiempo real y ante una

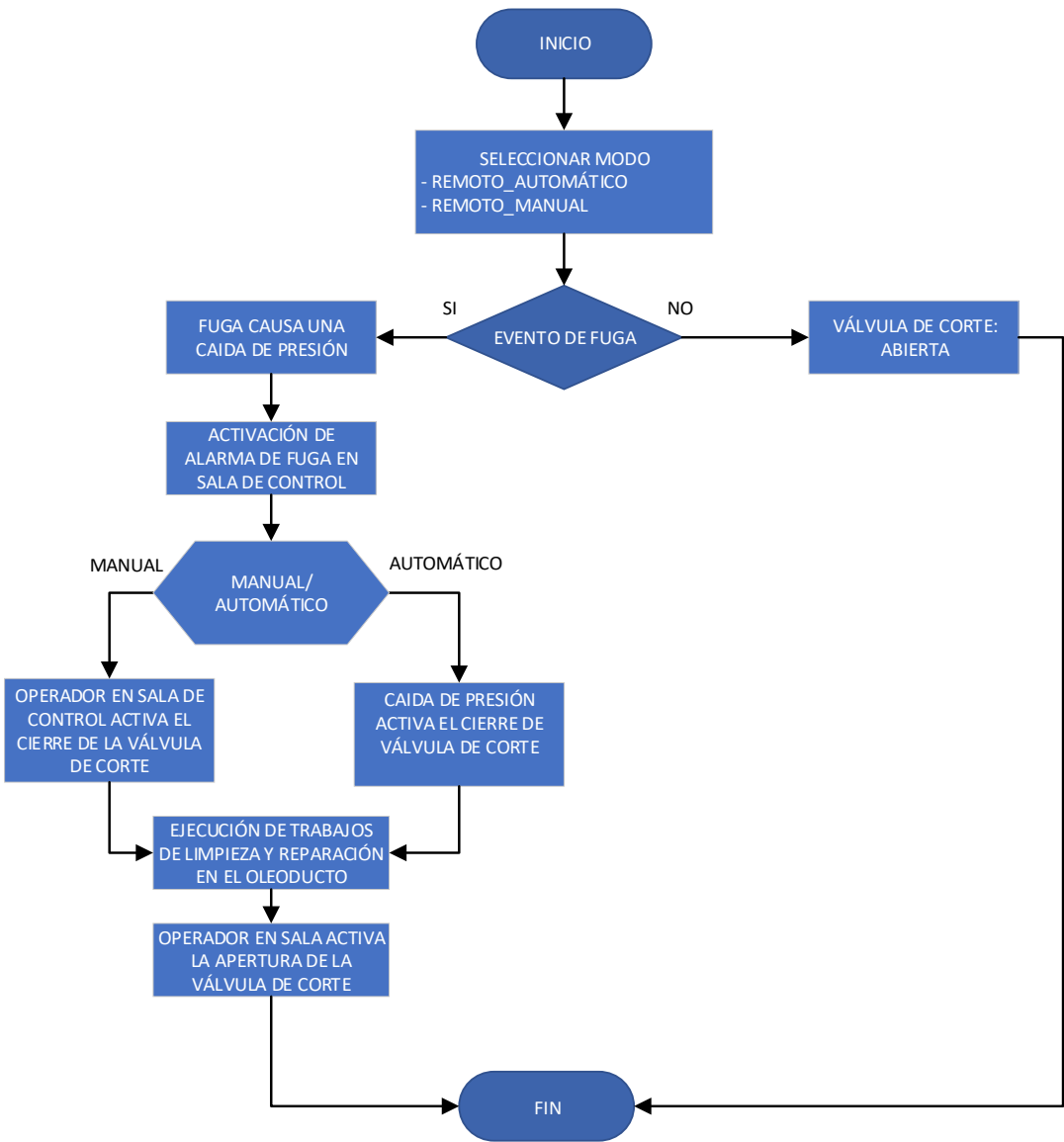
eventual caída de presión, se envía una señal de alarma a la sala de control y se activa el cierre de la válvula ESD en la progresiva donde se presenta la caída de presión.

**Diagrama de flujo de operación:**

El diagrama de flujo de la operación de la válvula se muestra en la figura 3.7

**Figura 3.7**

*Diagrama de flujo de operación*



*Fuente: (Elaboración propia)*

### **3.14 Programación del PLC**

El software utilizado para la programación y simulación es el TIA PORTAL V16 SP1 de la marca Siemens, del cual se utilizó los módulos que se lista a continuación para el diseño y posterior simulación:

- TIA PORTAL V16
- SIMATIC S7-PLCSIM V16

En base al diagrama de flujo mostrado en la figura 3.7, se desarrolló la programación del sistema de bloqueo automático:

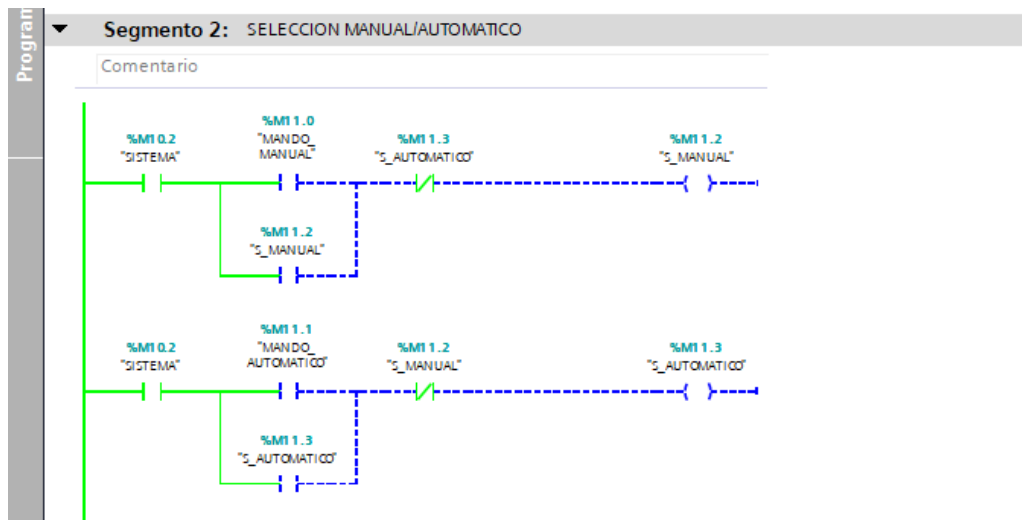
#### **3.14.1 Selección del modo de cierre de la válvula de bloqueo**

La programación del sistema de bloqueo se desarrolló considerando 02 modos de cierre de la válvula ESD:

- Operación automática: Ante una caída de presión, detectadas por los sensores instalados en el oleoducto, se activa la alarma en la sala de control y el cierre automático de la válvula ESD.
- Operación manual: Ante una caída de presión, se activa la alarma en la sala de control e inicia el protocolo de comunicación entre el personal supervisor del SCADA y la supervisión del Oleoducto, para coordinar el cierre de la válvula ESD. En la figura 3.8 se muestra la programación de la selección del modo de cierre manual o cierre automático:

**Figura 3.8**

Programación de la selección del modo de cierre de válvula ESD



*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.14.2 Tratamiento de señales análogas

- **Señales de presión:** Las señales análogas de los transmisores de presión requieren ser normalizadas y escaladas para utilizarlas en la programación del sistema de bloqueo automático. Los valores de presión del proceso son asignados a las siguientes variables:

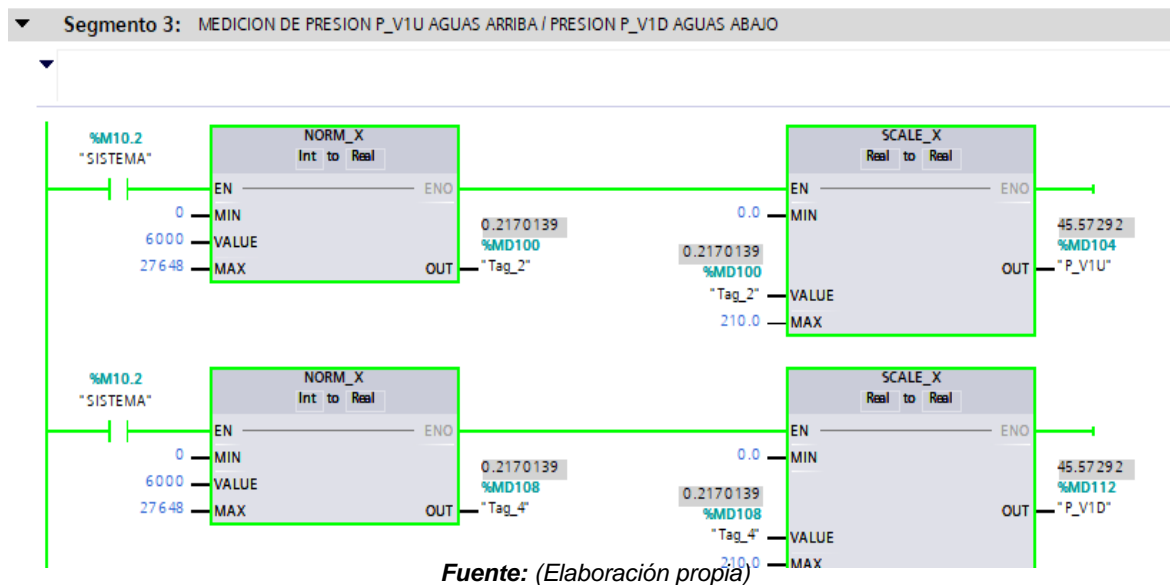
**P\_V1U:** Presión tomada aguas arriba de la válvula de bloqueo V1, medida en kg/cm<sup>2</sup>.

**P\_V1D:** Presión tomada aguas abajo de la válvula de bloqueo V1, medida en kg/cm<sup>2</sup>.

En la figura 3.9 se muestra la normalización y escalamiento de las señales análogas de presión.

**Figura 3.9**

### Tratamiento de señales análogas de presión



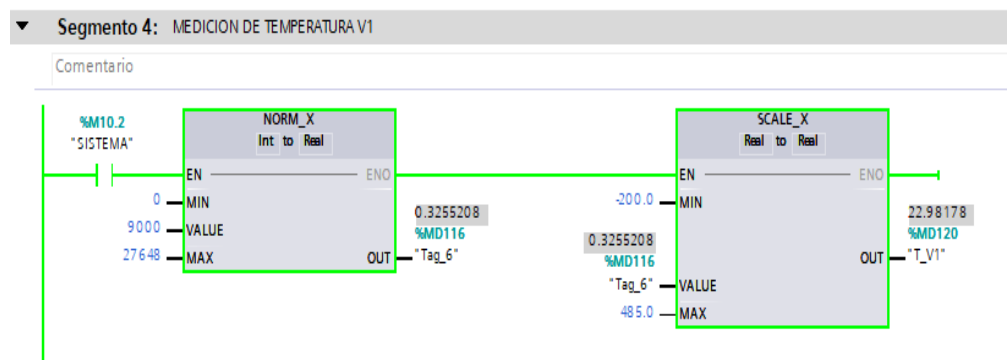
- **Señales de temperatura:** Las señales análogas de los transmisores de temperatura requieren ser normalizadas y escaladas para utilizarlas en la programación del sistema de bloqueo automático. El valor de temperatura del proceso estará asignado a la variable:

**T\_V1:** Temperatura del oleoducto en la válvula de bloqueo V1, medida en °C.

En la figura 3.10 se muestra la normalización y escalamiento de la señal análoga de temperatura.

**Figura 3.10**

### Tratamiento de señales análogas de temperatura



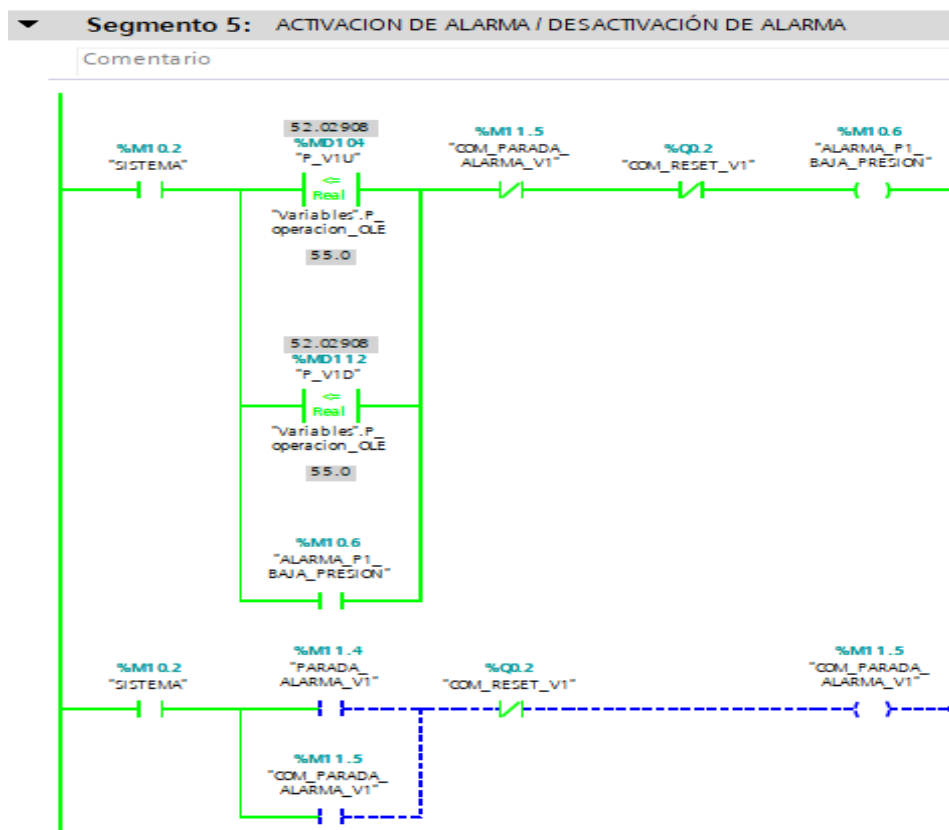
Fuente: (Elaboración propia)

### 3.14.3 Activación y desactivación de las alarmas ante baja de presión del oleoducto

El sistema de bloqueo automático cuenta con una alarma que se activará cuando la presión en el oleoducto este por debajo de la presión de operación seteada en la pantalla SCADA. Los valores de presión del oleoducto son transmitidos desde los sensores instalados aguas arriba y aguas debajo de la válvula ESD y son visualizados, en tiempo real, en la pantalla SCADA. La programación de la activación y desactivación de la alarma, se muestra a continuación en la figura 3.11:

**Figura 3.11**

*Activación de la alarma por baja de presión en el oleoducto*

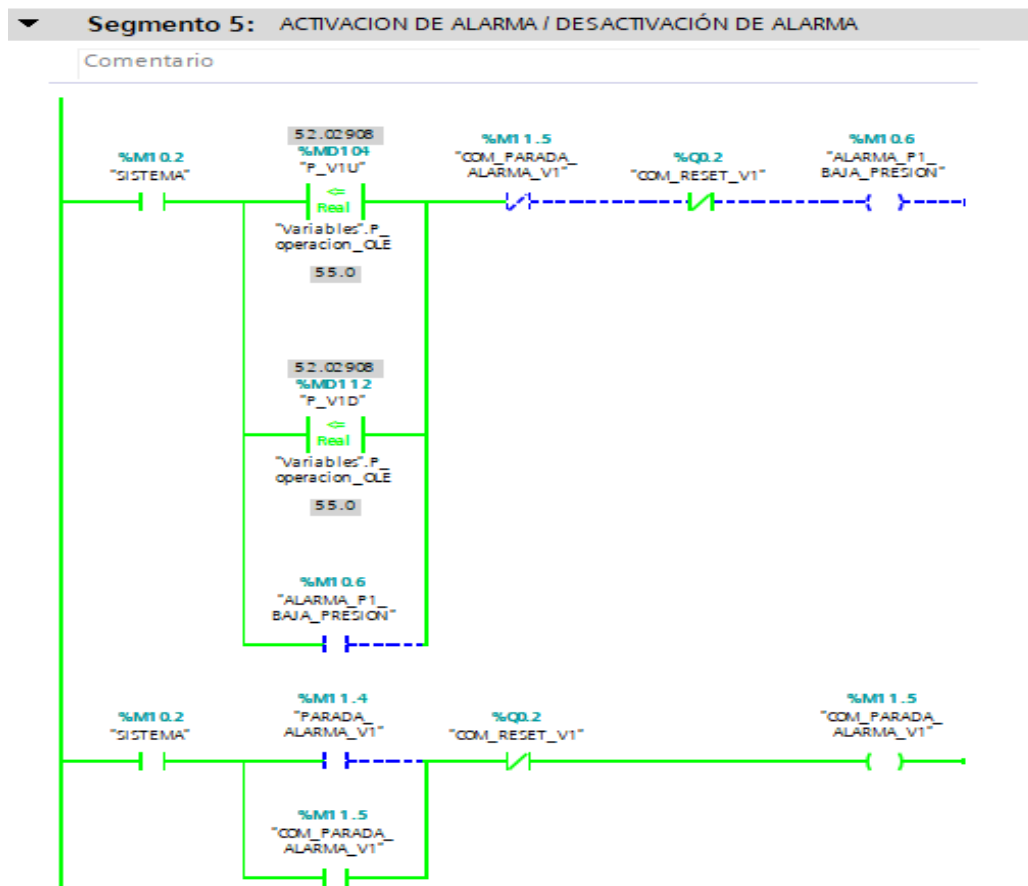


**Fuente:** (Elaboración propia)

La desactivación de la alarma de baja presión se realizará de forma automática, cuando los trabajos de reparación en el oleoducto hayan culminado y se restablezca la presión del sistema o de manera virtual activando la variable `PARADA_ALARMA_V1`, como se muestra en el siguiente gráfico 3.12:



**Figura 3.12**  
Desactivación de alarma de baja presión



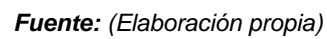
*Fuente: (Elaboración propia)*

#### 3.14.4 Cierre de la válvula ESD ante baja de presión

El tipo de cierre, automático o manual, de la válvula ESD dependerá de la selección del modo de operación descrito en el apartado 3.14.1 del presente capítulo.

Modo operación automática: El cierre automático de la válvula ESD, salida COM\_CIERRE\_V1, se activará cuando los sensores de presión, instalados en ambos lados de la válvula, detecten valores por debajo de la presión de operación del oleoducto. La programación del cierre automático se muestra a continuación, en la figura 3.13:

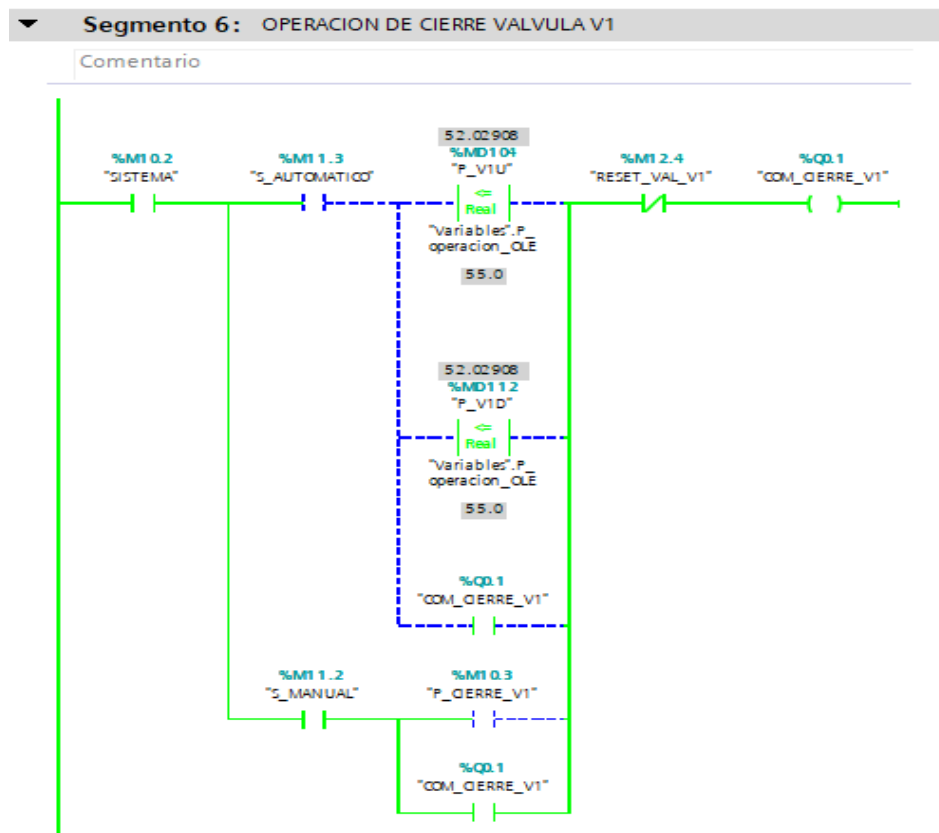
### Cierre automático de la válvula ESD



61

**Figura 3.14**

Cierre manual de la válvula ESD



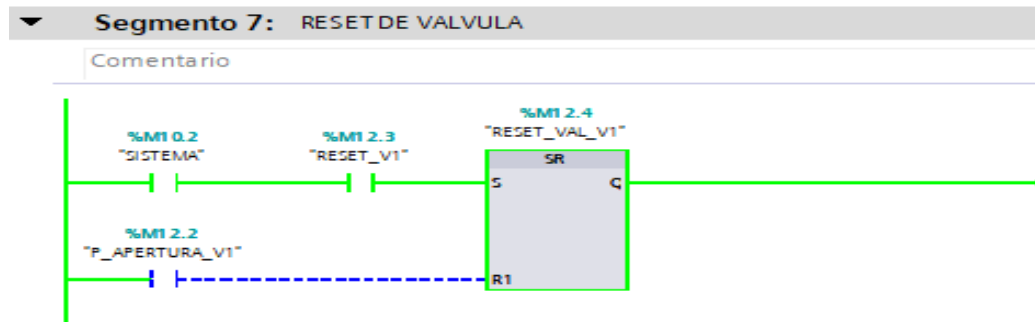
*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.14.5 Reset y apertura de válvula ESD

El comando RESET\_V1 se activará, manualmente por el operador del SCADA, cuando la válvula ESD se encuentre totalmente cerrada para iniciar los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto. La activación del comando RESET\_V1 también desenergiza la salida COM\_CIERRE\_V1, que alimenta al actuador de la válvula ESD. La programación de la activación del comando RESET\_V1 se muestra en el siguiente grafico 3.15:

**Figura 3.15**

Activación del Reset de la Válvula ESD

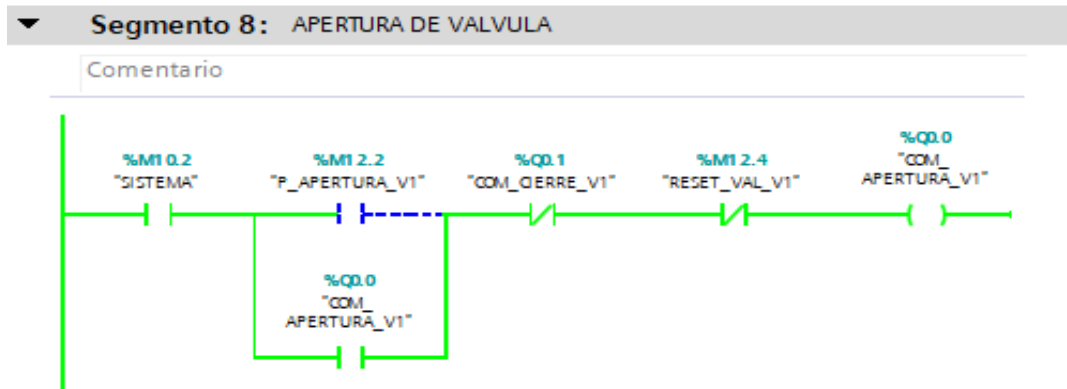


*Fuente: (Elaboración propia)*

Luego que los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto hayan culminado y el operador del oleoducto apruebe el reinicio de las actividades en el oleoducto, se procederá con la activación de la entrada P\_APERTURA\_V1, que permitirá la activación de la apertura de la válvula ESD. La programación de la activación de la apertura de la válvula ESD se muestra en el siguiente grafico 3.16:

**Figura 3.16**

Apertura de la válvula ESD



*Fuente: (Elaboración propia)*

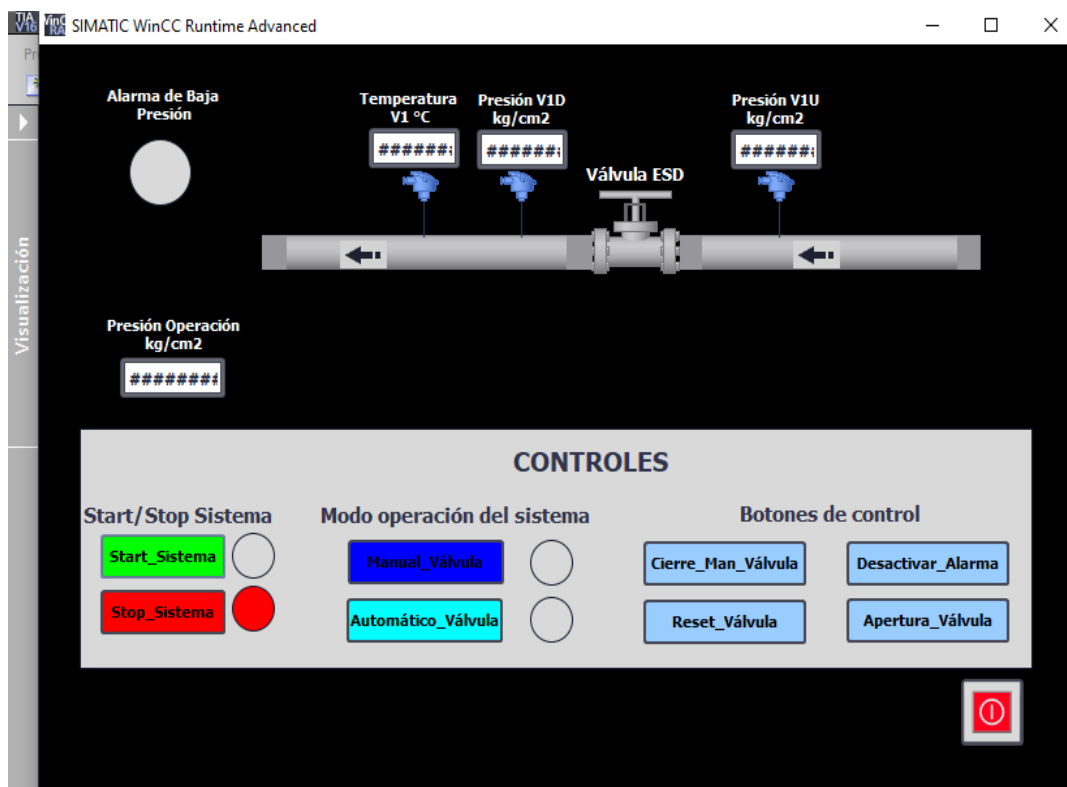
Cuando la válvula ESD se encuentre abierta, se activará manualmente el comando RESET\_V1, para desenergizar la salida COM\_APERTURA\_V1, que alimenta al actuador de la válvula ESD.

### 3.15 Diseño de la interfaz gráfica

El diseño de la interfaz gráfica, para la interacción hombre-máquina, fue desarrollada en base a la filosofía de control; se consideraron los siguientes elementos visibles: oleoducto de 36", la válvula ESD, los transmisores de presión y de temperatura y la alarma de baja presión. A continuación, se muestra en la figura 3.17, el diseño de la pantalla SCADA.

**Figura 3.17**

*Pantalla SCADA*



*Fuente: (Elaboración propia)*

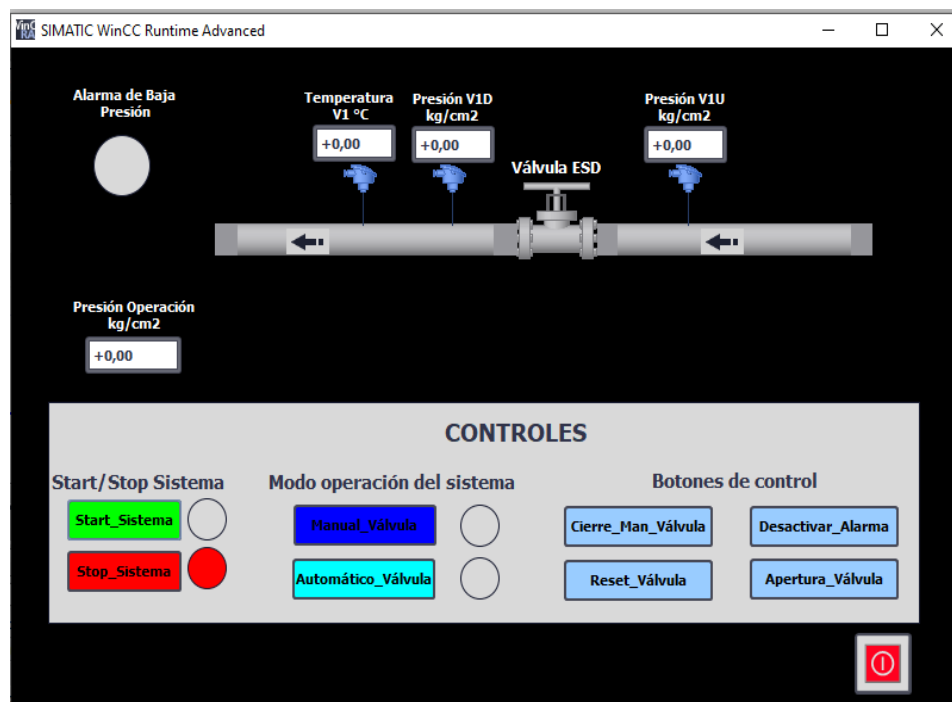
### 3.15.1 Diseño de pantalla SCADA

La pantalla se diseñó tomando en cuenta las variables del proceso, a continuación, describiremos los componentes de la pantalla SCADA:

- Presión V1D: Presión aguas abajo de la válvula ESD, en kg/cm<sup>2</sup>.
- Presión V1U: Presión aguas arriba de la válvula ESD, en kg/cm<sup>2</sup>.
- Temperatura V1: Temperatura del oleoducto en la válvula ESD, en °C.
- Alarma de Baja Presión: Se enciende ante una caída de presión por debajo de la presión de operación, en kg/cm<sup>2</sup>.
- Válvula ESD: Indica el estado abierto o cerrado de la válvula.

**Figura 3.18**

Pantalla de inicio del sistema SCADA



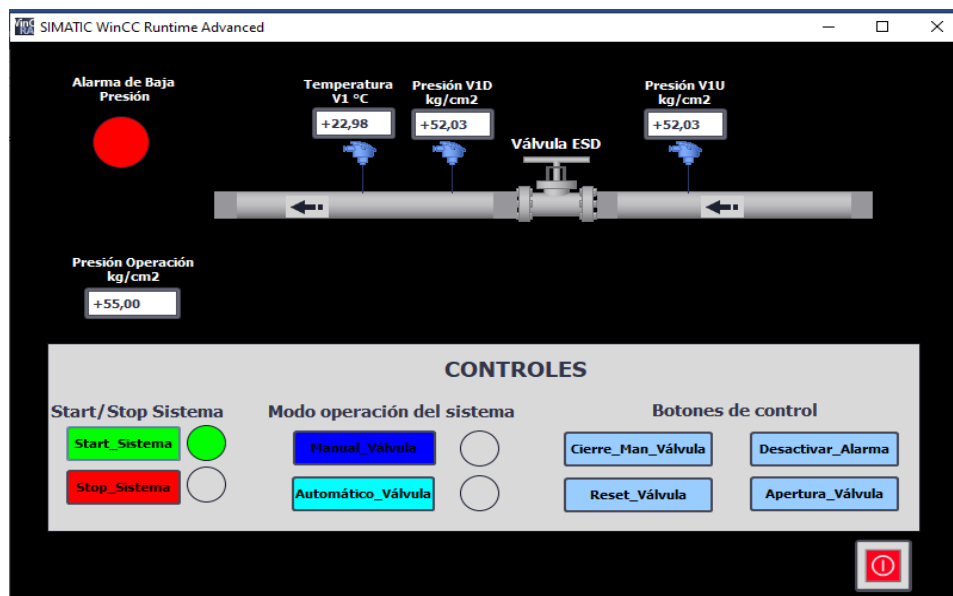
*Fuente: (Elaboración propia)*

Al iniciar el sistema, activando el botón Start\_Sistema e ingresando el valor de la presión de operación, se observa que las presiones en el oleoducto son

menores a la presión de operación y como consecuencia se activa la alarma de baja presión, como se muestra a continuación en la figura 3.19:

**Figura 3.19**

Inicio de sistema de bloqueo automático

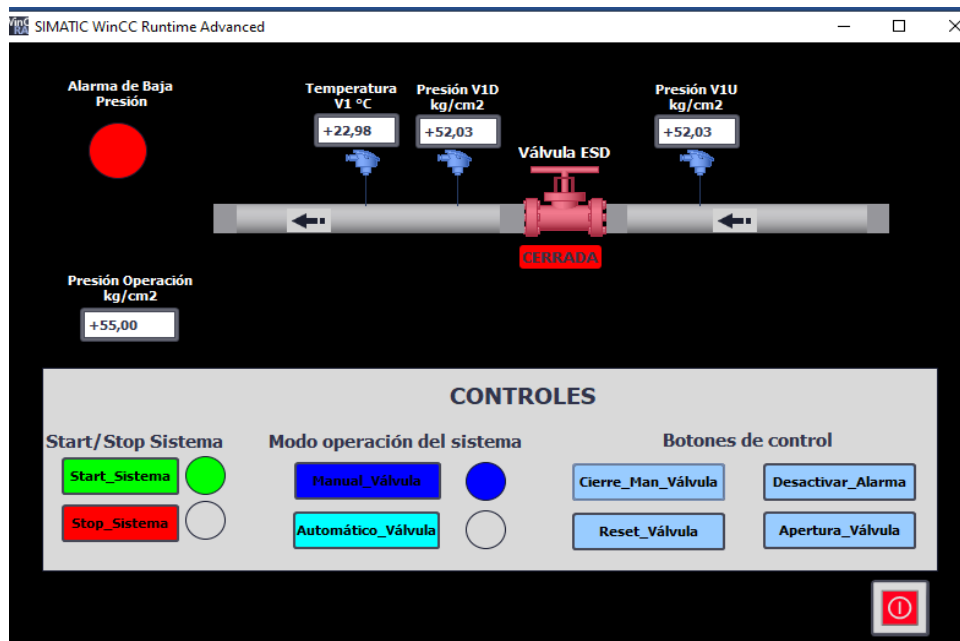


*Fuente: (Elaboración propia)*

El API 1130 recomienda que el operador del oleoducto debe decidir la parada del oleoducto o cierre de válvula, debido a ello, el sistema de bloqueo automático trabaja, normalmente, en modo manual y luego de la aprobación de la parada del oleoducto se procederá con el cierre de la válvula ESD. En caso de emergencia, la válvula ESD cerrará en 73 segundos, esta velocidad de cierre viene configurada de fábrica. El vendor WORTEC realizó la verificación, mediante simulación en régimen transitorio, que la velocidad de cierre de la válvula no genera un golpe de ariete que comprometa la integridad mecánica del oleoducto. La presión generada durante el cierre de la válvula no supera los 38.35 kg/cm2 de presión y además es menor que la presión de diseño del oleoducto 73.2 kg/cm2; por lo tanto, se concluye que la integridad mecánica del oleoducto no está comprometida. El cierre de la válvula ESD se muestra a continuación, en la figura 3.20:

**Figura 3.20**

Cierre de válvula ESD



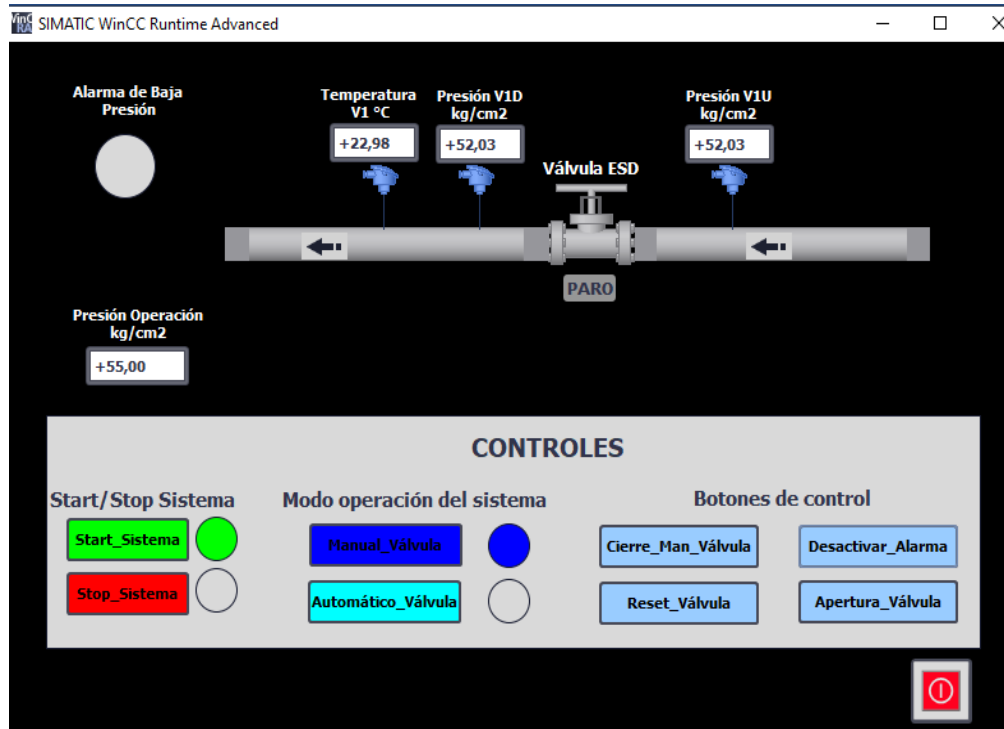
*Fuente: (Elaboración propia)*

Quando la válvula este cerrada, el operador procederá a desactivar la alarma e iniciaran los trabajos de reparación en el oleoducto. El operador activara el reset de la válvula para desenergizar la bobina de cierre de la válvula. En la siguiente figura 3.21 se muestra la desactivación de la alarma y el reset de la válvula ESD.



**Figura 3.21**

Desactivación de alarma y reset de válvula ESD

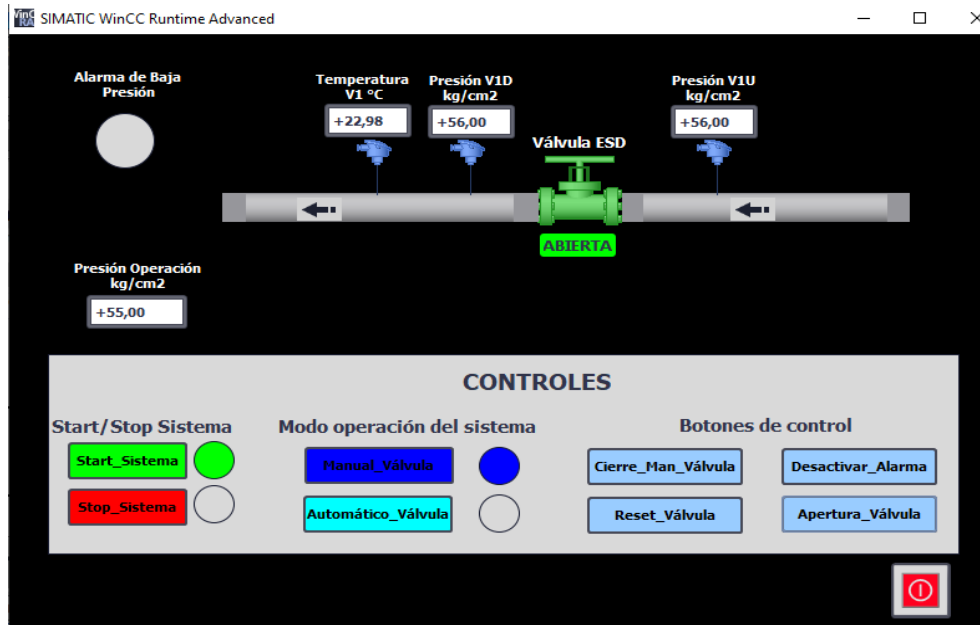


*Fuente: (Elaboración propia)*

Luego de culminar los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto; el operador del oleoducto aprobará el inicio de las operaciones e indicará al operador del SCADA la apertura de la válvula ESD. La apertura de la válvula y el restablecimiento de la presión del oleoducto se muestra en el siguiente grafico 3.22:

**Figura 3.22**

*Apertura de la válvula ESD y restablecimiento de presión*



*Fuente: (Elaboración propia)*

Cuando la válvula este totalmente abierta el operador activará el reset de la válvula para desactivar la bobina de apertura de la válvula ESD.

### 3.15.2 Definición de usuarios

#### Usuario operador:

Usuario primario con las funciones de monitoreo y operación, los privilegios asignados a este usuario son:

- Interactúa con todas las pantallas del SCADA
- Visualiza todo tipo de instrumentos y válvulas

#### Usuario supervisor:

Usuario primario con las funciones de monitoreo y operación, los privilegios asignados a este usuario son:

- Interactúa con todas las pantallas del SCADA

- Visualiza todo tipo de instrumentos y válvulas
- Visualiza todo tipo de alarmas

**Usuario administrador:**

Usuario secundario con las funciones de desarrollo, los privilegios asignados a este usuario son:

- Desarrollar la programación del PLC y diseño de pantallas
- Creación de usuarios y sus privilegios
- Mantenimiento del sistema
- Acceso a todas las pantallas del SCADA
- Reconocimiento de todas las alarmas

## Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y

### Discusión de Resultados

El presente capítulo tiene como objetivo la presentación de los resultados obtenidos, luego de diseñar el sistema de bloqueo automático. Para ello se analizará cada uno de los indicadores mencionados en el capítulo dos, para posteriormente contrastar con la hipótesis planteada. En la parte final del presente capítulo se presenta la discusión de resultados, en base a las comparaciones con los antecedentes investigativos y el marco teórico.

#### 4.1 Resultados

Para obtener los resultados del presente de investigación se necesita calcular la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

##### 4.1.1 Nivel de disponibilidad

Para calcular la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se utilizará la siguiente ecuación 4.1:

$$Disponibilidad\ total = \frac{Horas_{trabajo} - Horas_{mantenimiento}}{Horas_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$Horas_{trabajo}$ : Horas totales de trabajo

$Horas_{mantenimiento}$ : Horas detenidas por mantenimiento

#### 4.1.2 Análisis de la disponibilidad inicial del sistema de transporte de petróleo crudo

Se valida la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo en base al mantenimiento, fallas y contingencias en el oleoducto, así, se obtiene la disponibilidad total del sistema. Esta disponibilidad total del sistema es el porcentaje del tiempo que el sistema mantiene su funcionamiento completo. La información de los eventos de contingencia en el tramo II del Oleoducto Nor Peruano fue extraída del informe de transferencia de gestión de empresa del estado, elaborado por Petroperú.

En la tabla 4.1. se visualiza los tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte, sin el sistema de bloqueo automático, los mismos que serán utilizadas para el cálculo de la disponibilidad del oleoducto.

**Tabla 4-1**

*Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte sin el sistema de bloqueo automático*

| Descripción  | Duración | Frecuencia | Horas totales |
|--|----------|------------|---------------|
| Periodo  | 1 año    | 1 por año  | 8760 horas    |
| Mantenimiento preventivo   | 96 horas | 1 por año  | 96 horas      |
| Tiempo de detección y ubicación de fugas por cuadrilla de patrullaje | 48 horas | 8 por año  | 384 horas     |
| Operación de cierre de válvula                                       | 1 hora   | 8 por año  | 8 horas       |
| Tiempo de traslado de cuadrilla de reparación                        | 12 horas | 8 por año  | 96 horas      |
| Limpieza de oleoducto y zona afectada                                | 48 horas | 8 por año  | 384 horas     |
| Reparación por falla   | 36 horas | 8 por año  | 288 horas     |
| Operación de apertura de válvula                                     | 1 hora   | 8 por año  | 8 horas       |

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación, se calcula la disponibilidad del sistema de transporte sin el diseño de bloqueo automático:

$$Disponibilidad_1 = \frac{8760 - 96 - 384 - 8 - 96 - 384 - 288 - 8}{8760} \times 100\%$$

$$Disponibilidad_1 = 85.57\%$$

#### 4.1.3 Análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático

Para el análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático, utilizaremos el mismo número de contingencias anuales para luego realizar una comparación con la disponibilidad en condiciones iniciales. A diferencia del análisis previo al diseño al diseño del sistema de bloqueo automático, los tiempos de detección de las contingencias se reducen debido a que este parámetro de presión se monitorea en tiempo real desde la sala de control, permitiendo activar rápidamente el bloqueo de la válvula; como consecuencia de la rápida activación del bloqueo de la válvula se obtiene una reducción en el impacto ambiental, logrando una reducción en el tiempo de limpieza de la zona afectada.

En la tabla 4.2. se visualiza los tiempos a utilizar para el cálculo de la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático.

**Tabla 4-2**

*Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático*

| Descripción   | Duración  | Frecuencia | Horas totales |
|---|-----------|------------|---------------|
| Periodo   | 1 año     | 1 por año  | 8760 horas    |
| Mantenimiento preventivo  | 96 horas  | 1 por año  | 96 horas      |
| Tiempo de respuesta de activación del sistema de bloqueo (detección de baja de presión remota y aprobación del operador del oleoducto para el cierre de la válvula) | 0.16 hora | 8 por año  | 1.28 horas    |
| Tiempo de traslado de cuadrilla de reparación y limpieza  | 12 horas  | 8 por año  | 96 horas      |
| Limpieza de oleoducto y zona afectada   | 6 horas   | 8 por año  | 48 horas      |
| Reparación por falla  | 36 horas  | 8 por año  | 288 horas     |
| Operación de apertura de válvula  | 0.02 hora | 8 por año  | 0.16 horas    |

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación, se calcula la disponibilidad del sistema de transporte con el diseño de bloqueo automático:

$$Disponibilidad_2 = \frac{8760 - 96 - 1.28 - 96 - 48 - 288 - 0.16}{8760} \times 100\%$$

$$Disponibilidad_2 = 93.96\%$$

## **4.2 Análisis costo-beneficio**

El análisis costo beneficio es una técnica de evaluación económica que se utiliza para determinar la rentabilidad de un proyecto. Para la aplicación de esta técnica se identificarán y cuantificarán los costos y beneficios del proyecto.

### **4.2.1 Cálculo del costo de instalación de una válvula de bloqueo**

A continuación, describiremos las actividades necesarias para la instalación de una válvula de bloqueo en el tramo II del ONP.

Preliminares:

01.01.01 Movilización, desmovilización de equipos, material y personal: Esta partida incluye la movilización (ida/vuelta) para el transporte de los equipos y materiales requeridos para el proyecto, además del transporte del personal operativo y de supervisión, desde su origen hasta la obra.

01.01.02 Exámenes médicos y equipos de protección personal: Esta partida considera el costo de los exámenes médicos de ingreso y salida del personal, vacunas para trabajos en selva y el suministro del equipo de protección personal.

01.01.03 Hospedaje y alimentación para el personal: Esta partida consiste en el suministro de la alimentación (desayuno, almuerzo y cena) y hospedaje para el personal de la

empresa ejecutora del proyecto y del personal del cliente. Están incluidos los servicios de limpieza del hospedaje y lavado de ropa.

01.01.04 Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos): La empresa ejecutora es responsable de la instalación de oficinas, comedor y servicios higiénicos que cuenten con las condiciones mínimas de salubridad y con capacidad para todo el personal de la obra, también se encarga de la instalación de un almacén para el control y resguardo de los equipos, herramientas y repuestos requeridos para la ejecución del servicio.

Actividades:

01.02.01 Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo: Esta actividad consiste en la identificación de las coordenadas donde se instalará la válvula de bloqueo. Se realiza un relevamiento del lugar y se identifican accesos y las zonas donde se instalarán el campamento del personal, almacén de obra, oficinas y servicios higiénicos.

01.02.02 Estudio de suelos para cimentación y pilotaje: la presente partida contempla todas las actividades requeridas para obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo y sus propiedades de resistencia y deformación, así como la agresividad química de sus componentes.

01.02.03 Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos: Esta actividad considera el transporte de la válvula de bloqueo, actuador y sistema fotovoltaico, desde el almacén del cliente hasta la ubicación final de la válvula. El traslado es vía terrestre y considera los trabajos de carga y descarga de los equipos mencionados.

01.02.04 Excavación y tapado de 01 zanja: La presente actividad comprende la excavación y tapado de la zanja donde se instalará la válvula de bloqueo. Las dimensiones de la zanja deben considerar la longitud de la tubería donde se instalarán los equipos de hot tap, line



stop, fittings, transmisores de presión y cimentación de la válvula de bloqueo. La tierra proveniente de la excavación se colocará a una distancia prudente y segura. La zanja tiene las siguientes dimensiones: L: 12m; A:3.5m y H:4.4m.

01.02.05 Construcción de cimentación para válvula de bloqueo: Esta partida considera todas las obras de concreto necesarias para la correcta instalación de la válvula de bloqueo. El diseño se realizará en base al estudio de suelo realizado en fase previa, incluye las siguientes estructuras: Fundación tipo cajón para válvula de bloqueo, fundación de panel solar y fundación de poste para pararrayo.

01.02.06 Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo: Esta partida considera el suministro de equipos para hot tap y line stop, y la correcta operación de los mencionados equipos; el personal que realiza el trabajo tiene la calificación y cuenta con experiencia en trabajos similares. Utilizando el equipo de Hot Tap se perfora la tubería, en ambos lados donde se instalará la nueva válvula de bloqueo y con el equipo de line stop, ubicados en las perforaciones, se bloquea el flujo de crudo. El crudo drenado se almacena en recipientes tipo bulk drum y luego inyectados al ducto, al culminar los trabajos.

01.02.07 Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería): Esta actividad comprende las maniobras para la ejecución del corte y retiro del tramo de tubería de Ø36", la longitud de la tubería a retirar será de 5 metros, esta longitud se replanteará en campo, utilizando el equipo de ultrasonido para verificar la integridad de la zona de tubería a cortar.

01.02.08 Instalación de válvula de bloqueo 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación): la presente partida considera todas las actividades necesarias para la correcta instalación y montaje de la válvula de bloqueo. Los trabajos a ejecutar son los siguientes: maniobras de izaje de la válvula, alineación de válvula para posterior soldeo a la tubería, instalación del actuador y las conexiones eléctricas e instrumentación. Luego de la instalación de la válvula de bloqueo se realizará

las pruebas de funcionamiento (pruebas de cierre, apertura y cierre parcial), estas pruebas se registrarán en un formato de puesta en marcha.

01.02.09 Instalación de postes de soporte para los paneles solares: La presente partida considera la instalación de 01 poste metálico para el soporte del panel solar, la altura del poste es de 12 metros y cuenta con cables tensores. El poste metálico esta recubierto con tres capas de pintura.

01.02.10 Montaje de caseta de control, unidad de potencia hidráulica y pararrayos: Esta partida comprende la instalación de la caseta de control, gabinete de control, cableado electrico e hidráulico. La distancia estimada entre la caseta y la válvula de bloqueo será de 4 m, el conexionado hidráulico, desde la unidad de potencia hidráulica hasta el actuador de la válvula, se realizará con tubing de acero inoxidable de hasta Ø $\frac{3}{4}$ ". La caseta de control tendrá las siguientes dimensiones: 5mx4.5mx3m (largo x ancho x Altura), la cimentación de la caseta estará soportada por columnas de 2 metros de altura, respecto del suelo, se deben incluir escaleras y barandas de seguridad. El pararrayos deberá contar con un dispositivo de cebado y será instalado en un poste auto soportado, el rango de protección abarcará el cerco perimétrico. Se instalará dos puestas a tierra independientes, la primera estará conectada a los equipos electrónicos y de instrumentación y la segunda recibirá la descarga del pararrayo, ambas puestas a tierra deben incluir varilla de cobre electrolítico y diámetro mínimo de Ø $\frac{5}{8}$ " x 2.4 metros de longitud.

01.02.11 Instalación de sistema Fotovoltaico: debido a que el proyecto se encuentra en un sitio remoto (sin facilidades de energía eléctrica de la red) se requiere la instalación de un sistema fotovoltaico que suministre de energía eléctrica a todo el sistema de bloqueo automático para su funcionamiento, energía que se obtendrá mediante un banco de baterías que se cargan mediante paneles solares.

01.02.12 Suministro de sistema Fotovoltaico: Esta partida considera el suministro del sistema fotovoltaico para suministrar una potencia de 177 W-h con una autonomía de 5 días y cuenta con los siguientes equipos: paneles solares, cargador de baterías, banco de baterías, controlador de carga y fuente de poder.

01.02.13 Instalación de cerco perimétrico: Esta partida considera la instalación de un cerco perimétrico para proteger, contra actos vandálicos, todos los sistemas instalados en el presente proyecto. El cerco perimétrico está construido con malla electro soldada hecha con alambre galvanizado de 4mm y conformada en cocada de 2"x2", las dimensiones requeridas son de: 15m x 12m x 3m (largo x ancho x altura). En la siguiente figura 6.17, se muestra la vista panorámica de la instalación de una válvula de bloqueo.

**Figura 4.1**

*Vista general de la instalación de una válvula de bloqueo*



**Fuente:** Petroperú

Los costos para la instalación de una válvula de bloqueo se muestran en la siguiente tabla 4.3.

**Tabla 4-3**

*Costo para la instalación de una válvula de bloqueo*

| Item         | Descripción  | Und. | Metrado | Precio U\$ | Parcial U\$         |
|--------------|--|------|---------|------------|---------------------|
| <b>01</b>    | <b>INSTALACIÓN DE UNA VÁLVULA DE BLOQUEO EN EL TRAMO II DEL ONP</b>  |      |         |            | <b>1,459,800.13</b> |
| <b>01.01</b> | <b>PRELIMINARES</b>  |      |         |            | <b>170,726.80</b>   |
| 01.01.01     | Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.  | glb  | 1.00    | 71,865.70  | 71,865.70           |
| 01.01.02     | EMO y Equipos de protección personal   | glb  | 1.00    | 24,226.91  | 24,226.91           |
| 01.01.03     | Hospedaje y Alimentación para el Personal  | glb  | 1.00    | 65,658.00  | 65,658.00           |
| 01.01.04     | Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)                               | glb  | 1.00    | 8,976.19   | 8,976.19            |
| <b>01.02</b> | <b>ACTIVIDADES</b>   |      |         |            | <b>1,181,333.55</b> |
| 01.02.01     | Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo  | glb  | 1.00    | 2,423.85   | 2,423.85            |
| 01.02.02     | Estudio de suelos para cimentación y pilotaje  | glb  | 1.00    | 22,410.34  | 22,410.34           |
| 01.02.03     | Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos   | glb  | 1.00    | 65,348.42  | 65,348.42           |
| 01.02.04     | Excavación/ tapado de 01 zanja   | glb  | 1.00    | 92,545.08  | 92,545.08           |
| 01.02.05     | Construcción de cimentación para válvula de bloqueo  | und  | 1.00    | 16,182.63  | 16,182.63           |
| 01.02.06     | Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo  | und  | 2.00    | 267,191.23 | 534,382.46          |
| 01.02.07     | Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería)  | und  | 1.00    | 35,256.58  | 35,256.58           |
| 01.02.08     | Instalación de válvula de bloqueo 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación) | und  | 1.00    | 308,014.49 | 308,014.49          |
| 01.02.09     | Instalación de postes de soporte para los paneles solares  | und  | 1.00    | 5,605.80   | 5,605.80            |
| 01.02.10     | Montaje de caseta de control, unidad de potencia hidráulica y pararrayos   | und  | 1.00    | 65,812.43  | 65,812.43           |
| 01.02.11     | Instalación de sistema Fotovoltaico  | und  | 1.00    | 7,394.61   | 7,394.61            |
| 01.02.12     | Suministro de sistema Fotovoltaico   | und  | 1.00    | 10,975.76  | 10,975.76           |
| 01.02.13     | Instalación de cerco perimétrico   | und  | 1.00    | 14,981.10  | 14,981.10           |

|          |   |     |      |          |  |                   |
|----------|---|-----|------|----------|--|-------------------|
| 01.03    | <b>SOPORTE</b>                                    |     |      |          |  | <b>107,739.78</b> |
| 01.03.01 | Ingeniero Residente                               | mes | 5.00 | 4,931.51 |  | 24,657.55         |
| 01.03.02 | Ingeniero de oficina técnica                      | mes | 5.00 | 3,287.67 |  | 16,438.35         |
| 01.03.03 | Ingeniero Seguridad                               | mes | 5.00 | 3,835.62 |  | 19,178.10         |
| 01.03.04 | Administrador de obra                             | mes | 5.00 | 1,095.89 |  | 5,479.45          |
| 01.03.05 | Relacionista comunitario                          | mes | 5.00 | 1,232.88 |  | 6,164.40          |
| 01.03.06 | Inspector de soldadura                            | mes | 2.50 | 4,109.59 |  | 10,273.98         |
| 01.03.07 | Prevencionista                                    | mes | 2.50 | 1,041.10 |  | 2,602.75          |
| 01.03.08 | Almacenero  | mes | 2.50 | 958.90   |  | 2,397.25          |
| 01.03.09 | Técnico Certificado en equipo hot tap y line stop | mes | 2.50 | 8,219.18 |  | 20,547.95         |

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.2 Cálculo del costo de remediación de suelos

Ante eventos de contingencia en el tramo II del ONP, Petroperú ejecuta el plan de contingencia para atender estos incidentes, mitigar sus efectos y restaurar el ambiente a sus condiciones habituales.

El plan de contingencia considera la contención y confinamiento del derrame, luego se ejecutan trabajos de recuperación de crudo, limpieza, remediación ambiental y disposición final de residuos.

El cálculo del costo de la remediación está basado en parámetros listados en la siguiente tabla 4.4.

**Tabla 4-4**

*Parámetros del área a remediar*

| Item | Descripción                                     | Unidad | Cantidad |
|------|---|--------|----------|
| 1    | Barriles de hidrocarburo derramado              | Barril | 25       |
| 2    | Área a remediar 30m x 30m                       | m2     | 900      |
| 3    | Altura de corte de área a remediar              | m      | 0.5      |
| 4    | Volumen de suelo a remediar (esponjamiento 1.3) | m3     | 585      |

**Fuente:** (Elaboración propia)

La primera actividad a ejecutar es la contención del derrame de hidrocarburo, utilizando barreras de contención de PVC y cordones salchichones absorbentes, las cuales serán colocadas en el perímetro del área afectada, de esta manera se evita el aumento del área contaminada por el petróleo. Para la recuperación del hidrocarburo se utiliza una bomba para hidrocarburos, la bomba está conectada a unos tanques de almacenamiento; también se utiliza el oclansorb, que es un absorbente de hidrocarburos y tiene una capacidad de absorción de 0.57 barriles de hidrocarburo por saco de 44 litros.

Luego de la contención y recuperación de hidrocarburo, inician los trabajos de caracterización ambiental, para ubicar el área afectada mediante topografía, se realiza el inventario de flora y fauna afectados y mediante, análisis de suelos, se determina la concentración y tipo de hidrocarburo contaminante.

Con los resultados de la caracterización ambiental, se procede a la selección de la técnica de remediación aplicable. Petroperú utiliza principalmente la técnica de biorremediación utilizando celdas de tratamiento cercana al área intervenida. Posterior al hidrolavado, el suelo se moviliza a la celda de tratamiento, la cual debe ser impermeabilizada con geomembrana de alta resistencia; el material será homogenizado, añadiendo tierra de chacra, utilizando una excavadora. El material a remediar se humedecerá utilizando hidrolavadoras de manera que se obtenga un grado de humedad entre 20% y 30%. La celda de tratamiento cuenta con sistema de aireación, mediante tuberías ranuradas de pvc de Ø1" y 2" conectadas a un compresor para cumplir con la oxigenación del material y estimular la actividad microbiana. simultáneamente, se controla la humedad relativa y el pH del suelo en tratamiento.

Semanalmente se realizan muestreos, para conocer las concentraciones de TPH y verificar el rendimiento de los trabajos de remediación.

Al disminuir las concentraciones de TPH, a niveles permitidos, se da por concluidos los trabajos en la celda de tratamiento y se procede a trasladar el material remediado hacia la zona del área afectada para su relleno.

El cálculo del costo de la remediación de suelo para un área de 30m por 30m se muestra en la siguiente tabla 4.5.

**Tabla 4-5**

*Costo de la remediación de suelo contaminado por hidrocarburo (área 30m x 30m)*

| Item     | Descripción  | Und | Metrado | Precio U\$ | Parcial U\$       |
|----------|--|-----|---------|------------|-------------------|
| 01       | <b>REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS (ÁREA: 30mX30m)</b>                        |     |         |            | <b>245,518.46</b> |
| 01.01    | <b>PRELIMINARES</b>  |     |         |            | <b>86,828.72</b>  |
| 01.01.01 | Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.                                      | glb | 1.00    | 27,678.34  | 27,678.34         |
| 01.01.02 | EMO y equipos de protección personal   | glb | 1.00    | 16,432.68  | 16,432.68         |
| 01.01.03 | Hospedaje y alimentación para el personal  | glb | 1.00    | 28,720.08  | 28,720.08         |
| 01.01.04 | Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos) | glb | 1.00    | 11,930.90  | 11,930.90         |
| 01.01.05 | Habilitación de acceso   | km  | 0.50    | 4,133.44   | 2,066.72          |
| 01.02    | <b>CONTENCION Y RECUPERACION DE HIDROCARBUROS</b>  |     |         |            | <b>17,600.32</b>  |
| 01.02.01 | Contención y recuperación de hidrocarburo  | glb | 1.00    | 17,600.32  | 17,600.32         |
| 01.03    | <b>CARACTERIZACIÓN E INVENTARIO FORESTAL</b>   |     |         |            | <b>9,417.76</b>   |
| 01.03.01 | Caracterización e inventario forestal  | glb | 1.00    | 9,417.76   | 9,417.76          |

|          |   |     |      |           |  |                   |
|----------|---|-----|------|-----------|--|-------------------|
| 01.04    | <b>REMEDIACIÓN DE SUELOS</b>                    |     |      |           |  | <b>104,394.66</b> |
| 01.04.01 | Recolección y remoción de material afectado     | glb | 1.00 | 8,656.64  |  | 8,656.64          |
| 01.04.02 | Hidrolavado de suelos en diques de contención   | glb | 1.00 | 42,242.08 |  | 42,242.08         |
| 01.04.03 | Tratamiento de suelos en bioceldas              | glb | 1.00 | 49,076.48 |  | 49,076.48         |
| 01.04.04 | Relleno de zona afectada con material remediado | glb | 1.00 | 4,419.46  |  | 4,419.46          |
| 01.05    | <b>SOPORTE</b>                                  |     |      |           |  | <b>27,277.00</b>  |
| 01.05.01 | Ingeniero Ambiental                             | mes | 3.00 | 2,739.00  |  | 8,217.00          |
| 01.05.02 | Ingeniero Forestal                              | mes | 2.00 | 2,465.00  |  | 4,930.00          |
| 01.05.03 | Ingeniero Seguridad                             | mes | 2.00 | 2,465.00  |  | 4,930.00          |
| 01.05.04 | Administrador de obra                           | mes | 2.00 | 1,200.00  |  | 2,400.00          |
| 01.05.05 | Relacionista comunitario                        | mes | 2.00 | 1,400.00  |  | 2,800.00          |
| 01.05.06 | Prevencionista                                  | mes | 2.00 | 1,041.10  |  | 2,082.20          |
| 01.05.07 | Almacenero                                      | mes | 2.00 | 958.90    |  | 1,917.80          |

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.3 Análisis costo-beneficio

Para desarrollar el análisis de costo beneficio se necesita la siguiente información:

- Costo de inversión.
- Tasa de descuento.
- Periodo de análisis.
- Ingresos y egresos

Del apartado 4.2.1, se obtiene que el costo del proyecto de instalación de una válvula de bloqueo es de US\$ 1,459,800.13 dólares estadounidenses, aplicando una tasa de cambio de 3.65, obtenemos S/. 5,328,270.47 soles de inversión.



La tasa de descuento anual considerada es del 10% anual y con periodo de análisis de cinco años.

En la siguiente tabla 4.6, se muestra los egresos en el periodo de cinco años:

**Tabla 4-6**

*Egresos del proyecto*

| EGRESOS            | AÑO 1         | AÑO 2         | AÑO 3         | AÑO 4         | AÑO 5         |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| TELECOMUNICACIONES | S/ 424,375.20 | S/ 424,375.20 | S/ 424,375.20 | S/ 424,375.20 | S/ 424,375.20 |
| OPERACIÓN SCADA    | S/ 105,000.00 | S/ 105,000.00 | S/ 105,000.00 | S/ 105,000.00 | S/ 105,000.00 |
| COSTO NETO         | S/ 529,375.20 | S/ 529,375.20 | S/ 529,375.20 | S/ 529,375.20 | S/ 529,375.20 |

*Fuente: (Elaboración propia)*

En la siguiente tabla 4.7, se muestra los beneficios en el periodo de cinco años:

**Tabla 4-7**

*Beneficios del proyecto*

| BENEFICIOS                                 | AÑO 1           | AÑO 2           | AÑO 3           | AÑO 4           | AÑO 5           |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| N° CONTINGENCIAS ANUAL                     | 3               | 3               | 3               | 3               | 3               |
| COSTO DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL (30MX30M)   | S/ 896,142.38   | S/ 896,142.38   | S/ 896,142.38   | S/ 896,142.38   | S/ 896,142.38   |
| AHORRO DE COSTOS POR REMEDIACIÓN AMBIENTAL | S/ 2,688,427.14 | S/ 2,688,427.14 | S/ 2,688,427.14 | S/ 2,688,427.14 | S/ 2,688,427.14 |

*Fuente: (Elaboración propia)*

Con los datos precedentes, se calculan los indicadores: VAN, B/C y TIR, valores que se muestran en la siguiente tabla 4.8.

**Tabla 4-8**

*Cálculo de indicadores*

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| INVERSIÓN      | S/ 5,328,270.47 |
| TASA DESCUENTO | 10%             |

| AÑO | INGRESO | EGRESO | FLUJO EFECTIVO   |
|-----|---------|--------|------------------|
| 0   |         |        | -S/ 5,328,270.47 |

|   |                 |               |                 |
|---|-----------------|---------------|-----------------|
| 1 | S/ 2,688,427.14 | S/ 529,375.20 | S/ 2,159,051.94 |
| 2 | S/ 2,688,427.14 | S/ 529,375.20 | S/ 2,159,051.94 |
| 3 | S/ 2,688,427.14 | S/ 529,375.20 | S/ 2,159,051.94 |
| 4 | S/ 2,688,427.14 | S/ 529,375.20 | S/ 2,159,051.94 |
| 5 | S/ 2,688,427.14 | S/ 529,375.20 | S/ 2,159,051.94 |

|                         |                  |                              |
|-------------------------|------------------|------------------------------|
| <b>VAN INGRESOS</b>     | S/ 10,191,254.02 |                              |
| <b>VAN EGRESOS</b>      | S/ 2,006,748.50  |                              |
| <b>COSTOS+INVERSIÓN</b> | S/ 7,335,018.98  |                              |
| <b>VAN</b>              | S/ 2,856,235.04  | VAN > 0; PROYECTO ACEPTABLE  |
| <b>B/C</b>              | 1.39             | B/C > 1; PROYECTO ACEPTABLE  |
| <b>TIR</b>              | 29%              | TIR > TD; PROYECTO ACEPTABLE |

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.4 Análisis de sensibilidad

En el presente apartado, se realiza el análisis de sensibilidad del proyecto. Esta herramienta de gestión permite analizar la respuesta del proyecto ante modificaciones en una variable determinada, de la cual depende directa o indirectamente el proyecto.

Se calculan los valores tolerables de N° CONTINGENCIAS ANUAL, COSTO DE REMEDIACIÓN Y COSTO DE OPERACIÓN, en base a un VAN igual a cero, es decir, que el proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la siguiente tabla 4.9.

**Tabla 4-9**

*Análisis de sensibilidad*

| SENSIBILIDAD           | PROYECTADO    | TOLERANTE       | DIFERENCIA     |
|------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| N° CONTINGENCIAS ANUAL | 3             | 2 (*)           | 1              |
| COSTO DE REMEDIACIÓN   | S/ 896,142.38 | S/ 644,986.51   | S/ 251,155.87  |
| COSTO DE OPERACIÓN     | S/ 529,375.20 | S/ 1,282,842.81 | -S/ 753,467.61 |

(\*) El valor calculado de N° CONTINGENCIAS ANUAL para VAN=0, es 2.159.

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.5 Análisis bidimensional

En el presente apartado, se realiza el análisis bidimensional del proyecto. Esta herramienta de gestión permite analizar la respuesta de nuestro proyecto ante modificaciones en más de una variable determinada de la cual depende directa o indirectamente el proyecto.

En la siguiente tabla 4.10, se muestran los valores del VAN del proyecto ante modificaciones de las variables N° CONTINGENCIAS ANUAL y COSTO REMEDIACIÓN.

**Tabla 4-10**

*Análisis bidimensional del proyecto*

|  | VAN PROYECTO       |                 | N° CONTINGENCIAS ANUAL |                  |   |
|--|--------------------|-----------------|------------------------|------------------|---|
|  | S/<br>2,856,235.04 |                 | 3                      | 2 (*)            | 1 |
| COSTO DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL (30MX30M) | S/ 896,142.38      | S/ 2,856,235.04 | -S/ 0.00               | -S/ 3,937,934.30 |   |
|  | S/ 770,564.44      | S/ 1,428,117.52 | -S/ 1,027,868.52       | -S/ 4,413,973.48 |   |
|  | S/ 644,986.51      | -S/ 0.00        | -S/ 2,055,737.03       | -S/ 4,890,012.65 |   |

(\*) Para el cálculo del VAN se utilizó N° CONTINGENCIAS ANUAL= 2.159.

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.6 Cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo a instalar

(Petroperú, 2024) informa que, durante el periodo de diciembre 2022 a febrero del 2024, se tiene registrado 10 contingencias ambientales a lo largo del tramo II del ONP. Utilizando esta información realizaremos el cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo que se instalarán en el tramo II del ONP.

- N° Contingencias Anuales =  $10 \times 12 \text{ meses} / 15 \text{ meses} = 8 \text{ contingencias}$

- N° Contingencias por Válvula = 2 contingencias (Del análisis de sensibilidad)

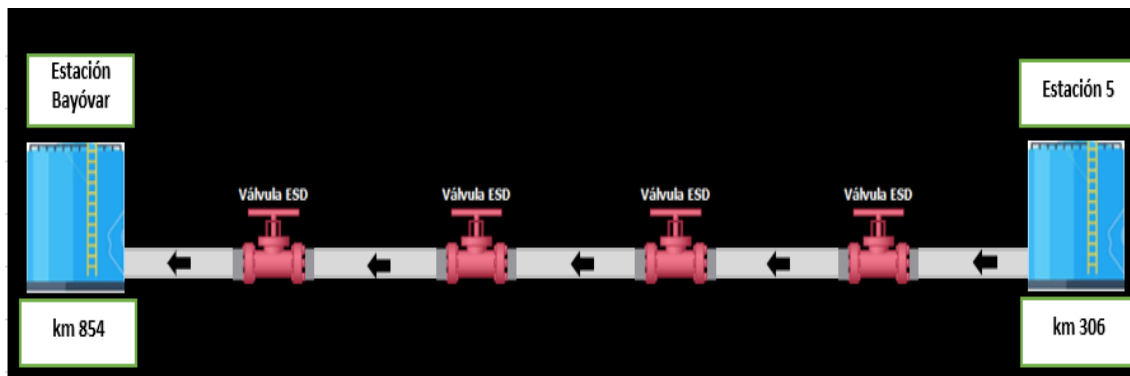
-  $N^{\circ} \text{ Válvulas} = N^{\circ} \text{ Contingencias Anuales} / N^{\circ} \text{ Contingencias por Válvula} = 4$

Válvulas

- Distancia entre Válvulas =  $(854 \text{ km} - 306 \text{ km}) / 5 = 170.8 \text{ km}$ , en la siguiente figura 4.2 se muestra la distribución de las válvulas de bloqueo.

**Figura 4.2**

*Ubicación de válvulas de bloqueo*



*Fuente: (Elaboración propia)*

### 4.3 Contratación de hipótesis general

Hi: Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Ho: Un adecuado sistema de bloqueo automático no mejorará la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Durante el análisis de la disponibilidad del tramo II del Oleoducto Nor Peruano, se compararon los valores de disponibilidad antes y después del diseño del sistema de bloqueo automático. Previo al diseño del sistema de bloqueo automático, las contingencias se detectaban mediante patrullajes realizados en el derecho de vía y el bloqueo del oleoducto se realizaba manualmente. De esta manera, la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo es de 85.57%.

Tras el diseño del sistema de bloqueo automático, los parámetros de operación del oleoducto son monitoreados en tiempo real y la válvula de bloqueo es controlada desde la sala de control. De esta manera, la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo es de 93.96%.

Decisión, dado que el diseño del sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se verifica que la hipótesis  $H_i$  es positiva y se descarta la hipótesis nula  $H_o$ .

#### **4.4 Contrastación de hipótesis específicas**

H1: Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.

H2: Un adecuado sistema de bloqueo automático no mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.

Ante eventos de contingencia se necesita reducir el tiempo de respuesta para bloquear el sistema de transporte de petróleo crudo, para ello se requiere un adecuado diseño de sistema de bloqueo automático que permita monitorear en tiempo real los parámetros de operación del oleoducto y controlar de manera remota el cierre y la apertura de la válvula de bloqueo. En el presente trabajo se observa una mejora en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático. Por lo tanto, se verifica que la hipótesis H1 es positiva y se descarta la hipótesis H2.

H3: La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

H4: La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático no será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Luego del análisis de costo beneficio del proyecto, donde se cuantifico el costo de la implementación y operación del sistema de bloqueo automático y el costo de las remediaciones mitigadas, se obtuvo los siguientes valores para los indicadores VAN de S/ 2,856,235.04 y TIR de 29%, con estos valores se comprueba que el proyecto es rentable. Por lo tanto, se verifica que la hipótesis H3 es positiva y se descarta la hipótesis H4.

#### **4.5 Discusión de resultados**

Con el objetivo general de diseñar un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación indican que un diseño de sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo. Según Mesa (2006) para obtener una mejora de la disponibilidad del equipo o sistema se deben reducir los tiempos de mantenimientos, esta reducción de tiempos se logra con la automatización industrial. Aguilar (2013) afirma que la automatización industrial mejora la disponibilidad y la productividad de los equipos de una empresa, debido a que simplifica los trabajos de mantenimiento y operación del sistema. Estos resultados tienen afinidad con el trabajo de Fataliyev (2018), quien concluyo que la automatización y monitoreo en tiempo real de los procesos, incrementa la productividad, reduce el tiempo de paradas y optimiza los tiempos de procesos para los mantenimientos, logrando de esta manera una alta disponibilidad del oleoducto. Este resultado concuerda con lo que se halló y se confirma que el diseño de un sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Con el objetivo específico de evaluar el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo, los resultados obtenidos muestran una reducción significativa del tiempo de respuesta, debido al monitoreo en tiempo real, en comparación con el tiempo de respuesta sin el diseño de bloqueo automático. Aguilar (2013) indica que la automatización

industrial integra los sistemas de captación, adquisición, control y supervisión de todos los elementos y procesos que se llevan a cabo, y con ello, se reduce los tiempos de respuesta debido al monitoreo y control en tiempo real. De forma similar, López (2022) concluyó que el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras, como la automatización, agiliza la detección de fallas y de esta manera se reduce el tiempo de respuesta ante emergencias. Este resultado coincide con lo que se encontró en esta investigación, dado que el diseño de un sistema de bloqueo automático agiliza el tiempo de respuesta de bloqueo ante emergencias.

Con el objetivo específico de evaluar la rentabilidad de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se realizó el análisis de costo-beneficio para la instalación del sistema de bloqueo automático y se obtuvo valores de VAN y TIR que confirman que la instalación del sistema de bloqueo automático es rentable en comparación con los costos ocasionados por derrames en el oleoducto. En base a ello se estudió la teoría del análisis costo-beneficio, según Lara (2017) señaló que la aplicación de esta metodología permite evaluar la rentabilidad de los proyectos. Los resultados de la presente investigación concuerdan con lo obtenido por Camacho (2022), quien indica que la instalación de sistemas de monitoreo y control a distancia agilizan el tiempo de respuesta ante derrames mitigando los impactos negativos en la salud y contaminación ambiental, minimizando de esta manera los costos asociados a la recuperación de la salud y remediación ambiental.

## **Conclusiones**

Se diseñó un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo siguiendo las recomendaciones del DS-081-2007-EM. El uso de transmisores de presión y válvulas de bloqueo automáticas, monitoreadas y controladas por un sistema scada, mitigan los impactos negativos ocasionados por los derrames, reduciendo los tiempos de parada para los mantenimientos correctivos y de esta manera se mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Se evaluó el impacto del diseño del sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo. El tiempo de respuesta para el bloqueo, ante contingencias, se reduce significativamente debido al monitoreo continuo de los parámetros de operación del proceso y al control remoto de las válvulas de bloqueo.

Se evaluó el costo beneficio de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, obteniendo que la instalación del sistema de bloqueo automático es rentable para la mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo y la mitigación de las contingencias ambientales.



## **Recomendaciones**

Se recomienda para futuras investigaciones realizar un estudio para el diseño e instalación de un sistema de detección y ubicación de fugas en oleoductos, el cual debería contemplar un análisis costo beneficio.

A las empresas operadoras de oleoductos, desarrollar un área de mantenimiento que cuente con personal capacitado y un sistema de control de inventarios, de manera que el almacén se encuentre abastecido de materiales, consumibles, herramientas y equipos ante eventos de derrames.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, J., Rios, A., Hidrobo, F., & Mariela, C. (2013). *Sistemas MultiAgentes y sus Aplicaciones en Automatización Industrial*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Alfonso, O. (2022). *Estado de integridad mediante inspección visual (externa) del sistema recibo/despacho de una planta de bombeo de crudo*. Tesis de Grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
- Angulo, L. (2016). *Proyectos Formulación y Evaluación*. Perú: Macro EIRL.
- Aparcana, H. (2019). *Estado situacional del ONP y perspectivas para su operación en próximos 20 años*. Perú.
- Berrios, K. (2022). *Biorremediación de suelos contaminados con gasolina de 95 octanos utilizando estiércol*. Perú.
- Camacho, K. (2020). *Impactos ambientales negativos por derrame de petróleo crudo de junio 2014 en el km 41+833 del oleoducto norperuano en la comunidad nativa Cuninico*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal, Perú.
- Fataliyev, T., & Mehdiyev, S. (2018). Analysis and new approaches to the solution of problems of operation of oil and gas complex as Cyber-Physical System. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 10(11), 67-76.
- Flores, M., Torras, S., & Téllez, R. (2004). Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en Infraestructura de transporte terrestre. *Instituto Mexicano del Transporte*.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Gu, X., & Wang, C. (2018). Oil pipeline leak detection based on image recognition. *2018 Octava Conferencia Internacional sobre Instrumentación y Medición, Computación, Comunicación y Control (IMCCC)*, (págs. págs. 464-467). China. doi:10.1109/IMCCC.2018.00103
- Lara, I., & Franco, O. (2017). Análisis del Costo – Beneficio una Herramienta de Gestión. *Revista Contribuciones a la Economía*. Obtenido de <http://eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>
- Li, G. e. (2018). Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project. *Asia Communications and Photonics Conference (ACP)* , artículo Su2A.70.
- López, N. (2022). *Revisión sistemática de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0*. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- Mesa, D., Ortiz, Y., & Manuel, P. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, p.155-160. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
- ONP, P. (2023). *Petroperú Oleoducto Nor Peruano*. Obtenido de <https://oleoducto.petroperu.com.pe/plan-contingencia/remediacion-ambiental/>
- Ortiz, Y. (2019). *Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Osinergmin. (2021). *Expediente 202100184224*. Perú.
- Petroperú. (2020). *Memoria anual 2020*. Perú.
- Petroperú. (2024). *INFORME TRANSFERENCIA DE GESTIÓN DE EMPRESA DEL ESTADO*. Perú. Obtenido de [https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/quienes\\_somos/transferencia-marzo-2024-informe.pdf](https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/quienes_somos/transferencia-marzo-2024-informe.pdf)
- Riba Romeva, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona: Editorial UPC. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=leaPng4UWdgC&pg=PA199&dq=disponibilidad+de+maquinas&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjzMrqILrpAhVEA9QKHQWBS8Q6AEILjAB#v=onepage&q=disponibilidad%20de%20maquinas&f=false>
- Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Rosero, P. (2012). *Desarrollo de un algoritmo y programa en matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinámico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano*. Ecuador.
- Salas, F. (2022). *Desarrollo de un sistema de detección y localización de fugas basado en filtro de Kalman extendido para sistemas de transporte de petróleo crudo aplicado al tramo I del oleoducto norperuano*. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Sánchez, M., & Vargas, J. (2018). *Diseño de un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas de oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el Departamento de Piura*. Tesis de grado, Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2017>
- Smith, G. (2018). *Diseño de un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina de 18 pulg. de diámetro del nuevo terminal Ilo de petróleos del Perú - Petroperú S.A*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Torres, J. (2021). *Simulación de corrosión en oleoductos como alternativa de método de monitoreo*. Escuela Politecnica Nacional, Ecuador.

Valladares, P. (2020). *Diseño del scada para el oleoducto de sub estación Pariñas a set de válvulas ubicada en el Lote IV concesionada por Graña y Montero Petrolera*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura, Perú.

## **Anexos**

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Anexo 1: | Datos generales del oleoducto tramo II del ONP .....  | 1  |
| Anexo 2: | Historial de derrames en el Tramo II del ONP .....  | 2  |
| Anexo 3: | Parámetros de operación del oleoducto tramo II del ONP .....  | 4  |
| Anexo 4: | Cronograma de la instalación de una válvula de bloqueo .....  | 5  |
| Anexo 5: | Histograma del personal para la instalación de una válvula de bloqueo .....   | 6  |
| Anexo 6: | Cronograma para la remediación de suelos contaminados por<br>hidrocarburos .....  | 7  |
| Anexo 7: | Histograma del personal para la remediación de suelos contaminados por<br>hidrocarburos en un área de 30 m por 30 m ..... | 8  |
| Anexo 8: | Precios unitarios para la instalación de una válvula de bloqueo .....   | 9  |
| Anexo 9: | Precios unitarios para la remediación de suelos contaminados por<br>hidrocarburos en un área de 30m por 30m .....         | 21 |

Anexo 1:

Datos generales del oleoducto tramo II del ONP

| DATOS GENERALES DEL OLEODUCTO |                |
|-------------------------------|----------------|
| Longitud del Oleoducto (km)   | 548            |
| Diámetro del oleoducto (in)   | 36             |
| Material del oleoducto        | API X52        |
| Espesor mínimo (in)           | 0.312          |
| Espesor máximo (in)           | 0.875          |
| Producto transportado         | Petróleo crudo |
| Grado API                     | 24.85°         |
| Gravedad específica           | 0.895          |
| Viscosidad (cSt@18°C)         | 38.0           |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Anexo 2:

Historial de derrames en el Tramo II del ONP

| N° | AÑO  | DEPARTAMENTO | PROVINCIA           | UBICACIÓN<br>(PROGRESIVA) | FECHA          | CAUSA                             | VOLUMEN<br>DERRAMADO  |
|----|------|--------------|---------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1  | 1997 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 441+500 -<br>Tramo II | 17-jun.-97     | Causas<br>naturales               | -                     |
| 2  | 1998 | PIURA        | SECHURA             | Km. 784+500 -<br>Tramo II | 12-ene.-98     | Corrosión                         | -                     |
| 3  | 1999 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 483+100 -<br>Tramo II | 13-may.-<br>99 | Causas<br>naturales               | -                     |
| 4  | 1999 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 620+932 -<br>Tramo II | 19-jul.-99     | Corrosión                         | -                     |
| 5  | 2000 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 483+130 -<br>Tramo II | 1-ene.-00      | Causas<br>naturales               | -                     |
| 6  | 2000 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE          | Km. 692+880 -<br>Tramo II | 18-feb.-00     | Causas<br>naturales               | -                     |
| 7  | 2003 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 577+600 -<br>Tramo II | 3-jul.-03      | Causas<br>naturales               | -                     |
| 8  | 2006 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 472+100 -<br>Tramo II | 8-may.-06      | Causas<br>naturales               | -                     |
| 9  | 2008 | LORETO       | DATAM DE<br>MARañON | Km. 323+750 -<br>Tramo II | 11-mar.-08     | Causas<br>naturales               | -                     |
| 10 | 2009 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 496+600 -<br>Tramo II | 11-jun.-09     | Causas<br>naturales               | -                     |
| 11 | 2011 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 544+410 -<br>Tramo II | 11-mar.-11     | Causas<br>naturales               | 22 barriles           |
| 12 | 2011 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 513+500 -<br>Tramo II | 3-abr.-11      | Atentado<br>acción de<br>terceros | 60 barriles           |
| 13 | 2011 | PIURA        | SECHURA             | Km. 810+800 -<br>Tramo II | 6-nov.-11      | Atentado<br>acción de<br>terceros | 500 barriles          |
| 14 | 2012 | PIURA        | SECHURA             | Km. 791+600 -<br>Tramo II | 14-abr.-12     | Atentado<br>acción de<br>terceros | 264.9 barriles        |
| 15 | 2012 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI        | Km. 397+300 -<br>Tramo II | 4-sep.-12      | Causas<br>naturales               | 260 barriles          |
| 16 | 2013 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km. 504+053 -<br>Tramo II | 21-sep.-13     | Causas<br>naturales               | 10 barriles           |
| 17 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 547+475 -<br>Tramo II | 25-may.-<br>14 | Causas<br>naturales               | 88.1 barriles         |
| 18 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 609+031 -<br>Tramo II | 18-sep.-14     | Corrosión                         | 20 barriles<br>aprox. |
| 19 | 2014 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 622+500 -<br>Tramo II | 18-nov.-14     | Atentado<br>acción de<br>terceros | 258 barriles          |
| 20 | 2014 | PIURA        | SECHURA             | Km. 835+200 -<br>Tramo II | 10-dic.-14     | Atentado<br>acción de<br>terceros | -                     |
| 21 | 2014 | PIURA        | SECHURA             | Km. 814+271 -<br>Tramo II | 27-dic.-14     | Atentado<br>acción de<br>terceros | -                     |
| 22 | 2015 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km. 504+086 -<br>Tramo II | 19-feb.-15     | Causas<br>naturales               | -                     |
| 23 | 2015 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km. 504+193 -<br>Tramo II | 09-mar.-15     | Corrosión                         | 0.01 barriles         |
| 24 | 2015 | PIURA        | SECHURA             | Km. 796+869 -<br>Tramo II | 21-sep.-15     | Atentado<br>acción de<br>terceros | 122 barriles          |
| 25 | 2015 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 569+713 -<br>Tramo II | 2-nov.-15      | Corrosión                         | 54 barriles           |
| 26 | 2015 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 516+408 -<br>Tramo II | 6-nov.-15      | Causas<br>naturales               | 16 barriles           |

| N° | AÑO  | DEPARTAMENTO | PROVINCIA           | UBICACIÓN<br>(PROGRESIVA)  | FECHA          | CAUSA  | VOLUMEN<br>DERRAMADO |
|----|------|--------------|---------------------|----------------------------|----------------|--|----------------------|
| 27 | 2016 | AMAZONAS     | UCTUBAMBA           | Km. 440+781 -<br>Tramo II  | 25-ene.-16     | Causas<br>naturales  | -                    |
| 28 | 2016 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 661+980 -<br>Tramo II  | 17-feb.-16     | Error<br>operativo<br>Fallas de<br>accesorios<br>Defectos de<br>reparación | -                    |
| 29 | 2016 | PIURA        | SECHURA             | Km. 810+692 -<br>Tramo II  | 7-mar.-16      | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 30 | 2016 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI        | Km. 364+990 -<br>Tramo II  | 10-ago.-16     | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 31 | 2017 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km. 569+825 -<br>Tramo II  | 23-may.-<br>17 | Corrosión  | 3 barriles           |
| 32 | 2017 | PIURA        | SECHURA             | Km. 810+978 -<br>Tramo II  | 18-jun.-17     | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 33 | 2019 | LORETO       | DATAM DE<br>MARAÑON | Km. 323+185 -<br>Tramo II  | 1-ene.-19      | En<br>investigación  | -                    |
| 34 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.550+058.4 -<br>Tramo II | 29-ene.-19     | En<br>investigación  | -                    |
| 35 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.612+641 -<br>Tramo II   | 17-ene.-19     | En<br>investigación  | -                    |
| 36 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.611+955 -<br>Tramo II   | 27-mar.-19     | En<br>investigación  | -                    |
| 37 | 2019 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.604+360 -<br>Tramo II   | 18-abr.-19     | En<br>investigación  | 0.25 barriles        |
| 38 | 2019 | AMAZONAS     | CONDORCANQUI        | Km.371+734 -<br>Tramo II   | 9-jul.-19      | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 39 | 2019 | AMAZONAS     | BAGUA               | Km.400+710 -<br>Tramo II   | 11-ago.-19     | Atentado<br>acción de<br>terceros  | -                    |
| 40 | 2019 | AMAZONAS     | JAEN                | Km.548+784 -<br>Tramo II   | 21-dic.-19     | En<br>investigación  | -                    |
| 41 | 2020 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.609+223 -<br>Tramo II   | 16-may.-<br>20 | En<br>investigación  | -                    |
| 42 | 2020 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE          | Km.713+163.5 -<br>Tramo II | 8-sep.-20      | En<br>investigación  | -                    |
| 43 | 2020 | CAJAMARCA    | JAEN                | Km.567+936 -<br>Tramo II   | 16-nov.-20     | En<br>investigación  | -                    |
| 44 | 2020 | LAMBAYEQUE   | LAMBAYEQUE          | Km.718+027 -<br>Tramo II   | 30-ene.-21     | En<br>investigación  | 0.9 barriles         |

**Fuente:** Osinergmin. (2021). "Expediente 202100184224"



Anexo 3:

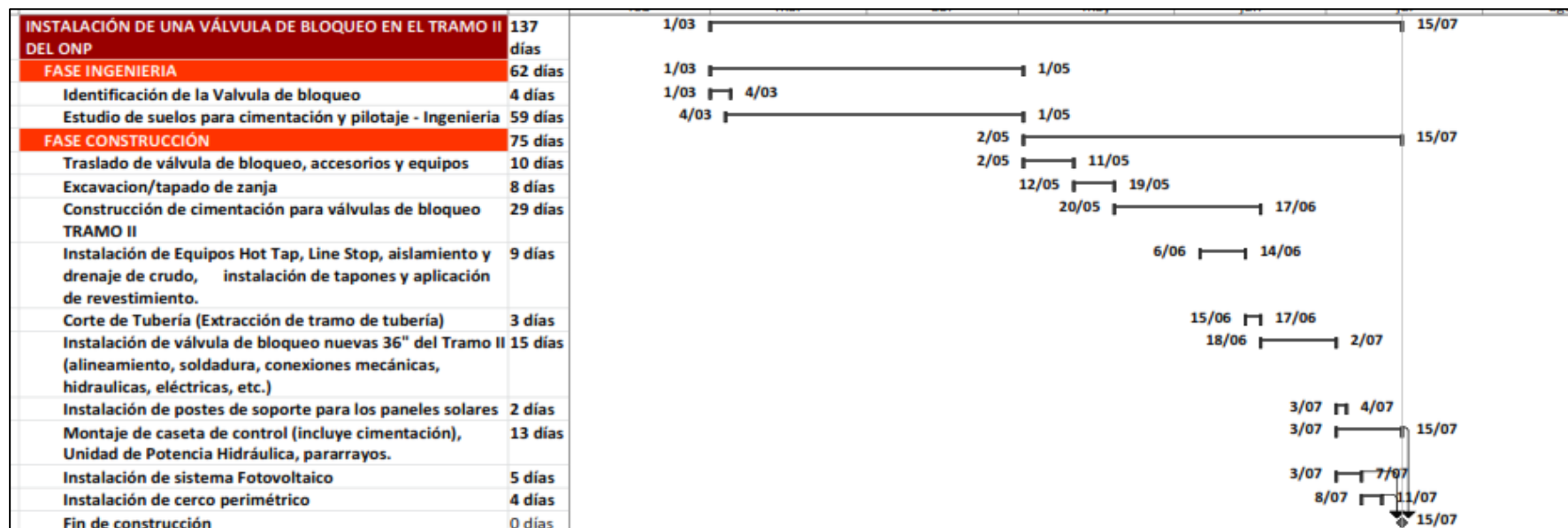
Parámetros de operación del oleoducto tramo II del ONP

| Progresiva    | Presión de operación | Temperatura de operación | Presión de diseño | Clase de brida (ANSI) | Cedula tubería |
|---------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| 318+19        | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 600#                  | 14.3           |
| <b>406+77</b> | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 600#                  | 7.9            |
| <b>466+77</b> | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 600#                  | 9.5            |
| <b>559+00</b> | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 600#                  | 9.5            |
| <b>565+30</b> | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 600#                  | 9.5            |
| <b>605+80</b> | 61 kg/cm2            | 40 °C                    | 73.2 kg/cm2       | 900#                  | 8.7            |

**Fuente:** Petroperú. (2019). "Condiciones técnicas integradas JTEO-015-2019"

#### Anexo 4:

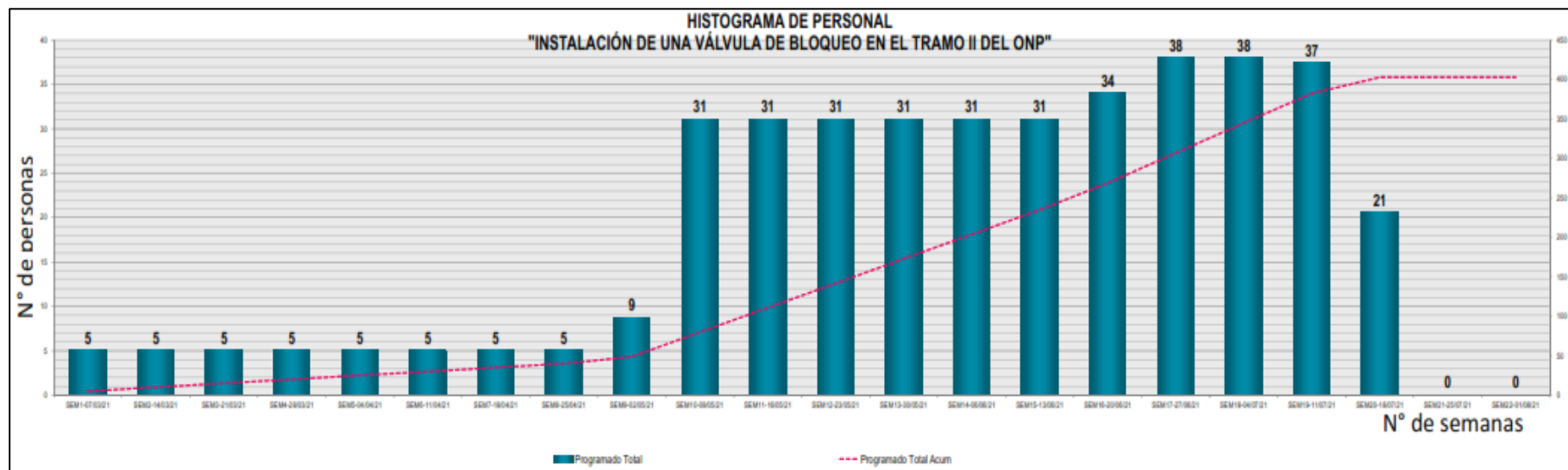
#### Cronograma de la instalación de una válvula de bloqueo



*Fuente: (Elaboración propia)*

## Anexo 5:

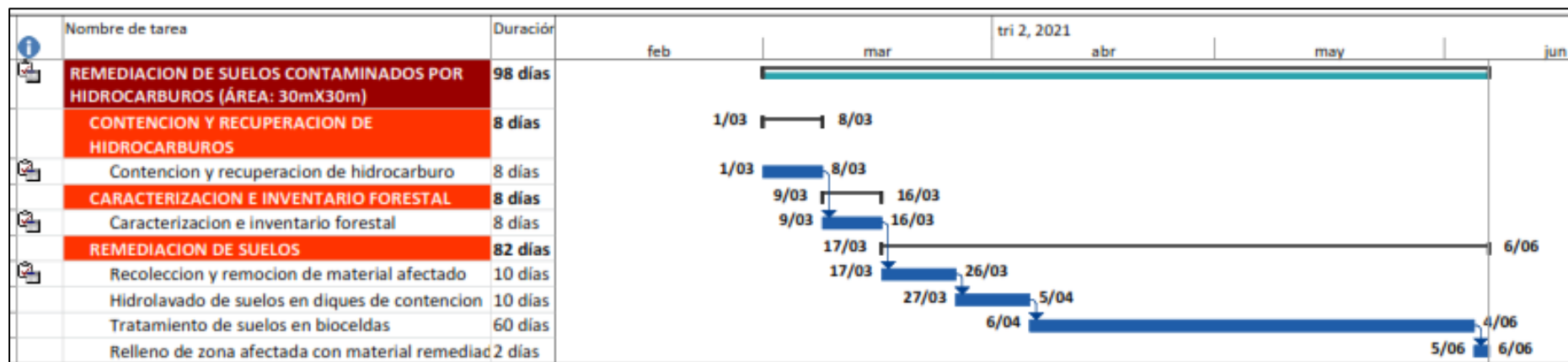
Histograma del personal para la instalación de una válvula de bloqueo



**Fuente:** (Elaboración propia)

## Anexo 6:

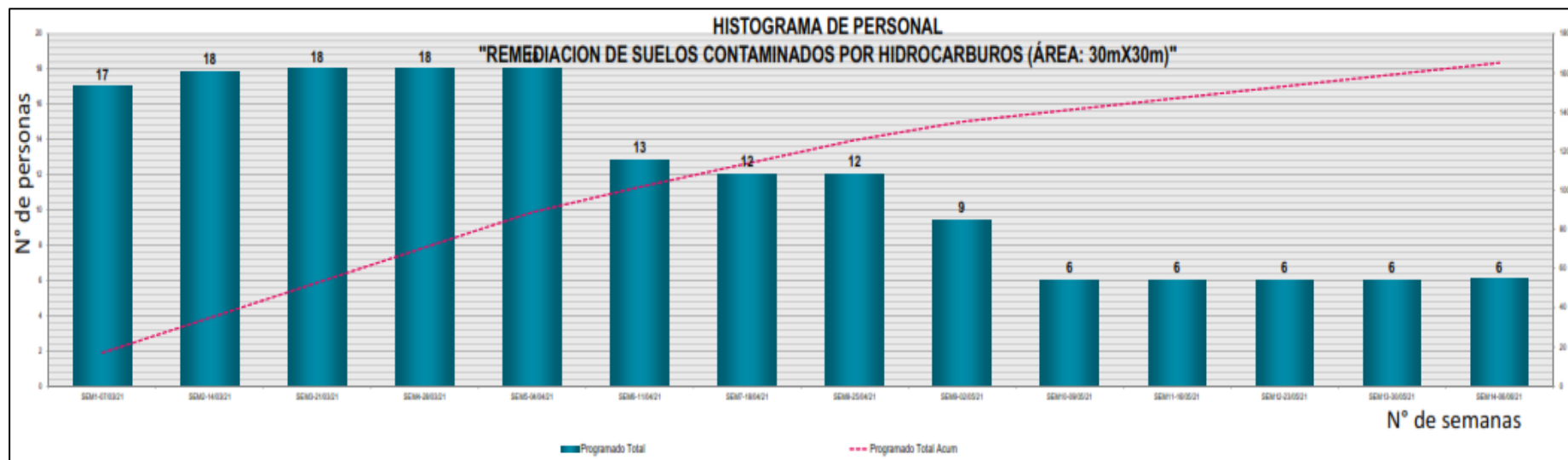
### Cronograma para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos



*Fuente: (Elaboración propia)*

## Anexo 7:

Histograma del personal para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30 m por 30 m



**Fuente:** (Elaboración propia)

## Anexo 8:

### Precios unitarios para la instalación de una válvula de bloqueo

| Análisis de precios unitarios |  |  |            |                                  |            |             |           |
|-------------------------------|--|--|------------|----------------------------------|------------|-------------|-----------|
| Presupuesto                   | 0202007  | INSTALACION DE VALVULA DE BLOQUEO  |            |                                  |            |             |           |
| Subpresupuesto                | 001  | INSTALACION DE VALVULA DE BLOQUEO  |            |                                  |            |             |           |
| Partida                       | 01.01.01                                       | Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.                                      |            |                                  |            |             |           |
| Rendimiento                   | glb/DIA  | 1.0000   | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb |            | 71,865.70   |           |
| Código                        | Descripción Recurso                            | Unidad   | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |           |
|                               | Subcontratos                                   |  |            |                                  |            |             |           |
| 0400010001001                 | SC VUELO: LIMA-JAEN-LIMA                       | und  |            | 56.0000                          | 180.00     | 10,080.00   |           |
| 0424010005                    | SC TRANSPORTE TERRESTRE TALARA - JAEN - TALARA | und  |            | 30.0000                          | 48.78      | 1,463.40    |           |
| 0424010006                    | SC TRANSPORTE: IQUITOS - JAEN - IQUITOS        | und  |            | 20.0000                          | 182.93     | 3,658.60    |           |
| 0424010007                    | SC TRANSPORTE TERRESTRE LMA - JAEN - LIMA      | und  |            | 45.0000                          | 109.76     | 4,939.20    |           |
| 0424010008                    | SC CAMIONETA OBRA                              | día  |            | 150.0000                         | 125.39     | 18,808.50   |           |
| 0424010009                    | SC COASTER OBRA                                | día  |            | 150.0000                         | 219.44     | 32,916.00   |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 71,865.70 |
| Partida                       | 01.01.02                                       | Hospedaje y Alimentación para el Personal  |            |                                  |            |             |           |
| Rendimiento                   | glb/DIA  | 1.0000   | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : glb |            | 65,658.00   |           |
| Código                        | Descripción Recurso                            | Unidad   | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |           |
|                               | Subcontratos                                   |  |            |                                  |            |             |           |
| 0409050023                    | SC LAVANDERIA                                  | und  |            | 3,100.0000                       | 1.52       | 4,712.00    |           |
| 0409050024                    | SC ALIMENTACION - 3 COMIDAS DIARIAS            | und  |            | 3,100.0000                       | 10.37      | 32,147.00   |           |
| 0409050025                    | SC ALOJAMIENTO                                 | und  |            | 3,100.0000                       | 9.29       | 28,799.00   |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 65,658.00 |
| Partida                       | 01.01.03                                       | Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos) |            |                                  |            |             |           |
| Rendimiento                   | glb/DIA  | 0.2000   | EQ. 0.2000 | Costo unitario directo por : glb |            | 8,976.19    |           |
| Código                        | Descripción Recurso                            | Unidad   | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |           |
|                               | Mano de Obra                                   |  |            |                                  |            |             |           |
| 0101010006000                 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO                      | dh   | 2.0000     | 10.0000                          | 71.90      | 719.00      |           |
| 0101010006000                 | CAPATAZ MECANICO                               | dh   | 1.0000     | 5.0000                           | 80.16      | 400.80      |           |
| 0101010006000                 | OPERARIO MECANICO                              | dh   | 1.0000     | 5.0000                           | 72.93      | 364.65      |           |
| 0101010006000                 | AYUDANTE MECANICO                              | dh   | 10.0000    | 50.0000                          | 50.08      | 2,504.00    |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 3,988.45  |
|                               | Materiales                                     |  |            |                                  |            |             |           |
| 0267110022                    | CARPAS PARA 2 PERSONAS                         | und  |            | 20.0000                          | 24.39      | 487.80      |           |
| 0292010003                    | MATERIALES (VARIOS)                            | %mo  |            | 5.0000                           | 3,988.45   | 199.42      |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 687.22    |
|                               | Equipos  |  |            |                                  |            |             |           |
| 0301030001000                 | EQUIPOS VARIOS                                 | %mo  |            | 5.0000                           | 3,988.45   | 199.42      |           |
| 0301350001001                 | CONTENEDOR DE ALMACEN                          | mes  |            | 2.5000                           | 700.00     | 1,750.00    |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 1,949.42  |
|                               | Subcontratos                                   |  |            |                                  |            |             |           |
| 0423040001000                 | SC ALQUILER OFICINA EN CIUDAD CERCANA          | mes  |            | 2.5000                           | 940.44     | 2,351.10    |           |
|                               |  |  |            |                                  |            |             | 2,351.10  |

|               |  |   |            |                                  |            |             |  |
|---------------|--|---|------------|----------------------------------|------------|-------------|--|
| Partida       | 01.02.01   | Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo |            |                                  |            |             |  |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 0.0769  | EQ. 0.0769 | Costo unitario directo por : glb |            | 2,423.85    |  |
| Código        | Descripción Recurso                                | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |  |
|               | Mano de Obra                                       |   |            |                                  |            |             |  |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                                   | dh  | 1.0000     | 13.0039                          | 80.16      | 1,042.39    |  |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                                  | dh  | 1.0000     | 13.0039                          | 50.08      | 651.24      |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 1,693.63    |  |
|               | Materiales   |   |            |                                  |            |             |  |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                                | %mo   |            | 5.0000                           | 1,693.63   | 84.68       |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 84.68       |  |
|               | Equipos  |   |            |                                  |            |             |  |
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                                     | de  | 1.0000     | 13.0039                          | 43.13      | 560.86      |  |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                                     | %mo   |            | 5.0000                           | 1,693.63   | 84.68       |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 645.54      |  |
| Partida       | 01.02.02   | Estudio de suelos para cimentación y pilotaje           |            |                                  |            |             |  |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 0.0769  | EQ. 0.0769 | Costo unitario directo por : glb |            | 22,410.34   |  |
| Código        | Descripción Recurso                                | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |  |
|               | Mano de Obra                                       |   |            |                                  |            |             |  |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                                   | dh  | 1.0000     | 13.0039                          | 80.16      | 1,042.39    |  |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                                  | dh  | 2.0000     | 26.0078                          | 50.08      | 1,302.47    |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 2,344.86    |  |
|               | Materiales   |   |            |                                  |            |             |  |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                                | %mo   |            | 5.0000                           | 2,344.86   | 117.24      |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 117.24      |  |
|               | Equipos  |   |            |                                  |            |             |  |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                                     | %mo   |            | 5.0000                           | 2,344.86   | 117.24      |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 117.24      |  |
|               | Subcontratos                                       |   |            |                                  |            |             |  |
| 0400010001001 | SC ESTUDIO DE SUELOS                               | und   |            | 1.0000                           | 14,150.00  | 14,150.00   |  |
| 0400010001001 | SC INGENIERÍA PARA CIMENTACION                     | und   |            | 1.0000                           | 1,950.00   | 1,950.00    |  |
| 0400010001001 | SC INGENIERÍA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO (CASETA)   | und   |            | 1.0000                           | 1,210.00   | 1,210.00    |  |
| 0400010001001 | SC INGENIERÍA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO            | und   |            | 1.0000                           | 1,311.00   | 1,311.00    |  |
| 0400010001002 | SC INGENIERÍA PARA PARTE ELECTRICA (PUESTA A TIER) | und   |            | 1.0000                           | 1,210.00   | 1,210.00    |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 19,831.00   |  |
| Partida       | 01.02.03   | Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos    |            |                                  |            |             |  |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 0.1667  | EQ. 0.1667 | Costo unitario directo por : glb |            | 65,348.42   |  |
| Código        | Descripción Recurso                                | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |  |
|               | Mano de Obra                                       |   |            |                                  |            |             |  |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO                          | dh  | 3.0000     | 17.9964                          | 71.90      | 1,293.94    |  |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                                   | dh  | 1.0000     | 5.9988                           | 80.16      | 480.86      |  |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO                                  | dh  | 2.0000     | 11.9976                          | 72.93      | 874.98      |  |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                                  | dh  | 10.0000    | 59.9880                          | 50.08      | 3,004.20    |  |
|               |  |   |            |                                  |            | 5,653.98    |  |

|                     |   |     |        |         |          |                  |
|---------------------|---|-----|--------|---------|----------|------------------|
| <b>Materiales</b>   |   |     |        |         |          |                  |
| 0292010003          | MATERIALES (VARIOS)                                 | %mo |        | 5.0000  | 5,653.98 | 282.70           |
|                     |   |     |        |         |          | <b>282.70</b>    |
| <b>Equipos</b>      |   |     |        |         |          |                  |
| 03010300010001      | EQUIPOS VARIOS                                      | %mo |        | 5.0000  | 5,653.98 | 282.70           |
| 0301090002          | TRACTOR D6  | dm  | 3.0000 | 17.9964 | 766.70   | 13,797.84        |
| 0301090003          | GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger) | dm  | 5.0000 | 29.9940 | 639.16   | 19,170.97        |
| 0301170003          | EXCAVADORA PC 200                                   | dm  | 3.0000 | 17.9964 | 545.90   | 9,824.23         |
|                     |   |     |        |         |          | <b>43,075.74</b> |
| <b>Subcontratos</b> |   |     |        |         |          |                  |
| 0400010001002       | SC CAMA BAJA: LIMA-SARAMIRIZA (GRUAS MOV-DESMOV)    |     |        | 1.0000  | 3,456.00 | 3,456.00         |
| 0400010001002       | SC CAMION PLATAFORMA: LIMA-SARAMIRIZA (HOT TAPS)    |     |        | 1.0000  | 3,220.00 | 3,220.00         |
| 0400010001002       | SC CAMION PLATAFORMA: SARAMIRIZA-LIMA (HOT TAPS)    |     |        | 1.0000  | 3,220.00 | 3,220.00         |
| 0400010001002       | SC CAMION PLATAFORMA: LIMA-SARAMIRIZA (MATERIALES)  |     |        | 2.0000  | 3,220.00 | 6,440.00         |
|                     |   |     |        |         |          | <b>16,336.00</b> |

|               |                            |                                       |                   |                                  |                   |                    |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.02.04</b>            | <b>Excavación/ tapado de 01 zanja</b> |                   |                                  |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>glb/DIA</b>             | <b>0.0250</b>                         | <b>EQ. 0.0250</b> | Costo unitario directo por : glb |                   | <b>103,096.48</b>  |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>                         | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |                                       |                   |                                  |                   |                    |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO  | dh                                    | 2.0000            | 80.0000                          | 71.90             | 5,752.00           |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO           | dh                                    | 1.0000            | 40.0000                          | 80.16             | 3,206.40           |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO          | dh                                    | 2.0000            | 80.0000                          | 72.93             | 5,834.40           |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO          | dh                                    | 10.0000           | 400.0000                         | 50.08             | 20,032.00          |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO           | dh                                    | 1.0000            | 40.0000                          | 55.75             | 2,230.00           |
|               |                            |                                       |                   |                                  |                   | <b>37,054.80</b>   |

|                   |                                |     |        |            |           |                  |
|-------------------|--------------------------------|-----|--------|------------|-----------|------------------|
| <b>Materiales</b> |                                |     |        |            |           |                  |
| 0201040003        | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200 | gal |        | 1,500.0000 | 4.57      | 6,855.00         |
| 0292010003        | MATERIALES (VARIOS)            | %mo |        | 5.0000     | 37,054.80 | 1,852.74         |
|                   |                                |     |        |            |           | <b>8,707.74</b>  |
| <b>Equipos</b>    |                                |     |        |            |           |                  |
| 0301000020        | ESTACION TOTAL                 | de  | 1.0000 | 40.0000    | 43.13     | 1,725.20         |
| 03010300010001    | EQUIPOS VARIOS                 | %mo |        | 5.0000     | 37,054.80 | 1,852.74         |
| 0301040004        | MOTOBOMBA                      | dm  | 2.0000 | 80.0000    | 15.65     | 1,252.00         |
| 0301090002        | TRACTOR D6                     | dm  | 1.0000 | 40.0000    | 766.70    | 30,668.00        |
| 0301170003        | EXCAVADORA PC 200              | dm  | 1.0000 | 40.0000    | 545.90    | 21,836.00        |
|                   |                                |     |        |            |           | <b>57,333.94</b> |

|               |                            |  |                   |                                  |                   |                    |
|---------------|----------------------------|--|-------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.02.05</b>            | <b>Construcción de cimentación para válvula de bloqueo</b> |                   |                                  |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>und/DIA</b>             | <b>0.1429</b>  | <b>EQ. 0.1429</b> | Costo unitario directo por : und |                   | <b>16,182.63</b>   |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |  |                   |                                  |                   |                    |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO  | dh   | 2.0000            | 13.9958                          | 71.90             | 1,006.30           |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO           | dh   | 1.0000            | 6.9979                           | 80.16             | 560.95             |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO          | dh   | 1.0000            | 6.9979                           | 72.93             | 510.36             |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO          | dh   | 6.0000            | 41.9874                          | 50.08             | 2,102.73           |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO           | dh   | 3.0000            | 20.9937                          | 55.75             | 1,170.40           |
|               |                            |  |                   |                                  |                   | <b>5,350.74</b>    |



| Materiales    |   |     |         |          |          |                 |
|---------------|---|-----|---------|----------|----------|-----------------|
| 0204030005    | ACERO DE REFUERZO                                   | kg  |         | 118.3000 | 2.25     | 266.18          |
| 0219010012    | CONCRETO F'C=210 KG/CM2                             | m3  |         | 2.3660   | 177.25   | 419.37          |
| 0219130001001 | TUBO 16" x 6 M, SCH 40 - PARA POSTE SOLAR           | und |         | 1.0000   | 2,597.70 | 2,597.70        |
| 0231220002    | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                            | m2  |         | 7.1680   | 16.97    | 121.64          |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                                 | %mo |         | 5.0000   | 5,350.74 | 267.54          |
|               |   |     |         |          |          | <b>3,672.43</b> |
| Equipos       |   |     |         |          |          |                 |
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                                      | de  | 1.0000  | 6.9979   | 43.13    | 301.82          |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                                      | %mo |         | 5.0000   | 5,350.74 | 267.54          |
| 0301040004    | MOTOBOMBA   | dm  | 1.0000  | 6.9979   | 15.65    | 109.52          |
| 0301090002    | TRACTOR D6  | dm  | 0.2000  | 1.3996   | 766.70   | 1,073.07        |
| 0301090003    | GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger) | dm  | 0.2000  | 1.3996   | 639.16   | 894.57          |
| 0301170003    | EXCAVADORA PC 200                                   | dm  | 1.0000  | 6.9979   | 545.90   | 3,820.15        |
| 0301290001000 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP                           | dm  | 2.0000  | 13.9958  | 1.50     | 20.99           |
| 0301340001000 | ANDAMIOS  | dm  | 20.0000 | 139.9580 | 4.80     | 671.80          |
|               |   |     |         |          |          | <b>7,159.46</b> |

| Partida       | <b>01.02.06</b>            | <b>Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo</b> |                   |                                  |                   |                    |
|---------------|----------------------------|--|-------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento   | <b>und/DIA</b>             | <b>0.0606</b>  | EQ. <b>0.0606</b> | costo unitario directo por : und |                   | <b>317,985.73</b>  |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>  | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |  |                   |                                  |                   |                    |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO  | dh   | 2.0000            | 33.0033                          | 71.90             | 2,372.94           |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO           | dh   | 1.0000            | 16.5017                          | 80.16             | 1,322.78           |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO          | dh   | 1.0000            | 16.5017                          | 72.93             | 1,203.47           |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO          | dh   | 10.0000           | 165.0165                         | 50.08             | 8,264.03           |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO           | dh   | 4.0000            | 66.0066                          | 55.75             | 3,679.87           |
| 0101020001001 | SOLDADOR 6G                | dh   | 4.0000            | 66.0066                          | 92.55             | 6,108.91           |
| 0101020001001 | SOLDADOR 3G                | dh   | 1.0000            | 16.5017                          | 72.93             | 1,203.47           |
|               |                            |  |                   |                                  |                   | <b>24,155.47</b>   |

|                     |   |  |                   |  |                   |                    |  |
|---------------------|---|--|-------------------|--|-------------------|--------------------|--|
| <b>Materiales</b>   |   |  |                   |  |                   |                    |  |
| 0215080002          | BULK DRUM   | und  |                   | 4.0000                                 | 165.00            | 660.00             |  |
| 0254020002          | PORTICO DE IZAJE PARA TUBERIA DE 36"                | und  |                   | 14.0000                                | 4,553.00          | 63,742.00          |  |
| 0272040053          | ELECTRODOS E6011 Y E7018                            | kg   |                   | 73.4000                                | 3.80              | 278.92             |  |
| 0276030009          | DADOS DE CONCRETO                                   | m3   |                   | 7.5000                                 | 200.00            | 1,500.00           |  |
| 0290130005000       | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"                | und  |                   | 10.0000                                | 9.59              | 95.90              |  |
| 0290130005001       | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"                          | und  |                   | 15.0000                                | 6.88              | 103.20             |  |
| 0292010003          | MATERIALES (VARIOS)                                 | %mo  |                   | 5.0000                                 | 24,155.47         | 1,207.77           |  |
|                     |   |  |                   |  |                   | <b>67,587.79</b>   |  |
| <b>Equipos</b>      |   |  |                   |  |                   |                    |  |
| 0301000020          | ESTACION TOTAL                                      | de   | 1.0000            | 16.5017                                | 43.13             | 711.72             |  |
| 0301030001000       | EQUIPOS VARIOS                                      | %mo  |                   | 5.0000                                 | 24,155.47         | 1,207.77           |  |
| 0301040004          | MOTOBOMBA   | dm   | 1.0000            | 16.5017                                | 15.65             | 258.25             |  |
| 0301090003          | GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger) | dm   | 1.0000            | 16.5017                                | 639.16            | 10,547.23          |  |
| 0301170003          | EXCAVADORA PC 200                                   | dm   | 0.4000            | 6.6007                                 | 545.90            | 3,603.32           |  |
| 0301270005          | MOTOSOLDADORA 500A                                  | dm   | 6.0000            | 99.0099                                | 104.63            | 10,359.41          |  |
| 0301280001000       | TORQUIMETRO   | dm   | 2.0000            | 33.0033                                | 4.90              | 161.72             |  |
| 0301330008          | EQUIPO DE OXCORTE COMPLETO                          | dm   | 2.0000            | 33.0033                                | 1.14              | 37.62              |  |
| 0301340001000       | ANDAMIOS  | dm   | 6.0000            | 99.0099                                | 4.80              | 475.25             |  |
| 0301340002000       | ESMERIL ANGULAR DE 7"                               | dm   | 5.0000            | 82.5083                                | 1.73              | 142.74             |  |
| 0301340002000       | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                           | dm   | 5.0000            | 82.5083                                | 3.08              | 254.13             |  |
| 0301430002          | TECLE DE CADENA DE 15 ton                           | dm   | 40.0000           | 660.0660                               | 17.78             | 11,735.97          |  |
|                     |   |  |                   |  |                   | <b>39,495.13</b>   |  |
| <b>Subcontratos</b> |   |  |                   |  |                   |                    |  |
| 0415120008          | SC EQUIPO PARA REINYECCION DE CRUDO                 | und  |                   | 1.0000                                 | 1,275.00          | 1,275.00           |  |
| 0415120009          | SC EQUIPO DE HOT TAP 36"                            | und  |                   | 1.0000                                 | 160,794.50        | 160,794.50         |  |
| 0415120010          | SC MANTENIMIENTO DE EQUIPOS H,T y L.S. de petroperu | und  |                   | 1.0000                                 | 11,375.00         | 11,375.00          |  |
| 0415120011          | SC ENSAYO DE MT, UT Y RX                            | día  |                   | 17.0000                                | 782.52            | 13,302.84          |  |
|                     |   |  |                   |  |                   | <b>186,747.34</b>  |  |
| Partida             | <b>01.02.07</b>                                     | <b>Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería)</b> |                   |  |                   |                    |  |
| Rendimiento         | <b>und/DIA</b>                                      | <b>0.5000</b>  | <b>EQ. 0.5000</b> | <b>osto unitario directo por : und</b> |                   | <b>35,256.58</b>   |  |
| <b>Código</b>       | <b>Descripción Recurso</b>                          | <b>Unidad</b>  | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                        | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |  |
| <b>Mano de Obra</b> |   |  |                   |  |                   |                    |  |
| 0101010006000       | CAPATAZ MECANICO                                    | dh   | 1.0000            | 2.0000                                 | 80.16             | 160.32             |  |
| 0101010006000       | OPERARIO MECANICO                                   | dh   | 2.0000            | 4.0000                                 | 72.93             | 291.72             |  |
| 0101010006000       | AYUDANTE MECANICO                                   | dh   | 10.0000           | 20.0000                                | 50.08             | 1,001.60           |  |
| 0101010006000       | OFICIAL MECANICO                                    | dh   | 4.0000            | 8.0000                                 | 55.75             | 446.00             |  |
| 0101020001001       | SOLDADOR 6G   | dh   | 2.0000            | 4.0000                                 | 92.55             | 370.20             |  |
|                     |   |  |                   |  |                   | <b>2,269.84</b>    |  |

|                     |   |  |                                 |                 |                   |                    |
|---------------------|---|--|---------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| <b>Materiales</b>   |   |  |                                 |                 |                   |                    |
| 0292010003          | MATERIALES (VARIOS)                                 | %mo  |                                 | 5.0000          | 2,269.84          | 113.49             |
|                     |   |  |                                 |                 |                   | <b>113.49</b>      |
| <b>Equipos</b>      |   |  |                                 |                 |                   |                    |
| 0301000020          | ESTACION TOTAL                                      | de   | 1.0000                          | 2.0000          | 43.13             | 86.26              |
| 0301030001000       | EQUIPOS VARIOS                                      | %mo  |                                 | 5.0000          | 2,269.84          | 113.49             |
| 0301090003          | GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger) | dm   | 1.0000                          | 2.0000          | 639.16            | 1,278.32           |
| 0301340002000       | ESMERIL ANGULAR DE 7"                               | dm   | 1.0000                          | 2.0000          | 1.73              | 3.46               |
| 0301340002000       | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                           | dm   | 1.0000                          | 2.0000          | 3.08              | 6.16               |
| 0301430002          | TECLE DE CADENA DE 15 ton                           | dm   | 2.0000                          | 4.0000          | 17.78             | 71.12              |
| 0301430003          | TECLE DE RACHET 1.5 ton                             | dm   | 4.0000                          | 8.0000          | 0.74              | 5.92               |
| 0301440005          | CORTADOR HIDRAULICO DE 36"                          | dm   | 0.2000                          | 0.4000          | 74,358.70         | 29,743.48          |
|                     |   |  |                                 |                 |                   | <b>31,308.21</b>   |
| <b>Subcontratos</b> |   |  |                                 |                 |                   |                    |
| 0415120011          | SC ENSAYO DE MT, UT Y RX                            | día  |                                 | 2.0000          | 782.52            | 1,565.04           |
|                     |   |  |                                 |                 |                   | <b>1,565.04</b>    |
| Partida             | <b>01.02.08</b>                                     | <b>Instalación de válvula de bloqueo nuevas 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación)</b> |                                 |                 |                   |                    |
| Rendimiento         | <b>und/DIA 0.1429</b>                               | <b>EQ. 0.1429</b>  | osto unitario directo por : und |                 | <b>378,014.49</b> |                    |
| <b>Código</b>       | <b>Descripción Recurso</b>                          | <b>Unidad</b>  | <b>Cuadrilla</b>                | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
| <b>Mano de Obra</b> |   |  |                                 |                 |                   |                    |
| 0101010006000       | CAPATAZ MECANICO                                    | dh   | 1.0000                          | 6.9979          | 80.16             | 560.95             |
| 0101010006000       | OPERARIO MECANICO                                   | dh   | 2.0000                          | 13.9958         | 72.93             | 1,020.71           |
| 0101010006000       | AYUDANTE MECANICO                                   | dh   | 10.0000                         | 69.9790         | 50.08             | 3,504.55           |
| 0101010006000       | OFICIAL MECANICO                                    | dh   | 4.0000                          | 27.9916         | 55.75             | 1,560.53           |
| 0101010006000       | ELECTRICISTA  | dh   | 4.0000                          | 27.9916         | 92.55             | 2,590.62           |
| 0101010006000       | INSTRUMENTISTA                                      | dh   | 3.0000                          | 20.9937         | 92.55             | 1,942.97           |
| 0101020001001       | SOLDADOR 6G   | dh   | 2.0000                          | 13.9958         | 92.55             | 1,295.31           |
|                     |   |  |                                 |                 |                   | <b>12,475.64</b>   |
| <b>Materiales</b>   |   |  |                                 |                 |                   |                    |
| 0201010022          | ACEITE HIDRAULICO PARA ACTUADOR DE VALVULA 36"      | gal  |                                 | 40.0000         | 10.00             | 400.00             |
| 0201010023          | ACETILENO   | kg   |                                 | 13.0000         | 12.12             | 157.56             |
| 0253010009          | VALVULA DE BOLA 36PULG Y ACTUADOR ELECTRO/HIDR/     | und  |                                 | 1.0000          | 350,000.00        | 350,000.00         |
| 0255060001          | OXIGENO   | m3   |                                 | 52.2000         | 3.94              | 205.67             |
| 0255060002          | NITROGENO ULTRA PURO GRADO 5.0                      | m3   |                                 | 30.0000         | 40.00             | 1,200.00           |
| 0272040053          | ELECTRODOS E6011 Y E7018                            | kg   |                                 | 52.0000         | 3.80              | 197.60             |
| 0290130005000       | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"                | und  |                                 | 5.0000          | 9.59              | 47.95              |
| 0290130005001       | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"                          | und  |                                 | 20.0000         | 6.88              | 137.60             |
| 0290130005001       | ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA              | und  |                                 | 10.0000         | 1.32              | 13.20              |
| 0292010003          | MATERIALES (VARIOS)                                 | %mo  |                                 | 5.0000          | 12,475.64         | 623.78             |
|                     |   |  |                                 |                 |                   | <b>352,983.36</b>  |

| Equipos       |   |     |        |         |           |                  |
|---------------|---|-----|--------|---------|-----------|------------------|
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                                      | de  | 1.0000 | 6.9979  | 43.13     | 301.82           |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                                      | %mo |        | 5.0000  | 12,475.64 | 623.78           |
| 0301030001001 | GRAPA DE ALINEAMIENTO DE TUBERIA DE 12" A 36"       | dm  | 3.0000 | 20.9937 | 50.00     | 1,049.69         |
| 0301040004    | MOTOBOMBA   | dm  | 1.0000 | 6.9979  | 15.65     | 109.52           |
| 0301060002000 | REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M            | dm  | 6.0000 | 41.9874 | 13.89     | 583.20           |
| 0301090003    | GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger) | dm  | 1.0000 | 6.9979  | 639.16    | 4,472.78         |
| 0301140006000 | COMPRESORA AIRE 350 PCM, CON MAGUERA DE 1"          | dm  | 1.0000 | 6.9979  | 420.72    | 2,944.16         |
| 0301140009    | TALADRO MAGNETICO                                   | dm  | 1.0000 | 6.9979  | 9.89      | 69.21            |
| 0301270005    | MOTOSOLDADORA 500A                                  | dm  | 3.0000 | 20.9937 | 104.63    | 2,196.57         |
| 0301280001000 | TORQUIMETRO   | dm  | 2.0000 | 13.9958 | 4.90      | 68.58            |
| 0301330008    | EQUIPO DE OXCORTE COMPLETO                          | dm  | 1.0000 | 6.9979  | 1.14      | 7.98             |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 7"                               | dm  | 2.0000 | 13.9958 | 1.73      | 24.21            |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                           | dm  | 2.0000 | 13.9958 | 3.08      | 43.11            |
| 0301430004    | TECLE DE CADENA DE 5 ton                            | dm  | 6.0000 | 41.9874 | 1.45      | 60.88            |
|               |   |     |        |         |           | <b>12,555.49</b> |

| Partida       | 01.02.09                                 | Instalación de postes de soporte para los paneles solares |            |                                  |            |                 |
|---------------|--|---|------------|----------------------------------|------------|-----------------|
| Rendimiento   | und/DIA                                  | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : und |            | 5,605.80        |
| Código        | Descripción Recurso                      | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$     |
| Mano de Obra  |  |   |            |                                  |            |                 |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO                | dh  | 1.0000     | 1.0000                           | 71.90      | 71.90           |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                         | dh  | 1.0000     | 1.0000                           | 80.16      | 80.16           |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO                        | dh  | 2.0000     | 2.0000                           | 72.93      | 145.86          |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                        | dh  | 4.0000     | 4.0000                           | 50.08      | 200.32          |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO                         | dh  | 2.0000     | 2.0000                           | 55.75      | 111.50          |
| 0101010006000 | ELECTRICISTA                             | dh  | 4.0000     | 4.0000                           | 92.55      | 370.20          |
| 0101020001001 | SOLDADOR 6G                              | dh  | 1.0000     | 1.0000                           | 92.55      | 92.55           |
|               |  |   |            |                                  |            | <b>1,072.49</b> |
| Materiales    |  |   |            |                                  |            |                 |
| 0201010023    | ACETILENO                                | kg  |            | 3.2000                           | 12.12      | 38.78           |
| 0204030005    | ACERO DE REFUERZO                        | kg  |            | 1,000.0000                       | 2.25       | 2,250.00        |
| 0219010012    | CONCRETO F'C=210 KG/CM2                  | m3  |            | 1.5000                           | 177.25     | 265.88          |
| 0219130001001 | TUBO 6" x 6 M, SCH 40 - PARA POSTE SOLAR | und   |            | 2.0000                           | 245.00     | 490.00          |
| 0231220002    | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                 | m2  |            | 9.5000                           | 16.97      | 161.22          |
| 0255060001    | OXIGENO                                  | m3  |            | 12.5000                          | 3.94       | 49.25           |
| 0270150002    | CABLE DE ACERO DE 1/2"                   | m   |            | 42.0000                          | 2.15       | 90.30           |
| 0272040053    | ELECTRODOS E6011 Y E7018                 | kg  |            | 10.2000                          | 3.80       | 38.76           |
| 0290130005000 | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"     | und   |            | 5.0000                           | 9.59       | 47.95           |
| 0290130005001 | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"               | und   |            | 10.0000                          | 6.88       | 68.80           |
| 0290130005001 | ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA   | und   |            | 2.0000                           | 1.32       | 2.64            |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                      | %mo   |            | 5.0000                           | 1,072.49   | 53.62           |
|               |  |   |            |                                  |            | <b>3,557.20</b> |

| Equipos       |  |     |        |        |          |               |
|---------------|--|-----|--------|--------|----------|---------------|
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                           | de  | 1.0000 | 1.0000 | 43.13    | 43.13         |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                           | %mo |        | 5.0000 | 1,072.49 | 53.62         |
| 0301060002000 | REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M | dm  | 4.0000 | 4.0000 | 13.89    | 55.56         |
| 0301120002    | EQUIPO DE PINTURA                        | dm  | 1.0000 | 1.0000 | 43.61    | 43.61         |
| 0301140009    | TALADRO MAGNETICO                        | dm  | 1.0000 | 1.0000 | 9.89     | 9.89          |
| 0301170003    | EXCAVADORA PC 200                        | dm  | 1.0000 | 1.0000 | 545.90   | 545.90        |
| 0301270005    | MOTOSOLDADORA 500A                       | dm  | 2.0000 | 2.0000 | 104.63   | 209.26        |
| 0301330008    | EQUIPO DE OXCORTE COMPLETO               | dm  | 1.0000 | 1.0000 | 1.14     | 1.14          |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 7"                    | dm  | 2.0000 | 2.0000 | 1.73     | 3.46          |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                | dm  | 2.0000 | 2.0000 | 3.08     | 6.16          |
| 0301430003    | TECLE DE RACHET 1.5 ton                  | dm  | 2.0000 | 2.0000 | 0.74     | 1.48          |
| 0301430004    | TECLE DE CADENA DE 5 ton                 | dm  | 2.0000 | 2.0000 | 1.45     | 2.90          |
|               |  |     |        |        |          | <b>976.11</b> |

Partida **01.02.10** **Montaje de caseta de control (incluye cimentación), unidad de potencia hidráulica y pararrayos**

| Rendimiento   | und/DIA                                   | 0.0556 | EQ. 0.0556 | costo unitario directo por : und |            | 65,812.43        |  |
|---------------|---|--------|------------|----------------------------------|------------|------------------|--|
| Código        | Descripción Recurso                       | Unidad | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$      |  |
| 0101010006000 | Mano de Obra<br>OPERADOR DE EQUIPO PESADO | dh     | 1.0000     | 17.9856                          | 71.90      | 1,293.16         |  |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                          | dh     | 1.0000     | 17.9856                          | 80.16      | 1,441.73         |  |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO                         | dh     | 2.0000     | 35.9712                          | 72.93      | 2,623.38         |  |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                         | dh     | 10.0000    | 179.8561                         | 50.08      | 9,007.19         |  |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO                          | dh     | 4.0000     | 71.9424                          | 55.75      | 4,010.79         |  |
| 0101010006000 | ELECTRICISTA                              | dh     | 4.0000     | 71.9424                          | 92.55      | 6,658.27         |  |
| 0101020001001 | SOLDADOR 3G                               | dh     | 2.0000     | 35.9712                          | 72.93      | 2,623.38         |  |
|               |   |        |            |                                  |            | <b>27,657.90</b> |  |
| Materiales    |   |        |            |                                  |            |                  |  |
| 0201010023    | ACETILENO                                 | kg     |            | 6.5000                           | 12.12      | 78.78            |  |
| 0204030005    | ACERO DE REFUERZO                         | kg     |            | 270.0000                         | 2.25       | 607.50           |  |
| 0204180008    | MATERIAL A36, PLANCHAS DELGADAS           | kg     |            | 267.0000                         | 1.25       | 333.75           |  |
| 0204180009    | MATERIALES AC PARA BARANDAS TIPO A        | und    |            | 1.0000                           | 1,649.76   | 1,649.76         |  |
| 0204180010    | MATERIALES AC PARA ESCALERAS TIPO A       | und    |            | 1.0000                           | 206.22     | 206.22           |  |
| 0204180011    | MATERIALES AC PARA PISO DE CASETA TIPO A  | und    |            | 1.0000                           | 9,417.50   | 9,417.50         |  |
| 0219010012    | CONCRETO F'c=210 KG/CM2                   | m3     |            | 5.4000                           | 177.25     | 957.15           |  |
| 0219130001001 | TUBO 8" x 2m, SCH 40 - COLUMNAS           | und    |            | 2.0000                           | 93.46      | 186.92           |  |
| 0219130001001 | MÁSTIL INOXIDABLE DE 6M X 1 1/2"          | und    |            | 1.0000                           | 1,220.56   | 1,220.56         |  |
| 0231220002    | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                  | m2     |            | 2.4000                           | 16.97      | 40.73            |  |
| 0255060001    | OXIGENO                                   | m3     |            | 26.3000                          | 3.94       | 103.62           |  |
| 0267110023    | CABLE DE COBRE DESNUDO 70 MM              | m      |            | 1.0000                           | 144.00     | 144.00           |  |
| 0272040053    | ELECTRODOS E6011 Y E7018                  | kg     |            | 21.5000                          | 3.80       | 81.70            |  |
| 0272040054    | POZO A TIERRA                             | und    |            | 2.0000                           | 1,000.00   | 2,000.00         |  |
| 0274050001001 | PARARRAYO                                 | und    |            | 1.0000                           | 1,150.00   | 1,150.00         |  |
| 0290130005000 | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"      | und    |            | 10.0000                          | 9.59       | 95.90            |  |
| 0290130005001 | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"                | und    |            | 20.0000                          | 6.88       | 137.60           |  |
| 0290130005001 | ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA    | und    |            | 10.0000                          | 1.32       | 13.20            |  |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                       | %mo    |            | 5.0000                           | 27,657.90  | 1,382.90         |  |
|               |   |        |            |                                  |            | <b>19,807.79</b> |  |

| Equipos       |  |     |        |         |           |                  |
|---------------|--|-----|--------|---------|-----------|------------------|
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                           | de  | 1.0000 | 17.9856 | 43.13     | 775.72           |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                           | %mo |        | 5.0000  | 27,657.90 | 1,382.90         |
| 0301060002000 | REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M | dm  | 4.0000 | 71.9424 | 13.89     | 999.28           |
| 0301120002    | EQUIPO DE PINTURA                        | dm  | 1.0000 | 17.9856 | 43.61     | 784.35           |
| 0301140009    | TALADRO MAGNETICO                        | dm  | 1.0000 | 17.9856 | 9.89      | 177.88           |
| 0301170003    | EXCAVADORA PC 200                        | dm  | 1.0000 | 17.9856 | 545.90    | 9,818.34         |
| 0301270005    | MOTOSOLDADORA 500A                       | dm  | 2.0000 | 35.9712 | 104.63    | 3,763.67         |
| 0301290001000 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP                | dm  | 1.0000 | 17.9856 | 1.50      | 26.98            |
| 0301330008    | EQUIPO DE OXCORTE COMPLETO               | dm  | 1.0000 | 17.9856 | 1.14      | 20.50            |
| 0301340001000 | ANDAMIOS                                 | dm  | 4.0000 | 71.9424 | 4.80      | 345.32           |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 7"                    | dm  | 2.0000 | 35.9712 | 1.73      | 62.23            |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                | dm  | 2.0000 | 35.9712 | 3.08      | 110.79           |
| 0301430003    | TECLE DE RACHET 1.5 ton                  | dm  | 2.0000 | 35.9712 | 0.74      | 26.62            |
| 0301430004    | TECLE DE CADENA DE 5 ton                 | dm  | 2.0000 | 35.9712 | 1.45      | 52.16            |
|               |  |     |        |         |           | <b>18,346.74</b> |

| Partida       | 01.02.11                               | Instalación de sistema Fotovoltaico |            |                                  |            |                 |
|---------------|--|-------------------------------------|------------|----------------------------------|------------|-----------------|
| Rendimiento   | und/DIA                                | 0.3333                              | EQ. 0.3333 | costo unitario directo por : und |            | 7,394.61        |
| Código        | Descripción Recurso                    | Unidad                              | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$     |
| Mano de Obra  |  |                                     |            |                                  |            |                 |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                       | dh                                  | 1.0000     | 3.0003                           | 80.16      | 240.50          |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO                      | dh                                  | 2.0000     | 6.0006                           | 72.93      | 437.62          |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                      | dh                                  | 10.0000    | 30.0030                          | 50.08      | 1,502.55        |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO                       | dh                                  | 4.0000     | 12.0012                          | 55.75      | 669.07          |
| 0101010006000 | ELECTRICISTA                           | dh                                  | 3.0000     | 9.0009                           | 92.55      | 833.03          |
| 0101010006000 | INSTRUMENTISTA                         | dh                                  | 2.0000     | 6.0006                           | 92.55      | 555.36          |
| 0101020001001 | SOLDADOR 6G                            | dh                                  | 2.0000     | 6.0006                           | 92.55      | 555.36          |
|               |  |                                     |            |                                  |            | <b>4,793.49</b> |
| Materiales    |  |                                     |            |                                  |            |                 |
| 0201010023    | ACETILENO                              | kg                                  |            | 3.2000                           | 12.12      | 38.78           |
| 0255060001    | OXIGENO                                | m3                                  |            | 12.5000                          | 3.94       | 49.25           |
| 0272040053    | ELECTRODOS E6011 Y E7018               | kg                                  |            | 10.2000                          | 3.80       | 38.76           |
| 0290130005000 | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"   | und                                 |            | 5.0000                           | 9.59       | 47.95           |
| 0290130005001 | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"             | und                                 |            | 10.0000                          | 6.88       | 68.80           |
| 0290130005001 | ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA | und                                 |            | 2.0000                           | 1.32       | 2.64            |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                    | %mo                                 |            | 5.0000                           | 4,793.49   | 239.67          |
|               |  |                                     |            |                                  |            | <b>485.85</b>   |

| Equipos       |  |     |        |         |          |                 |
|---------------|--|-----|--------|---------|----------|-----------------|
| 0301000020    | ESTACION TOTAL                           | de  | 1.0000 | 3.0003  | 43.13    | 129.40          |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                           | %mo |        | 5.0000  | 4,793.49 | 239.67          |
| 0301060002000 | REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M | dm  | 4.0000 | 12.0012 | 13.89    | 166.70          |
| 0301140009    | TALADRO MAGNETICO                        | dm  | 1.0000 | 3.0003  | 9.89     | 29.67           |
| 0301170003    | EXCAVADORA PC 200                        | dm  | 0.5000 | 1.5002  | 545.90   | 818.96          |
| 0301270005    | MOTOSOLDADORA 500A                       | dm  | 2.0000 | 6.0006  | 104.63   | 627.84          |
| 0301330008    | EQUIPO DE OXCORTE COMPLETO               | dm  | 1.0000 | 3.0003  | 1.14     | 3.42            |
| 0301340001000 | ANDAMIOS                                 | dm  | 4.0000 | 12.0012 | 4.80     | 57.61           |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 7"                    | dm  | 2.0000 | 6.0006  | 1.73     | 10.38           |
| 0301340002000 | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                | dm  | 2.0000 | 6.0006  | 3.08     | 18.48           |
| 0301430003    | TECLE DE RACHET 1.5 ton                  | dm  | 2.0000 | 6.0006  | 0.74     | 4.44            |
| 0301430004    | TECLE DE CADENA DE 5 ton                 | dm  | 2.0000 | 6.0006  | 1.45     | 8.70            |
|               |  |     |        |         |          | <b>2,115.27</b> |

| Partida       | 01.02.12                           | Suministro de sistema Fotovoltaico |             |                                  |            |                  |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------|----------------------------------|------------|------------------|
| Rendimiento   | und/DIA                            | 10.0000                            | EQ. 10.0000 | Costo unitario directo por : und |            | 10,975.76        |
| Código        | Descripción Recurso                | Unidad                             | Cuadrilla   | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$      |
| Mano de Obra  |                                    |                                    |             |                                  |            |                  |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO                   | dh                                 | 1.0000      | 0.1000                           | 80.16      | 8.02             |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO                  | dh                                 | 2.0000      | 0.2000                           | 72.93      | 14.59            |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO                  | dh                                 | 10.0000     | 1.0000                           | 50.08      | 50.08            |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO                   | dh                                 | 4.0000      | 0.4000                           | 55.75      | 22.30            |
| 0101010006000 | ELECTRICISTA                       | dh                                 | 3.0000      | 0.3000                           | 92.55      | 27.77            |
| 0101010006000 | INSTRUMENTISTA                     | dh                                 | 2.0000      | 0.2000                           | 92.55      | 18.51            |
| 0101020001001 | SOLDADOR 6G                        | dh                                 | 2.0000      | 0.2000                           | 92.55      | 18.51            |
|               |                                    |                                    |             |                                  |            | <b>159.78</b>    |
| Materiales    |                                    |                                    |             |                                  |            |                  |
| 0290100002001 | SUMINISTRO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO | und                                |             | 1.0000                           | 10,800.00  | 10,800.00        |
| 0292010003    | MATERIALES (VARIOS)                | %mo                                |             | 5.0000                           | 159.78     | 7.99             |
|               |                                    |                                    |             |                                  |            | <b>10,807.99</b> |
| Equipos       |                                    |                                    |             |                                  |            |                  |
| 0301030001000 | EQUIPOS VARIOS                     | %mo                                |             | 5.0000                           | 159.78     | 7.99             |
|               |                                    |                                    |             |                                  |            | <b>7.99</b>      |

| Partida       | 01.02.13                  | Instalación de cerco perimétrico |            |                                  |            |                 |
|---------------|---------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|-----------------|
| Rendimiento   | und/DIA                   | 0.2500                           | EQ. 0.2500 | Costo unitario directo por : und |            | 14,981.10       |
| Código        | Descripción Recurso       | Unidad                           | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$     |
| Mano de Obra  |                           |                                  |            |                                  |            |                 |
| 0101010006000 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO | dh                               | 1.0000     | 4.0000                           | 71.90      | 287.60          |
| 0101010006000 | CAPATAZ MECANICO          | dh                               | 1.0000     | 4.0000                           | 80.16      | 320.64          |
| 0101010006000 | OPERARIO MECANICO         | dh                               | 1.0000     | 4.0000                           | 72.93      | 291.72          |
| 0101010006000 | AYUDANTE MECANICO         | dh                               | 10.0000    | 40.0000                          | 50.08      | 2,003.20        |
| 0101010006000 | OFICIAL MECANICO          | dh                               | 4.0000     | 16.0000                          | 55.75      | 892.00          |
| 0101020001001 | SOLDADOR 3G               | dh                               | 1.0000     | 4.0000                           | 72.93      | 291.72          |
|               |                           |                                  |            |                                  |            | <b>4,086.88</b> |

|                   |  |                                     |                   |                                  |                   |                    |  |
|-------------------|--|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|--|
| <b>Materiales</b> |  |                                     |                   |                                  |                   |                    |  |
| 0201010023        | ACETILENO                                | kg                                  |                   | 3.1400                           | 12.12             | 38.06              |  |
| 0255060001        | OXIGENO                                  | m3                                  |                   | 12.5600                          | 3.94              | 49.49              |  |
| 0272040053        | ELECTRODOS E6011 Y E7018                 | kg                                  |                   | 10.2700                          | 3.80              | 39.03              |  |
| 0276030009        | DADOS DE CONCRETO                        | m3                                  |                   | 2.8000                           | 200.00            | 560.00             |  |
| 0276030010        | MATERIALES GALVANIZADOS DE CERCO         | m                                   |                   | 40.0000                          | 186.66            | 7,466.40           |  |
| 02901300050001    | ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"     | und                                 |                   | 10.0000                          | 9.59              | 95.90              |  |
| 02901300050011    | ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"               | und                                 |                   | 20.0000                          | 6.88              | 137.60             |  |
| 0290130005001     | ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA   | und                                 |                   | 10.0000                          | 1.32              | 13.20              |  |
| 0290240006        | GALVANIZADO EN FRIO GALVANOX SPRAY       | und                                 |                   | 2.0000                           | 20.89             | 41.78              |  |
| 0292010003        | MATERIALES (VARIOS)                      | %mo                                 |                   | 5.0000                           | 4,086.88          | 204.34             |  |
|                   |  |                                     |                   |                                  |                   | <b>8,645.80</b>    |  |
| <b>Equipos</b>    |  |                                     |                   |                                  |                   |                    |  |
| 0301000020        | ESTACION TOTAL                           | de                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 43.13             | 172.52             |  |
| 03010300010001    | EQUIPOS VARIOS                           | %mo                                 |                   | 5.0000                           | 4,086.88          | 204.34             |  |
| 03010600020001    | REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M | dm                                  | 4.0000            | 16.0000                          | 13.89             | 222.24             |  |
| 0301120002        | EQUIPO DE PINTURA                        | dm                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 43.61             | 174.44             |  |
| 0301140009        | TALADRO MAGNETICO                        | dm                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 9.89              | 39.56              |  |
| 0301170003        | EXCAVADORA PC 200                        | dm                                  | 0.4000            | 1.6000                           | 545.90            | 873.44             |  |
| 0301270005        | MOTOSOLDADORA 500A                       | dm                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 104.63            | 418.52             |  |
| 03012900010001    | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP                | dm                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 1.50              | 6.00               |  |
| 0301330008        | EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO              | dm                                  | 1.0000            | 4.0000                           | 1.14              | 4.56               |  |
| 03013400010001    | ANDAMIOS                                 | dm                                  | 4.0000            | 16.0000                          | 4.80              | 76.80              |  |
| 03013400020001    | ESMERIL ANGULAR DE 7"                    | dm                                  | 2.0000            | 8.0000                           | 1.73              | 13.84              |  |
| 03013400020001    | ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"                | dm                                  | 2.0000            | 8.0000                           | 3.08              | 24.64              |  |
| 0301430003        | TECLE DE RACHET 1.5 ton                  | dm                                  | 2.0000            | 8.0000                           | 0.74              | 5.92               |  |
| 0301430004        | TECLE DE CADENA DE 5 ton                 | dm                                  | 2.0000            | 8.0000                           | 1.45              | 11.60              |  |
|                   |  |                                     |                   |                                  |                   | <b>2,248.42</b>    |  |
| Partida           | <b>01.03.01</b>                          | <b>Ingeniero Residente</b>          |                   |                                  |                   |                    |  |
| Rendimiento       | <b>mes/DIA</b>                           | <b>1.0000</b>                       | <b>EQ. 1.0000</b> | Costo unitario directo por : mes |                   | <b>4,931.51</b>    |  |
| <b>Código</b>     | <b>Descripción Recurso</b>               | <b>Unidad</b>                       | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |  |
|                   | <b>Mano de Obra</b>                      |                                     |                   |                                  |                   |                    |  |
| 0103010013        | INGENIERO RESIDENTE                      | mes                                 |                   | 1.0000                           | 4,931.51          | 4,931.51           |  |
|                   |  |                                     |                   |                                  |                   | <b>4,931.51</b>    |  |
| Partida           | <b>01.03.02</b>                          | <b>Ingeniero de oficina tecnica</b> |                   |                                  |                   |                    |  |
| Rendimiento       | <b>mes/DIA</b>                           | <b>1.0000</b>                       | <b>EQ. 1.0000</b> | Costo unitario directo por : mes |                   | <b>3,287.67</b>    |  |
| <b>Código</b>     | <b>Descripción Recurso</b>               | <b>Unidad</b>                       | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |  |
|                   | <b>Mano de Obra</b>                      |                                     |                   |                                  |                   |                    |  |
| 0103010014        | INGENIERO OFICINA TECNICA                | mes                                 |                   | 1.0000                           | 3,287.67          | 3,287.67           |  |
|                   |  |                                     |                   |                                  |                   | <b>3,287.67</b>    |  |



|               |   |   |            |                                  |            |             |          |
|---------------|---|---|------------|----------------------------------|------------|-------------|----------|
| Partida       | 01.03.03                                | Ingeniero Seguridad                               |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 3,835.62    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0103010015    | INGENIERO DE SEGURIDAD                  | mes   |            | 1.0000                           | 3,835.62   | 3,835.62    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 3,835.62 |
| Partida       | 01.03.04                                | Administrador de obra                             |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 1,095.89    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0103020006    | ADMINISTRADOR DE OBRA                   | mes   |            | 1.0000                           | 1,095.89   | 1,095.89    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 1,095.89 |
| Partida       | 01.03.05                                | Relacionista comunitario                          |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 1,232.88    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0103030017    | RELACIONISTA COMUNITARIOS               | mes   |            | 1.0000                           | 1,232.88   | 1,232.88    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 1,232.88 |
| Partida       | 01.03.06                                | Inspector de soldadura                            |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 4,109.59    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0103030018    | INSPECTOR DE SOLDADURA                  | mes   |            | 1.0000                           | 4,109.59   | 4,109.59    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 4,109.59 |
| Partida       | 01.03.07                                | Prevencionista                                    |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 1,041.10    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0101010007    | PREVENCIONISTA                          | hh  | 0.1000     | 1.0000                           | 1,041.10   | 1,041.10    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 1,041.10 |
| Partida       | 01.03.08                                | Almacenero  |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 958.90      |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0103010016    | ALMACENERO ALMACENERO                   | mes   |            | 1.0000                           | 958.90     | 958.90      |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 958.90   |
| Partida       | 01.03.09                                | Tecnico Certificado en equipo Hot Tap y Line Stop |            |                                  |            |             |          |
| Rendimiento   | mes/DIA                                 | 1.0000  | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : mes |            | 8,219.18    |          |
| Código        | Descripción Recurso                     | Unidad  | Cuadrilla  | Cantidad                         | Precio U\$ | Parcial U\$ |          |
|               | Mano de Obra                            |   |            |                                  |            |             |          |
| 0102010000001 | TECNICO CERTIFICADO HOT TAP Y LINE STOP | mes   |            | 2.0000                           | 4,109.59   | 8,219.18    |          |
|               |   |   |            |                                  |            |             | 8,219.18 |

## Anexo 9:

Precios unitarios para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30m por 30m

### Análisis de precios unitarios

|               |  |        |            |                                |            |            |             |
|---------------|--|--------|------------|--------------------------------|------------|------------|-------------|
| Presupuesto   | 1101004 REMEDIACION DE SUELOS 30MX30M 2MESES BIOREMEDIACION            |        |            |                                |            |            |             |
| Partida       | 01.01.01 Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal. |        |            |                                |            |            |             |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 1.0000 | EQ. 1.0000 | sto unitario directo por : glb |            | 27,678.34  |             |
| Código        | Descripción Recurso  |        | Unidad     | Cuadrilla                      | Cantidad   | Precio U\$ | Parcial U\$ |
| Subcontratos  |  |        |            |                                |            |            |             |
| 0400010001001 | SC VUELO: LIMA-JAEN-LIMA   |        | und        |                                | 24.0000    | 180.00     | 4,320.00    |
| 0424010005    | SC TRANSPORTE TERRESTRE TALARA - J/                                    |        | und        |                                | 38.0000    | 48.78      | 1,853.64    |
| 0424010008    | SC CAMIONETA OBRA  |        | día        |                                | 98.0000    | 125.39     | 12,288.22   |
| 0424010009    | SC COASTER OBRA  |        | día        |                                | 42.0000    | 219.44     | 9,216.48    |
|               |  |        |            |                                |            |            | 27,678.34   |
| Partida       | 01.01.02 EMO y Equipos de proteccion personal                          |        |            |                                |            |            |             |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 1.0000 | EQ. 1.0000 | sto unitario directo por : glb |            | 16,432.68  |             |
| Código        | Descripción Recurso  |        | Unidad     | Cuadrilla                      | Cantidad   | Precio U\$ | Parcial U\$ |
| Equipos       |  |        |            |                                |            |            |             |
| 0301380003    | MAMELUCO TYVEK PARA PROTECCION QL                                      |        | glb        |                                | 1.0000     | 3,077.28   | 3,077.28    |
| 0304010003    | EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL  |        | und        |                                | 21.0000    | 274.50     | 5,764.50    |
|               |  |        |            |                                |            |            | 8,841.78    |
| Subcontratos  |  |        |            |                                |            |            |             |
| 0410010014    | EXAMEN MEDICO INGRESO - SALIDA   |        | glb        |                                | 1.0000     | 7,590.90   | 7,590.90    |
|               |  |        |            |                                |            |            | 7,590.90    |
| Partida       | 01.01.03 Hospedaje y Alimentación para el Personal                     |        |            |                                |            |            |             |
| Rendimiento   | glb/DIA  | 1.0000 | EQ. 1.0000 | sto unitario directo por : glb |            | 28,720.08  |             |
| Código        | Descripción Recurso  |        | Unidad     | Cuadrilla                      | Cantidad   | Precio U\$ | Parcial U\$ |
| Subcontratos  |  |        |            |                                |            |            |             |
| 0409050023    | SC LAVANDERIA  |        | und        |                                | 1,356.0000 | 1.52       | 2,061.12    |
| 0409050024    | SC ALIMENTACION - 3 COMIDAS DIARIAS                                    |        | und        |                                | 1,356.0000 | 10.37      | 14,061.72   |
| 0409050025    | SC ALOJAMIENTO   |        | und        |                                | 1,356.0000 | 9.29       | 12,597.24   |
|               |  |        |            |                                |            |            | 28,720.08   |

| Partida        | <b>01.01.04</b>                | <b>Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)</b> |                   |                                |                   |                    |                 |
|----------------|--------------------------------|---|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Rendimiento    | <b>glb/DIA</b>                 | <b>0.2500</b>   | EQ. <b>0.2500</b> | sto unitario directo por : glb |                   | <b>11,930.90</b>   |                 |
| <b>Código</b>  | <b>Descripción Recurso</b>     | <b>Unidad</b>   | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>                | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |                 |
|                | <b>Mano de Obra</b>            |   |                   |                                |                   |                    |                 |
| 01010100060003 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO      | dh  | 1.0000            | 4.0000                         | 71.90             | 287.60             |                 |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL                  | dh  | 1.0000            | 4.0000                         | 73.28             | 293.12             |                 |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL               | dh  | 5.0000            | 20.0000                        | 45.26             | 905.20             |                 |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL                  | dh  | 1.0000            | 4.0000                         | 50.24             | 200.96             |                 |
|                |                                |   |                   |                                |                   |                    | <b>1,686.88</b> |
|                | <b>Materiales</b>              |   |                   |                                |                   |                    |                 |
| 0201040003     | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200 | gal   |                   | 48.0000                        | 4.78              | 229.44             |                 |
| 0267110024     | CARPAS TIPO B PARA COMEDOR     | mes   |                   | 3.0000                         | 500.00            | 1,500.00           |                 |
| 0292010003     | MATERIALES (VARIOS)            | %mo   |                   | 5.0000                         | 1,686.88          | 84.34              |                 |
|                |                                |   |                   |                                |                   |                    | <b>1,813.78</b> |
|                | <b>Equipos</b>                 |   |                   |                                |                   |                    |                 |
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS                 | %mo   |                   | 5.0000                         | 1,686.88          | 84.34              |                 |
| 0301170003     | EXCAVADORA PC 200              | dm  | 0.2500            | 1.0000                         | 545.90            | 545.90             |                 |
| 03013500010010 | CONTENEDOR DE ALMACEN          | mes   |                   | 3.0000                         | 700.00            | 2,100.00           |                 |
| 03013500010011 | CONTENEDOR PARA OFICINA        | mes   |                   | 3.0000                         | 700.00            | 2,100.00           |                 |
| 03013500010012 | SERVICIO HIGIENICO PORTATIL    | mes   |                   | 6.0000                         | 600.00            | 3,600.00           |                 |
|                |                                |   |                   |                                |                   |                    | <b>8,430.24</b> |

| Partida        | <b>01.01.05</b>            | <b>Habilitacion de acceso</b> |                   |                               |                   |                    |               |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| Rendimiento    | <b>km/DIA</b>              | <b>0.5000</b>                 | EQ. <b>0.5000</b> | sto unitario directo por : km |                   | <b>4,133.44</b>    |               |
| <b>Código</b>  | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>                 | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>               | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |               |
|                | <b>Mano de Obra</b>        |                               |                   |                               |                   |                    |               |
| 01010100060010 | OPERADOR DE EXCAVADORA     | dh                            | 1.0000            | 2.0000                        | 65.72             | 131.44             |               |
| 01010100060011 | OPERADOR DE TRACTOR        | dh                            | 1.0000            | 2.0000                        | 65.72             | 131.44             |               |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL              | dh                            | 1.0000            | 2.0000                        | 73.28             | 146.56             |               |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL           | dh                            | 2.0000            | 4.0000                        | 45.26             | 181.04             |               |
|                |                            |                               |                   |                               |                   |                    | <b>590.48</b> |

| Materiales |                                |     |  |         |      |               |
|------------|--------------------------------|-----|--|---------|------|---------------|
| 0201040003 | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200 | gal |  | 96.0000 | 4.78 | 458.88        |
| 0201040004 | COMBUSTIBLE - TRACTOR          | gal |  | 96.0000 | 4.78 | 458.88        |
|            |                                |     |  |         |      | <b>917.76</b> |

| Equipos    |                   |    |        |        |        |                 |
|------------|-------------------|----|--------|--------|--------|-----------------|
| 0301090002 | TRACTOR D6        | dm | 1.0000 | 2.0000 | 766.70 | 1,533.40        |
| 0301170003 | EXCAVADORA PC 200 | dm | 1.0000 | 2.0000 | 545.90 | 1,091.80        |
|            |                   |    |        |        |        | <b>2,625.20</b> |

| Partida        | 01.02.01            | Contencion y recuperacion de hidrocarburo |            |                                |            |                 |
|----------------|---------------------|---|------------|--------------------------------|------------|-----------------|
| Rendimiento    | glb/DIA             | 0.1250                                    | EQ. 0.1250 | sto unitario directo por : glb | 17,600.32  |                 |
| Código         | Descripción Recurso | Unidad                                    | Cuadrilla  | Cantidad                       | Precio U\$ | Parcial U\$     |
| Mano de Obra   |                     |   |            |                                |            |                 |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL       | dh  | 1.0000     | 8.0000                         | 73.28      | 586.24          |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL    | dh  | 6.0000     | 48.0000                        | 45.26      | 2,172.48        |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL       | dh  | 2.0000     | 16.0000                        | 50.24      | 803.84          |
| 01010100060016 | MOTOSIERRISTA       | dh  | 1.0000     | 8.0000                         | 63.84      | 510.72          |
|                |                     |   |            |                                |            | <b>4,073.28</b> |

| Materiales     |                                     |     |  |         |          |                  |
|----------------|-------------------------------------|-----|--|---------|----------|------------------|
| 0201050006     | OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS          | bol |  | 30.0000 | 85.00    | 2,550.00         |
| 0215080002     | BULK DRUM                           | und |  | 10.0000 | 165.00   | 1,650.00         |
| 0215080003     | TANQUE SKIMMER                      | und |  | 2.0000  | 2,200.00 | 4,400.00         |
| 02450200010017 | BARRERA DE CONTENCION, DE PVC POLIE | und |  | 4.0000  | 800.00   | 3,200.00         |
| 02450200010018 | CORDONES SALCHICHONES ABSORBENTE    | und |  | 20.0000 | 42.25    | 845.00           |
| 0292010003     | MATERIALES (VARIOS)                 | %mo |  | 5.0000  | 4,073.28 | 203.66           |
|                |                                     |     |  |         |          | <b>12,848.66</b> |

| Equipos        |                          |     |        |        |          |               |
|----------------|--------------------------|-----|--------|--------|----------|---------------|
| 0301330010     | BOMBA PARA HIDROCARBUROS | dm  | 0.5000 | 4.0000 | 45.00    | 180.00        |
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS           | %mo |        | 5.0000 | 4,073.28 | 203.66        |
| 0301330009     | MOTOSIERRA               | dm  | 1.0000 | 8.0000 | 36.84    | 294.72        |
|                |                          |     |        |        |          | <b>678.38</b> |

|                |                                       |               |  |                                |                   |                    |                 |
|----------------|---------------------------------------|---------------|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Partida        | <b>01.03.01</b>                       |               | <b>Caracterizacion e inventario forestal</b> |                                |                   |                    |                 |
| Rendimiento    | <b>glb/DIA</b>                        | <b>0.1250</b> | EQ. <b>0.1250</b>                            | sto unitario directo por : glb |                   | <b>9,417.76</b>    |                 |
| <b>Código</b>  | <b>Descripción Recurso</b>            | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b>                             | <b>Cantidad</b>                | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |                 |
|                | <b>Mano de Obra</b>                   |               |  |                                |                   |                    |                 |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL                         | dh            | 1.0000                                       | 8.0000                         | 73.28             | 586.24             |                 |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL                      | dh            | 6.0000                                       | 48.0000                        | 45.26             | 2,172.48           |                 |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL                         | dh            | 2.0000                                       | 16.0000                        | 50.24             | 803.84             |                 |
| 01010100060016 | MOTOSIERRISTA                         | dh            | 1.0000                                       | 8.0000                         | 63.84             | 510.72             |                 |
| 0101030009     | TOPOGRAFO                             | dh            | 0.5000                                       | 4.0000                         | 73.28             | 293.12             |                 |
|                |                                       |               |  |                                |                   |                    | <b>4,366.40</b> |
|                | <b>Materiales</b>                     |               |  |                                |                   |                    |                 |
| 0292010003     | MATERIALES (VARIOS)                   | %mo           |  | 5.0000                         | 4,366.40          | 218.32             |                 |
|                |                                       |               |  |                                |                   |                    | <b>218.32</b>   |
|                | <b>Equipos</b>                        |               |  |                                |                   |                    |                 |
| 0301000020     | ESTACION TOTAL                        | de            | 0.5000                                       | 4.0000                         | 80.00             | 320.00             |                 |
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS                        | %mo           |  | 5.0000                         | 4,366.40          | 218.32             |                 |
| 0301330009     | MOTOSIERRA                            | dm            | 1.0000                                       | 8.0000                         | 36.84             | 294.72             |                 |
|                |                                       |               |  |                                |                   |                    | <b>833.04</b>   |
|                | <b>Subcontratos</b>                   |               |  |                                |                   |                    |                 |
| 04000100010025 | SUBCONTRATO ANALISIS DE LABORATOR und |               |  | 8.0000                         | 500.00            | 4,000.00           |                 |
|                |                                       |               |  |                                |                   |                    | <b>4,000.00</b> |

|                |                            |               |  |                                |                   |                    |                 |
|----------------|----------------------------|---------------|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Partida        | <b>01.04.01</b>            |               | <b>Recoleccion y remocion de material afectado</b> |                                |                   |                    |                 |
| Rendimiento    | <b>glb/DIA</b>             | <b>0.1000</b> | EQ. <b>0.1000</b>                                  | sto unitario directo por : glb |                   | <b>8,656.64</b>    |                 |
| <b>Código</b>  | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b>                                   | <b>Cantidad</b>                | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |                 |
|                | <b>Mano de Obra</b>        |               |  |                                |                   |                    |                 |
| 01010100060010 | OPERADOR DE EXCAVADORA     | dh            | 0.5000   | 5.0000                         | 65.72             | 328.60             |                 |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL              | dh            | 1.0000   | 10.0000                        | 73.28             | 732.80             |                 |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL           | dh            | 6.0000   | 60.0000                        | 45.26             | 2,715.60           |                 |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL              | dh            | 2.0000   | 20.0000                        | 50.24             | 1,004.80           |                 |
| 01010100060016 | MOTOSIERRISTA              | dh            | 1.0000   | 10.0000                        | 63.84             | 638.40             |                 |
|                |                            |               |  |                                |                   |                    | <b>5,420.20</b> |

| <b>Materiales</b> |                                |     |  |          |          |               |
|-------------------|--------------------------------|-----|--|----------|----------|---------------|
| 0201040003        | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200 | gal |  | 144.0000 | 4.78     | 688.32        |
| 0292010003        | MATERIALES (VARIOS)            | %mo |  | 5.0000   | 5,420.20 | 271.01        |
|                   |                                |     |  |          |          | <b>959.33</b> |

| <b>Equipos</b> |                   |     |        |         |          |                 |
|----------------|-------------------|-----|--------|---------|----------|-----------------|
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS    | %mo |        | 5.0000  | 5,420.20 | 271.01          |
| 0301170003     | EXCAVADORA PC 200 | dm  | 0.3000 | 3.0000  | 545.90   | 1,637.70        |
| 0301330009     | MOTOSIERRA        | dm  | 1.0000 | 10.0000 | 36.84    | 368.40          |
|                |                   |     |        |         |          | <b>2,277.11</b> |

Partida **01.04.02 Hidrolavado de suelos en diques de contencion**

Rendimiento **gIb/DIA 0.1000** EQ. **0.1000** sto unitario directo por : gIb **42,242.08**

| <b>Código</b>       | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|---------------------|----------------------------|---------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| <b>Mano de Obra</b> |                            |               |                  |                 |                   |                    |
| 01010100060010      | OPERADOR DE EXCAVADORA     | dh            | 0.8000           | 8.0000          | 65.72             | 525.76             |
| 01010100060013      | CAPATAZ CIVIL              | dh            | 1.0000           | 10.0000         | 73.28             | 732.80             |
| 01010100060014      | AYUDANTE GENERAL           | dh            | 6.0000           | 60.0000         | 45.26             | 2,715.60           |
| 01010100060015      | OFICIAL CIVIL              | dh            | 2.0000           | 20.0000         | 50.24             | 1,004.80           |
|                     |                            |               |                  |                 |                   | <b>4,978.96</b>    |

| <b>Materiales</b> |                                |     |  |          |          |                  |
|-------------------|--------------------------------|-----|--|----------|----------|------------------|
| 0201040003        | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200 | gal |  | 384.0000 | 4.78     | 1,835.52         |
| 0207070001        | AGUA PUESTA EN OBRA            | m3  |  | 500.0000 | 10.00    | 5,000.00         |
| 0210020003        | GEOMEMBRANA HDPE 2mm           | m2  |  | 225.0000 | 5.50     | 1,237.50         |
| 0210030003        | MALLA RASCHEL                  | m2  |  | 30.0000  | 2.10     | 63.00            |
| 0248010002        | TANQUES DE AGUA 2.5M3          | und |  | 10.0000  | 352.00   | 3,520.00         |
| 0279010048        | SURFACTANTE BIODEGRADABLE      | gal |  | 84.0000  | 238.00   | 19,992.00        |
| 0292010003        | MATERIALES (VARIOS)            | %mo |  | 5.0000   | 4,978.96 | 248.95           |
|                   |                                |     |  |          |          | <b>31,896.97</b> |

| <b>Equipos</b> |                          |     |        |         |          |                 |
|----------------|--------------------------|-----|--------|---------|----------|-----------------|
| 0301170003     | EXCAVADORA PC 200        | dm  | 0.8000 | 8.0000  | 545.90   | 4,367.20        |
| 0301330010     | BOMBA PARA HIDROCARBUROS | dm  | 1.0000 | 10.0000 | 45.00    | 450.00          |
| 03013400010010 | EQUIPO DE HIDROLAVADO    | dm  | 1.0000 | 10.0000 | 30.00    | 300.00          |
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS           | %mo |        | 5.0000  | 4,978.96 | 248.95          |
|                |                          |     |        |         |          | <b>5,366.15</b> |

|                |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
|----------------|-----------------------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|--|
| Partida        | 01.04.03                          |        | Tratamiento de suelos en bioceldas |                                |            |             |  |
| Rendimiento    | glb/DIA                           | 0.0167 | EQ. 0.0167                         | sto unitario directo por : glb |            | 49,076.48   |  |
| Código         | Descripción Recurso               | Unidad | Cuadrilla                          | Cantidad                       | Precio U\$ | Parcial U\$ |  |
| Mano de Obra   |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
| 01010100060010 | OPERADOR DE EXCAVADORA            | dh     | 0.1504                             | 9.0060                         | 65.72      | 591.87      |  |
| 01010100060012 | OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL      | dh     | 0.0335                             | 2.0060                         | 65.72      | 131.83      |  |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL                     | dh     | 0.5000                             | 29.9401                        | 73.28      | 2,194.01    |  |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL                  | dh     | 1.0000                             | 59.8802                        | 45.26      | 2,710.18    |  |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL                     | dh     | 0.5000                             | 29.9401                        | 50.24      | 1,504.19    |  |
| 01010100060017 | OPERADOR DE VOLQUETE OPERADOR DE  | dh     | 0.0335                             | 2.0060                         | 65.72      | 131.83      |  |
| 01010100060018 | OPERADOR DE CISTERNA              | dh     | 0.1504                             | 9.0060                         | 65.72      | 591.87      |  |
|                |                                   |        |                                    |                                |            | 7,855.78    |  |
| Materiales     |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
| 02191300010024 | TUBERIA P/V C 2"                  | m      |                                    | 10.0000                        | 8.00       | 80.00       |  |
| 0292010003     | MATERIALES (VARIOS)               | %mo    |                                    | 5.0000                         | 7,855.78   | 392.79      |  |
| 0201050006     | OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS        | bol    |                                    | 20.0000                        | 85.00      | 1,700.00    |  |
| 0207070001     | AGUA PUESTA EN OBRA               | m3     |                                    | 320.0000                       | 10.00      | 3,200.00    |  |
| 0210020004     | GEOMEMBRANA HDPE 1mm, PARA CUBIER | m2     |                                    | 658.0000                       | 2.30       | 1,513.40    |  |
| 0210020005     | GEOMEMBRANA HDPE 2mm, PARA FONDO  | m2     |                                    | 658.0000                       | 4.90       | 3,224.20    |  |
| 02191300010022 | TUBERIA P/V C RANURADA 1"         | m      |                                    | 90.0000                        | 7.00       | 630.00      |  |
| 02191300010023 | TUBERIA P/V C RANURADA 2"         | m      |                                    | 43.0000                        | 9.00       | 387.00      |  |
| 0201040003     | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200    | gal    |                                    | 216.0000                       | 4.78       | 1,032.48    |  |
| 0201040005     | COMBUSTIBLE - CISTERNA            | gal    |                                    | 144.0000                       | 4.78       | 688.32      |  |
| 0201040006     | COMBUSTIBLE - CARGADOR FRONTAL    | gal    |                                    | 91.2000                        | 4.78       | 435.94      |  |
| 0201040007     | COMBUSTIBLE - VOLQUETE            | gal    |                                    | 80.0000                        | 4.78       | 382.40      |  |
| 0201040008     | COMBUSTIBLE - GENERADOR COMBUSTIB | gal    |                                    | 225.0000                       | 4.78       | 1,075.50    |  |
|                |                                   |        |                                    |                                |            | 14,742.03   |  |

|                |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
|----------------|-----------------------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|--|
| Partida        | 01.04.03                          |        | Tratamiento de suelos en bioceldas |                                |            |             |  |
| Rendimiento    | glb/DIA                           | 0.0167 | EQ. 0.0167                         | sto unitario directo por : glb |            | 49,076.48   |  |
| Código         | Descripción Recurso               | Unidad | Cuadrilla                          | Cantidad                       | Precio U\$ | Parcial U\$ |  |
| Mano de Obra   |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
| 01010100060010 | OPERADOR DE EXCAVADORA            | dh     | 0.1504                             | 9.0060                         | 65.72      | 591.87      |  |
| 01010100060012 | OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL      | dh     | 0.0335                             | 2.0060                         | 65.72      | 131.83      |  |
| 01010100060013 | CAPATAZ CIVIL                     | dh     | 0.5000                             | 29.9401                        | 73.28      | 2,194.01    |  |
| 01010100060014 | AYUDANTE GENERAL                  | dh     | 1.0000                             | 59.8802                        | 45.26      | 2,710.18    |  |
| 01010100060015 | OFICIAL CIVIL                     | dh     | 0.5000                             | 29.9401                        | 50.24      | 1,504.19    |  |
| 01010100060017 | OPERADOR DE VOLQUETE OPERADOR DE  | dh     | 0.0335                             | 2.0060                         | 65.72      | 131.83      |  |
| 01010100060018 | OPERADOR DE CISTERNA              | dh     | 0.1504                             | 9.0060                         | 65.72      | 591.87      |  |
|                |                                   |        |                                    |                                |            | 7,855.78    |  |
| Materiales     |                                   |        |                                    |                                |            |             |  |
| 02191300010024 | TUBERIA PVC 2"                    | m      |                                    | 10.0000                        | 8.00       | 80.00       |  |
| 0292010003     | MATERIALES (VARIOS)               | %mo    |                                    | 5.0000                         | 7,855.78   | 392.79      |  |
| 0201050006     | OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS        | bol    |                                    | 20.0000                        | 85.00      | 1,700.00    |  |
| 0207070001     | AGUA PUESTA EN OBRA               | m3     |                                    | 320.0000                       | 10.00      | 3,200.00    |  |
| 0210020004     | GEOMEMBRANA HDPE 1mm, PARA CUBIER | m2     |                                    | 658.0000                       | 2.30       | 1,513.40    |  |
| 0210020005     | GEOMEMBRANA HDPE 2mm, PARA FONDO  | m2     |                                    | 658.0000                       | 4.90       | 3,224.20    |  |
| 02191300010022 | TUBERIA PVC RANURADA 1"           | m      |                                    | 90.0000                        | 7.00       | 630.00      |  |
| 02191300010023 | TUBERIA PVC RANURADA 2"           | m      |                                    | 43.0000                        | 9.00       | 387.00      |  |
| 0201040003     | COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200    | gal    |                                    | 216.0000                       | 4.78       | 1,032.48    |  |
| 0201040005     | COMBUSTIBLE - CISTERNA            | gal    |                                    | 144.0000                       | 4.78       | 688.32      |  |
| 0201040006     | COMBUSTIBLE - CARGADOR FRONTAL    | gal    |                                    | 91.2000                        | 4.78       | 435.94      |  |
| 0201040007     | COMBUSTIBLE - VOLQUETE            | gal    |                                    | 80.0000                        | 4.78       | 382.40      |  |
| 0201040008     | COMBUSTIBLE - GENERADOR COMBUSTIB | gal    |                                    | 225.0000                       | 4.78       | 1,075.50    |  |
|                |                                   |        |                                    |                                |            | 14,742.03   |  |



| Equipos        |                   |     |        |        |        |                 |
|----------------|-------------------|-----|--------|--------|--------|-----------------|
| 0301090002     | TRACTOR D6        | dm  | 0.5000 | 1.0000 | 766.70 | 766.70          |
| 0301170003     | EXCAVADORA PC 200 | dm  | 1.0000 | 2.0000 | 545.90 | 1,091.80        |
| 0301170004     | CARGADOR FRONTAL  | dm  | 0.5000 | 1.0000 | 441.65 | 441.65          |
| 0301170005     | CAMION VOLQUETE   | dm  | 0.5000 | 1.0000 | 300.00 | 300.00          |
| 03010300010009 | EQUIPOS VARIOS    | %mo |        | 5.0000 | 656.20 | 32.81           |
|                |                   |     |        |        |        | <b>2,632.96</b> |

|               |                            |                            |                                  |                 |                   |                    |
|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.05.01</b>            | <b>Ingeniero Ambiental</b> |                                  |                 |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | EQ.                        | Costo unitario directo por : mes |                 | <b>2,739.00</b>   |                    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>              | <b>Cuadrilla</b>                 | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |                            |                                  |                 |                   |                    |
| 0103010017    | INGENIERO AMBIENTAL        | mes                        |                                  | 1.0000          | 2,739.00          | 2,739.00           |
|               |                            |                            |                                  |                 |                   | <b>2,739.00</b>    |

|               |                            |                           |                                  |                 |                   |                    |
|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.05.02</b>            | <b>Ingeniero Forestal</b> |                                  |                 |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | EQ.                       | Costo unitario directo por : mes |                 | <b>2,465.00</b>   |                    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>             | <b>Cuadrilla</b>                 | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |                           |                                  |                 |                   |                    |
| 0103010018    | INGENIERO FORESTAL         | mes                       |                                  | 1.0000          | 2,465.00          | 2,465.00           |
|               |                            |                           |                                  |                 |                   | <b>2,465.00</b>    |

|               |                            |                            |                   |                               |                   |                    |
|---------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.05.03</b>            | <b>Ingeniero Seguridad</b> |                   |                               |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | <b>1.0000</b>              | EQ. <b>1.0000</b> | to unitario directo por : mes |                   | <b>2,465.00</b>    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>              | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>               | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |                            |                   |                               |                   |                    |
| 0103010015    | INGENIERO DE SEGURIDAD     | mes                        |                   | 1.0000                        | 2,465.00          | 2,465.00           |
|               |                            |                            |                   |                               |                   | <b>2,465.00</b>    |

|               |                            |                              |                   |                               |                   |                    |
|---------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.05.04</b>            | <b>Administrador de obra</b> |                   |                               |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | <b>1.0000</b>                | EQ. <b>1.0000</b> | to unitario directo por : mes |                   | <b>1,200.00</b>    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b>                | <b>Cuadrilla</b>  | <b>Cantidad</b>               | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |                              |                   |                               |                   |                    |
| 0103020006    | ADMINISTRADOR DE OBRA      | mes                          |                   | 1.0000                        | 1,200.00          | 1,200.00           |
|               |                            |                              |                   |                               |                   | <b>1,200.00</b>    |

|               |                            |               |                                 |                               |                 |                   |                    |
|---------------|----------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Partida       | <b>01.05.05</b>            |               | <b>Relacionista comunitario</b> |                               |                 |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | <b>1.0000</b> | EQ. <b>1.0000</b>               | to unitario directo por : mes |                 | <b>1,400.00</b>   |                    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> |               | <b>Unidad</b>                   | <b>Cuadrilla</b>              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |               |                                 |                               |                 |                   |                    |
| 0103030017    | RELACIONISTA COMUNITARIOS  |               | mes                             |                               | 1.0000          | 1,400.00          | 1,400.00           |
|               |                            |               |                                 |                               |                 |                   | <b>1,400.00</b>    |
| Partida       | <b>01.05.06</b>            |               | <b>Prevencionista</b>           |                               |                 |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | <b>1.0000</b> | EQ. <b>1.0000</b>               | to unitario directo por : mes |                 | <b>1,041.10</b>   |                    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> |               | <b>Unidad</b>                   | <b>Cuadrilla</b>              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |               |                                 |                               |                 |                   |                    |
| 0101010007    | PREVENCIONISTA             |               | hh                              | 0.1000                        | 1.0000          | 1,041.10          | 1,041.10           |
|               |                            |               |                                 |                               |                 |                   | <b>1,041.10</b>    |
| Partida       | <b>01.05.07</b>            |               | <b>Almacenero</b>               |                               |                 |                   |                    |
| Rendimiento   | <b>mes/DIA</b>             | <b>1.0000</b> | EQ. <b>1.0000</b>               | to unitario directo por : mes |                 | <b>958.90</b>     |                    |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> |               | <b>Unidad</b>                   | <b>Cuadrilla</b>              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio U\$</b> | <b>Parcial U\$</b> |
|               | <b>Mano de Obra</b>        |               |                                 |                               |                 |                   |                    |
| 0103010016    | ALMACENERO ALMACENERO      |               | mes                             |                               | 1.0000          | 958.90            | 958.90             |
|               |                            |               |                                 |                               |                 |                   | <b>958.90</b>      |