



**Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango**

**Deiby Peña Caicedo**

Estudiante Programa de Ingeniería Electrónica

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2021

**Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango**

**Deiby Peña Caicedo**

Trabajo de grado para optar al título de:

**Ingeniero Electrónico**

Director (a):

**Sergio Alejandro Orjuela Vargas**

Ingeniero Electrónico y Ph.D en Ingeniería Electrónica

Línea de Investigación:

Instrumentación y Telecomunicaciones

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2021

---

### ***Dedicatoria***

*En primera estancia, doy gracias a Dios por permitirme alcanzar esta meta pese a los obstáculos que tuve en el camino, por darme fuerza para seguir adelante sin importar las adversidades.*

*A mis hijas Isabella Peña y Catalina Peña que han sido mi motivación, mi motor para cada cosa que proyecto en mi vida.*

*A mi madre Isabel Caicedo, que me ha apoyado siempre y fue testigo del gran esfuerzo que fue el trabajar y estudiar a la vez, en lo cual siempre conté con sus palabras de aliento.*

*A mi padre Alvaro Peña fallecido, que siempre quiso lo mejor para mí y que donde quiera que este se sienta muy orgulloso de mis éxitos.*

*La felicidad de tu vida depende de la calidad de tus pensamientos.*

*Marco Aurelio*

## **Agradecimientos**

*A mis docentes, que durante toda la carrera me brindaron su confianza y comprensión en cada etapa del proceso, con paciencia y compromiso.*

*A mis compañeros de universidad en los cuales siempre tuve un gran respaldo, grandes amigos que compartían sus conocimientos sin reservas.*

*A mis compañeros de trabajo, que aportaron parte de su conocimiento para la elaboración de este documento.*

*A mi familia que estuvo presente siempre en mis actos y me incentivaron para concluir esta meta.*

## Resumen

Al cumplirse dos años del taponamiento de la Galería auxiliar de Desviación, que desembocó en la contingencia del proyecto Hidroituango, en el norte de Antioquia; Empresas Públicas de Medellín informó que tiene significativos avances en la recuperación de la casa de máquinas, el lugar donde se espera a 2024, generar 2400 megavatios hora, que entregará energía a 8 millones de hogares del país (Ramirez, 2020).

El flujo por la Casa de Máquinas se detuvo en febrero de 2019, al cerrar la última compuerta que permitía el paso del caudal a través de la caverna. Durante varias semanas, se presentaron alertas por la aparición de socavones que podrían comprometer la estabilidad del macizo, sin embargo, tales alertas fueron superadas y en meses posteriores, se ingresó a la caverna para determinar el estado actual de la Casa de Máquinas, su infraestructura y sus equipos (Villamil, 2019, pág. 91).

Además, se enfocan esfuerzos en el cierre de túneles de desviación: las dos compuertas del túnel auxiliar de desviación fueron reparadas e instaladas de nuevo. El montaje de ambas compuertas redujo el nivel de riesgo para las comunidades, debido a que su estructura es capaz de soportar la presión del embalse en su nivel máximo de llenado (Ramirez, 2020).

El túnel de descarga intermedia es reforzado en su estructura para aumentar su capacidad hidráulica. Desde este túnel se labora en el pretaponamiento del túnel derecho de desviación. En otro frente de obra, se ejecutan los llenos y reparaciones en la oquedad entre las captaciones 1 y 2 (Ramirez, 2020).

El Grupo EPM instaló el Centro de monitoreo técnico, que reporta en tiempo real al Puesto de Mando Unificado y a los diferentes frentes de obra el estado de la presa y su estabilidad, el vertedero y la velocidad en que se desplaza la masa de la montaña, entre otros datos que ayuden a tomar las decisiones de seguridad necesarias y contribuyan a las determinaciones técnicas del panel de expertos (Caracol Radio Medellín, 2018).

Al realizar la instalación e implementación de sistemas de instrumentación para garantizar la seguridad y estabilidad del proyecto, con el fin de proteger el personal de la obra y las comunidades de sectores aledaños, se convierte en una prioridad para el Centro de Monitoreo de EPM, el generar alternativas para implementar una metodología de soporte y mantenimiento para los equipos asociados al monitoreo y así brindar una respuesta oportuna ante posibles fallas en los sistemas que intervienen en dichos equipos.

La normalización de una falla se vuelve una condición principal para esta metodología, pues de esto depende la confiabilidad del monitoreo. En este proyecto se plantean pruebas y herramientas para identificar fallas en tiempo real, al supervisar los equipos con direccionamiento IP, mediante una aplicación que indica la latencia y pérdida de comunicación, para el caso de los instrumentos se determina su respectivo análisis de funcionamiento mediante el proceso de observación y comportamiento de la variable lo cual se evidencia en la interfaz gráfica de acuerdo con su respectiva tendencia.

## Abstract

Two years after the closure of the Auxiliary Deviation Gallery, which led to the contingency of the Hidroituango project, in the north of Antioquia; Empresas Públicas de Medellín reported that it has made significant progress in the recovery of the power house, the place where it is expected by 2024, to generate 2,400 megawatt hours, which will deliver energy to 8 million homes in the country (Ramirez, 2020).

The flow through the Power House stopped in February 2019, when the last gate that allowed the flow to pass through the cavern closed. During several weeks, alerts were presented due to the appearance of sinkholes that could compromise the stability of the massif, however, such alerts were overcome and in later months, the cavern was entered to determine the current state of the Power House, its infrastructure. and their teams (Villamil, 2019, p. 91).

Efforts are also focused on closing the diversion tunnels: the two gates of the auxiliary diversion tunnel were repaired and installed again. The assembly of both gates reduced the level of risk for the communities, because their structure is capable of withstanding the pressure of the reservoir at its maximum fill level (Ramirez, 2020).

The intermediate discharge tunnel is reinforced in its structure to increase its hydraulic capacity. From this tunnel work is done on the pre-plugging of the right diversion tunnel. In another work front, fillings and repairs are carried out in the cavity between intakes 1 and 2 (Ramirez, 2020).

The EPM Group installed the Technical Monitoring Center, which reports in real time to the Unified Command Post and to the different work fronts the status of the dam and its stability, the

spillway and the speed at which the mass of the mountain is moving, among other data that help to make the necessary security decisions and contribute to the technical determinations of the panel of experts (Caracol Radio Medellin, 2018)

When carrying out the installation and implementation of instrumentation systems to guarantee the safety and stability of the project in order to protect the personnel of the work and the communities of neighboring sectors. For this reason, it becomes a priority for the EPM Monitoring Center to generate alternatives to implement a support and maintenance methodology for the equipment associated with monitoring and thus provide a timely response to possible failures in the systems involved in said equipment.

The normalization of a fault becomes a main condition for this methodology, since the reliability of the monitoring depends on this. In this project, tests and tools are proposed to identify failures in real time, when supervising the equipment with IP addressing, through an application that indicates the latency and loss of communication, for the case of the instruments, their respective performance analysis is determined by means of the observation process and behavior of the variable which is evidenced in the graphic interface according to its respective trend.



## Tabla de contenido

Introducción .....	16
1. Estudios preliminares.....	19
1.1. Planteamiento del Problema .....	20
1.2. Objetivos del Proyecto.....	21
1.1.1. Objetivo General.....	21
1.1.2. Objetivos Específicos.....	21
1.3. Alcance .....	22
1.4. Justificación .....	23
2. Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos.....	24
2.1. Marco Teórico .....	24
2.2. Recolección de información de los equipos asociados a las estaciones de monitoreo .....	26
2.3. Descripción general de equipos de las estaciones de monitoreo .....	26
2.2.1. Instrumentación.....	27
3. Análisis de Fallas .....	49
3.1. Tipos de Fallas.....	49
3.2. Identificación de fallas.....	50
3.3. Análisis de Arquitectura y topología de red del Proyecto Ituango .....	51
3.3.1. Topología de comunicaciones .....	51
3.3.2. Arquitectura de red.....	53
3.5.3. Medios de transmisión de información y almacenamiento .....	61
3.5.6. Visualización de la información de las variables de monitoreo .....	62
4. Acciones sobre fallas .....	64
4.1. Procedimiento restablecimiento de fallas en equipos.....	64
4.1.1. Diagrama de evaluación de fallas en las estaciones de monitoreo.....	65
4.2. Implementación de diagramas de red de las estaciones y aplicación del software EMCO Ping.....	68
4.2.1. Configuración de equipos.....	71
5. Mantenimiento de equipos.....	71

5.1. Mantenimiento preventivo.....	71
5.1.1. Coordinación de mantenimientos preventivos, aplicación Mantúm .....	71
5.1.2. Programación de mantenimientos y seguimiento .....	73
6. CONCLUSIONES .....	75
7. RECOMENDACIONES.....	76
Bibliografía .....	77

## Tabla de figuras

<b>Figura 1.</b> Sala de monitoreo técnico Proyecto Ituango EPM.....	16
<b>Figura 2.</b> Esquema general de los túneles de desviación del río Cauca.....	20
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos del CMT. ...	25
<b>Figura 4.</b> Esquema Túnel de Desviación Derecha.....	28
<b>Figura 5.</b> Esquema de instalación del piezómetro .....	30
<b>Figura 6.</b> Partes de un piezómetro - sensor (Transmisor de nivel) .....	33
<b>Figura 7.</b> Sensor tipo hilo vibrátil .....	35
<b>Figura 8.</b> Sensor tipo Radar estación de Hidrometría.....	36
<b>Figura 9.</b> Molinete o correntómetro.....	37
<b>Figura 10.</b> Datalogger CR1000X.....	38
<b>Figura 11.</b> Menú principal LoggerNet.....	39
<b>Figura 12.</b> CRBasic Editor.....	40
<b>Figura 13.</b> Aplicación Survey123 para la creación de formularios .....	41
<b>Figura 14.</b> Listado de lazos de instrumentación de los diagramas P&ID .....	43
<b>Figura 15.</b> Diagrama P&ID Túnel de Desviación Derecha .....	43
<b>Figura 16.</b> Diagrama P&ID Vertedero.....	44
<b>Figura 17.</b> Diagrama P&ID Estación de Hidrometría Puente el Beso y Puente Metálico.....	45
<b>Figura 18.</b> Diagrama P&ID Estación de Hidrometría Río Ituango.....	45
<b>Figura 19.</b> Diagrama P&ID Galería Auxiliar de Desviación.....	46
<b>Figura 20.</b> Diagrama P&ID Ventana Galería Auxiliar de Desviación .....	47
<b>Figura 21.</b> Diagrama de flujo para tipificar fallas.....	51
<b>Figura 22.</b> Racks de comunicaciones del Nodo A Cuarto de comunicaciones Principal del Proyecto Ituango .....	52
<b>Figura 23.</b> Direccionamiento de las VLAN del Proyecto Ituango.....	52
<b>Figura 24.</b> Esquema de red Switchs de comunicaciones del Nodo A.....	53
<b>Figura 25.</b> Esquema general de comunicaciones Proyecto Ituango EPM .....	54
<b>Figura 26.</b> Esquema red MPLS Proyecto Ituango EPM .....	55
<b>Figura 27.</b> Esquema de red de Hidrometría 1 de 2 .....	56
<b>Figura 28.</b> Esquema de red de Hidrometría 2 de 2 .....	56
<b>Figura 29.</b> Esquema de red de Radares o Interferometría hoja 1 de 2.....	57
<b>Figura 30.</b> Esquema de red de Radares o Interferometría hoja 2 de 2.....	58
<b>Figura 31.</b> Esquema de red de Sismología hoja 1 de 2.....	59
<b>Figura 32.</b> Esquema de red de Sismología hoja 1 de 2.....	60
<b>Figura 33.</b> Esquema de red de Geodesia.....	60
<b>Figura 34.</b> Esquema de almacenamiento de información de la estación de Hidrometría .....	61
<b>Figura 35.</b> Interfaz gráfica Qlik Sense de los Piezómetros del TDD.....	62
<b>Figura 36.</b> Monitoreo de variables Hidrometría .....	63
<b>Figura 37.</b> Diagrama de evaluación y restablecimiento de fallas .....	65
<b>Figura 38.</b> Condiciones de diagnóstico rápido.....	66

---

<b>Figura 39.</b> Fallas y posibles soluciones en un diagnóstico rápido .....	67
<b>Figura 40.</b> Entorno de los Host de la aplicación EMCO Ping .....	68
<b>Figura 41.</b> Visualización del estado de los Host en la aplicación EMCO Ping .....	69
<b>Figura 42.</b> Visualización del resumen de calidad de los enlaces de los Host (EMCO Ping) .....	70
<b>Figura 43.</b> Diagrama de flujo de esquema de mantenimiento del contratista ELITE.....	72
<b>Figura 44.</b> Vista de las solicitudes de actividades en la plataforma Mantúm .....	73
<b>Figura 45.</b> Ítems de mantenimiento de los equipos del CMT .....	74

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Lista de instrumentos Estación de Hidrometria .....	48
---	----

### Tabla de símbolos

<b>Símbolo</b>	<b>Termino</b>
<b>VLAN</b>	Red de área local virtual
<b>CC - DC</b>	Corriente continua
<b>CA- AC</b>	Corriente Alterna
<b>Core</b>	Núcleo de la Red
<b><math>\rho</math></b>	Densidad de flujo
<b>g</b>	Aceleración local de la gravedad
<b>h</b>	Nivel Maximo
<b>mH2O</b>	Metro columna de agua
<b>MPLS</b>	Multiprotocol Label Switching, “conmutación de etiquetas multiprotocolo”
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair “Par trenzado no blindado”
<b>CCTV</b>	Circuito cerrado de televisión
<b>VDC</b>	Voltaje corriente directa

---

<b>VAC</b>	Voltaje corriente alterna
<b>Bar</b>	Medida de presión equivalente a un millón de barias
<b>kPa</b>	Medida de presión - fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.
<b>GML</b>	Geotech Monitoring Lidar - Monitoreo de convergencia

---

## Introducción

El Centro de Monitoreo Técnico (C.M.T.), es el centro de operación y análisis primario de variables que se monitorean constantemente en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango. La estructura organizacional está conformada por cinco estaciones con énfasis diferentes y correlacionables entre sí (Circuito Cerrado de Televisión, Hidrometría, Interferometría, Sismología y Geodesia), que, junto con la instrumentación geotécnica, permite evaluar la estabilidad del Proyecto y brindar una interpretación más asertiva al momento de realizar un análisis.

El monitoreo se realiza las 24 horas al día, los siete días de la semana, garantizando el seguimiento continuo. Las variables son automatizadas y se visualizan en tiempo real, con excepción de algunas lecturas periódicas realizadas en diferentes puntos por los radares GML; con esta información se emiten alertas y/o activan protocolos, en caso de presentarse novedades y cambios en los parámetros establecidos que superen los umbrales de alerta.

**Figura 1.** Sala de monitoreo técnico Proyecto Ituango EPM.





---

*Fuente:* (EPM, 2021)

Los equipos relacionados con las estaciones de monitoreo eventualmente presentan fallas, la implementación de dichos sistemas se realizó por contingencia debido a esto, desde sus inicios no se estableció o consideró una metodología de soporte de mantenimiento y evaluación de fallas.

El análisis de fallas de un sistema conlleva aplicar destrezas de tipo cognitivas tanto para las mecánicas como las humanas y una estrategia de avanzada es la metacognición, (Burón, 2006) la define como una palabra formada por “meta” que significa “más allá” y cognición que viene a connotar “conocimiento”, lo que significa el conocimiento autorregulado sobre los procesos cognitivos que posee el individuo.

Los estudios de metacognición han avanzado no solo en el ámbito de la educación, sino también en la toma de decisiones y en las resoluciones de problemas en el trabajo, ya sea individual o grupal. Las estrategias metacognitivas según (Burón, 2006) son modos de aprender más y mejor con menor esfuerzo, donde el objetivo principal es descubrir formas de estudiar que mejoren el rendimiento y eviten el fracaso.

Todo equipo es proyectado según una función básica que realizan, normalmente el desempeño de un equipo puede ser clasificado como desempeño inherente, es decir lo que el equipo es capaz de proporcionar. El mantenimiento es capaz de restablecer el desempeño inherente del equipo, si este no es el deseado, se reduce la expectativa o se introducen modificaciones. Cuando un equipo no presenta la función prevista, se usa el término falla para identificar esa situación. Esta puede representar: interrupción de la producción; operación en régimen inestable; caída de la cantidad

---

producida; afectación o pérdida de la calidad del producto y/o pérdida de la función de mando o protección (Villarroel, 2014).

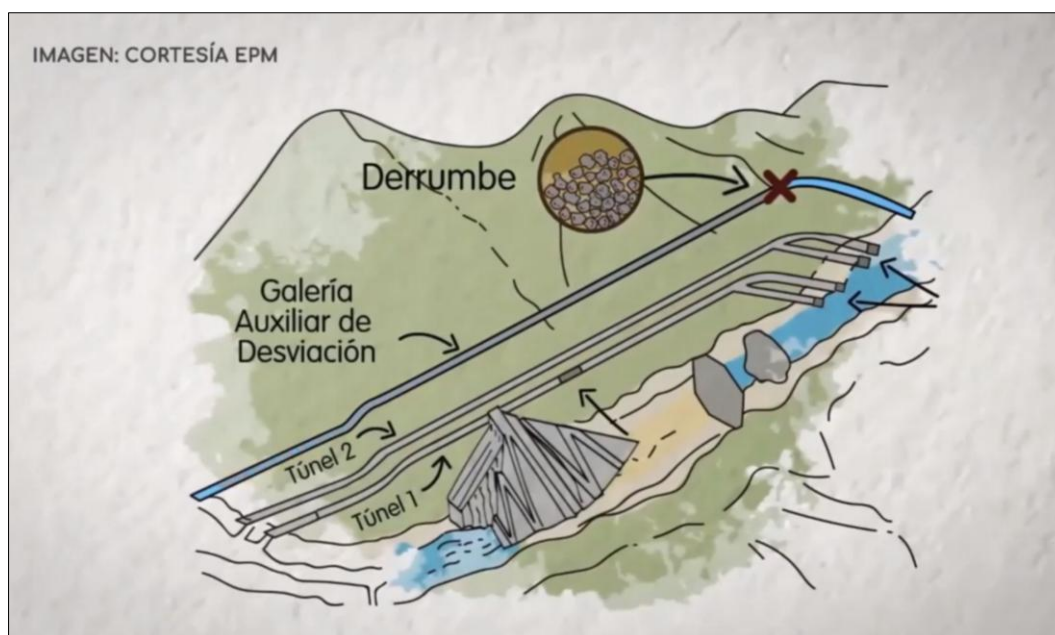
Según Mc Kenna (1997:45) citado por (Villarroel, 2014) el análisis de falla se define como “la recopilación, análisis, revisión y clasificación de las fallas para determinar tendencias e identificar su bajo rendimiento de partes y componentes de un sistema”, sin embargo (Bernoconi, 2012) amplía el concepto de Mc Kenna y define el análisis de falla como una actividad destinada a descubrir y eliminar la causa raíz de la misma y subraya que es una tarea compleja que requiere varias etapas, agentes y metodologías.

La instrumentación y telecomunicaciones son el pilar de las tecnologías implementadas en los equipos de las estaciones de monitoreo para el sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango establecido por contingencia, según (Miranda, 2003) los instrumentos en su mayoría miden variables geotécnicas, pero algunos también miden variables estructurales, al igual que el sistema de alerta está orientado a identificar, clasificar, evaluar y notificar oportunamente la presencia o el desarrollo de algún evento, el sistema contiene además las funciones y responsabilidades de las personas involucradas, la cadena de llamadas la cual se actualiza permanentemente, y el procedimiento a seguir una vez se tenga conocimiento de la ocurrencia de algún evento.

## 1. Estudios preliminares

Hidroituango es un proyecto de generación de energía eléctrica por medio de energía hidráulica la cual aprovecha el recurso hídrico almacenado como energía potencial en un embalse. La presa de Hidroituango tiene 225 metros de altura, 20 millones de m<sup>3</sup> de volumen y una central subterránea de 2.400 MW de capacidad instalada que permitiría aliviar la demanda energética del país, se encuentra ubicada sobre el río Cauca, en el llamado 'Cañón del Cauca', entre el municipio de Ituango y el corregimiento de Puerto Valdivia, en el departamento de Antioquia. Para construir la presa se necesitaba desviar el río Cauca por debajo de la montaña para garantizar que este espacio estuviese seco, por esta razón se construyen dos túneles de desviación, para canalizar el río Cauca y de esta manera garantizar el caudal ecológico aguas abajo del proyecto. Adicional a esto se construye un tercer túnel que se consideró para operar de forma permanentemente y con compuertas en su boca para poderlo cerrar. Los otros dos túneles que se habían construido no tenían compuertas y cuando estaba cerca la fecha de llenado del embalse decidieron dejar el tercer túnel funcionando pues podía evacuar las aguas del río y sellaron los otros dos túneles. La instrumentación instalada en el proyecto y los medios de transmisión de la información son la herramienta más confiable para el monitoreo y estabilidad de las obras, debido a esto la importancia de la implementación de un soporte técnico estructurado que permita determinar fallas y sus respectivas correcciones frente a cualquier tipo de eventualidad (Ituango, 2016).

**Figura 2.** Esquema general de los túneles de desviación del río Cauca



*Fuente:* (EPM, 2021)

### 1.1. Planteamiento del Problema

La implementación de estaciones de monitoreo continuo para realizarle seguimiento a la estabilidad de las obras, se determinó como estrategia de respuesta a la contingencia, EPM crea el Centro de Monitoreo Técnico del Proyecto Ituango por requerimiento del ministerio de minas y energía y la Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA, con el fin de tener monitoreo las 24 horas del día del comportamiento y la estabilidad de los diferentes frentes de obras,

subterráneas y superficiales del proyecto Ituango. Sin embargo, estos sistemas no fueron proyectados o considerados previamente, por esta razón surge la necesidad de desarrollar una metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas, que permita resolver problemas que involucren el correcto funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones e instrumentación que hacen parte de dichas estaciones.

## **1.2.Objetivos del Proyecto**

### **1.1.1. Objetivo General**

Establecer una metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

El tener una guía a seguir como respuesta a un evento y un manual que permita determinar soluciones para restablecer un servicio, genera como resultado que el monitoreo constante y de calidad garantice la seguridad del personal que labora en la obra y en las áreas de incidencia del proyecto.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Proporcionar respuesta oportuna en caso de fallas y anomalías en los sistemas de instrumentación y telecomunicaciones de las estaciones de Hidrometría mediante procedimientos detallados.

Evaluar fallas de los instrumentos de medida como piezómetros de hilo vibrátil, piezómetros de resistencia eléctrica, correntómetros y su respectivo conexionado a los datalogger.

Determinar fallas en las redes de telecomunicaciones, fibra óptica, cableado estructurado, switches, conversores de medios que hacen parte de la infraestructura, la cual se utiliza para la transmisión de la información de los instrumentos hasta los servidores donde es almacenada.

### **1.3.Alcance**

Se realizó actividades de recopilación de información, descripción de equipos, fichas técnicas de características y análisis de los procedimientos empleados para el soporte técnico de la instrumentación y sistemas de telecomunicaciones de las estaciones del centro de monitoreo técnico para realizar manuales detallados con instrucciones para garantizar el funcionamiento y confiabilidad de los equipos, esto se llevó a cabo mediante tareas específicas requeridas para metodología planteada en este documento.

- Diligenciar hojas de vida de los equipos de instrumentación de la estación de hidrometría.
- Elaboración de documentos con las respectivas descripciones de los equipos principales de instrumentación y telecomunicaciones con sus fichas técnicas.
- Elaboración de diagramas P&ID de la instrumentación de la estación de hidrometría.
- Elaboración de tablas de direccionamiento IP de los equipos de las estaciones de monitoreo del centro de monitoreo técnico de EPM del proyecto Ituango.
- Elaboración de diagramas de red de telecomunicaciones asociados a los equipos de las estaciones de monitoreo.
- Implementación de metodología para la evaluación de fallas en los equipos de las estaciones de monitoreo, mediante el seguimiento de los diagramas de flujo elaborados para dicha metodología.

- Integración de la información para consolidar un manual de soporte técnico para los equipos del Centro de Monitoreo del Proyecto Ituango.

#### **1.4. Justificación**

El CMT del proyecto Ituango permite tomar decisiones en tiempo real mediante alertas tempranas, para proteger la vida de las comunidades aguas abajo y de los trabajadores de acuerdo con esto, se establece la importancia de operación continua de los sistemas.

Se monitorean variables de diversos aspectos de las obras principales del proyecto:

- Hidrometría: seguimiento al comportamiento de los caudales del río, la estabilidad de la GAD y el túnel de desvío derecho, así como de los niveles del embalse y las proyecciones.  
Sismología: medición de la sismicidad en el área de influencia y en la zona de proyecto.
- Geotecnia: medición de la estabilidad del macizo, la presa y la zona del vertedero, mediante inclinómetros, piezómetros y celdas de asentamiento.
- Radars: monitoreo en tiempo real de la estabilidad de la presa, sus estribos, la caverna de máquinas, las galerías y los túneles de construcción.
- CCTV: monitoreo de todos los frentes de obra en tiempo real con un circuito cerrado de televisión.

Esta sala está dotada con equipos de última tecnología para el monitoreo de las diferentes variables y cuenta con apoyo, entre otras entidades, del Servicio Geológico Colombiano, SGC; el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá, SIATA, y la Cruz Roja de Antioquia.

## **2. Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos**

### **2.1. Marco Teórico**

La metodología de este proyecto está basada en una serie de actividades delimitadas en etapas, con el fin de obtener un procedimiento para identificar fallas en los equipos relacionados con las estaciones del centro de monitoreo técnico de EPM del Proyecto Ituango.

Cada una de estas etapas esta descrita en un capítulo en este documento, con el objetivo principal de conformar un manual de soporte técnico y mantenimiento básico para la instrumentación de la Hidrometria y las Telecomunicaciones de las demás estaciones de monitoreo.

Las etapas que implican análisis y evaluación de esta metodología están basadas principalmente en dos herramientas diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa y diagrama de flujo.

Según (Gutiérrez, 2011) define el diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa, como una herramienta que ubica y esquematiza todas las causas potenciales que generan la falla o el defecto en el servicio de mantenimiento o de producción. Para posteriormente establecer planes



para el control y eliminación. Su utilización es práctica, sencilla, grupal y muy aplicada en todo el mundo.

Según PDVSA – CIED (1999) citado por (Villarroel, 2014) define el análisis de modos y efectos de fallas AMEF como una herramienta de análisis para evaluar las fallas, examinando los modos esperados para encontrar efectos en el equipo o sistemas de manera que el problema pueda ser eliminado.

La descripción de las actividades de un proceso deberá llevarse a cabo de manera gráfica a través de un diagrama de flujo, donde se puedan representar estas actividades de forma secuencial y escalonada (SYRO, 2012).

Al identificar las etapas de la metodología que se pueden visualizar en la figura 3 por colores de acuerdo con cada hito, se derivan tareas descritas en el alcance de este documento, con las cuales son la base de los resultados y el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

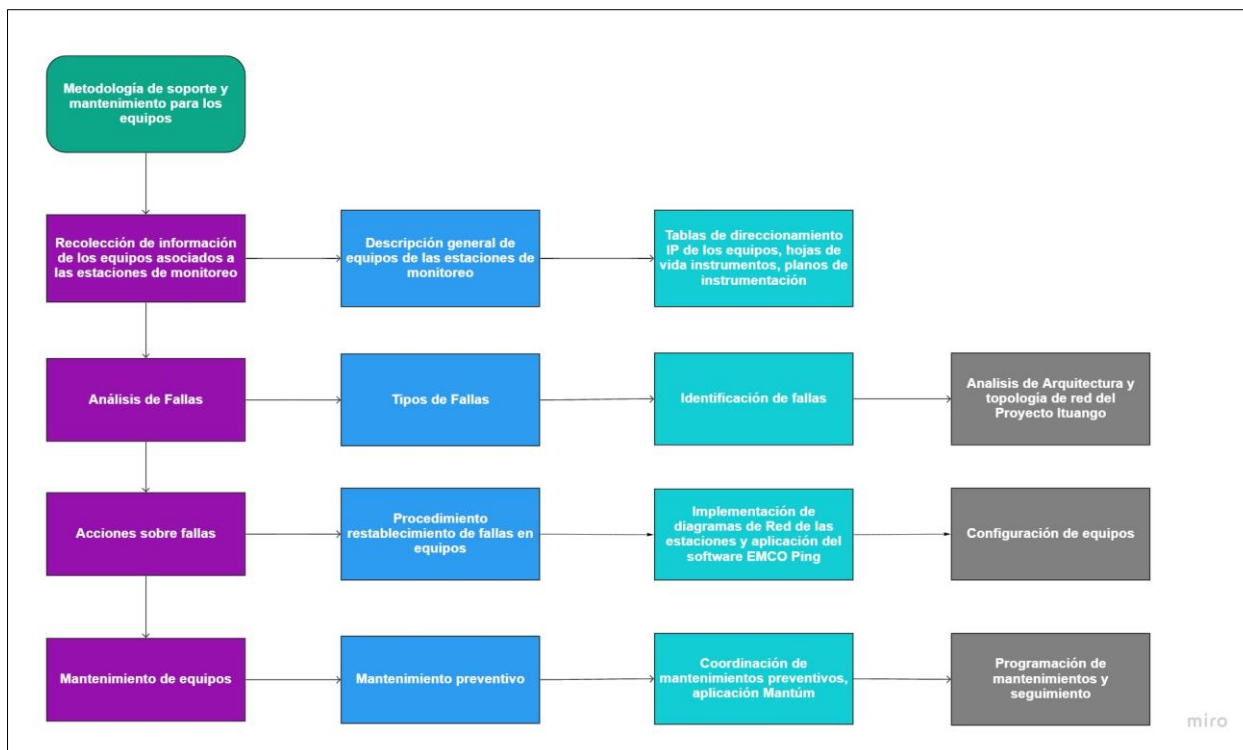
Verde: Objetivo general

Purpura: Diseño y estructura

Azul: Análisis y descripción

Aguamarina y gris: Desarrollo y resultados

**Figura 3.** Diagrama de Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos del CMT.



*Fuente:* Elaboración propia

## 2.2. Recolección de información de los equipos asociados a las estaciones de monitoreo

La recolección de la información de los equipos es fundamental para la metodología, pues con esta información se define el alcance y los procesos a intervenir, al igual que de esta etapa depende la efectividad de respuesta del equipo de soporte frente a cualquier evento, pues se requiere tener a la mano dicha información para poder realizar cualquier proceso de evaluación.

## 2.3. Descripción general de equipos de las estaciones de monitoreo

El conocer los equipos y algunas de sus características básicas nos proporciona contexto y una idea general de los sistemas relacionados con las estaciones del Centro de Monitoreo del Proyecto Ituango.

### **2.3.1. Instrumentación**

La instrumentación instalada en el proyecto y los medios de transmisión de la información son la herramienta más confiable para el monitoreo y estabilidad de las obras, debido a esto la importancia de la implementación de un soporte técnico estructurado que permita determinar fallas y sus respectivas correcciones frente a cualquier tipo de eventualidad.

Hay diferentes tipos de equipos que se utilizan en el proyecto para el monitoreo de variables, en instrumentación y control, se utiliza un sistema especial de símbolos que tienen por objetivo el transmitir de una forma más fácil y específica la información, esto es fundamental en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

#### **➤ Hidrometria**

La estación de Hidrometria realiza el seguimiento al comportamiento de los caudales del río, la estabilidad de la GAD y el túnel de desvío derecho, así como de los niveles del embalse y sus respectivas proyecciones. Para el caso especial de los instrumentos instalados en el TDD se empleó una serie de equipos para evaluar cambios de comportamiento del agua en su recorrido hasta su respectiva descarga.

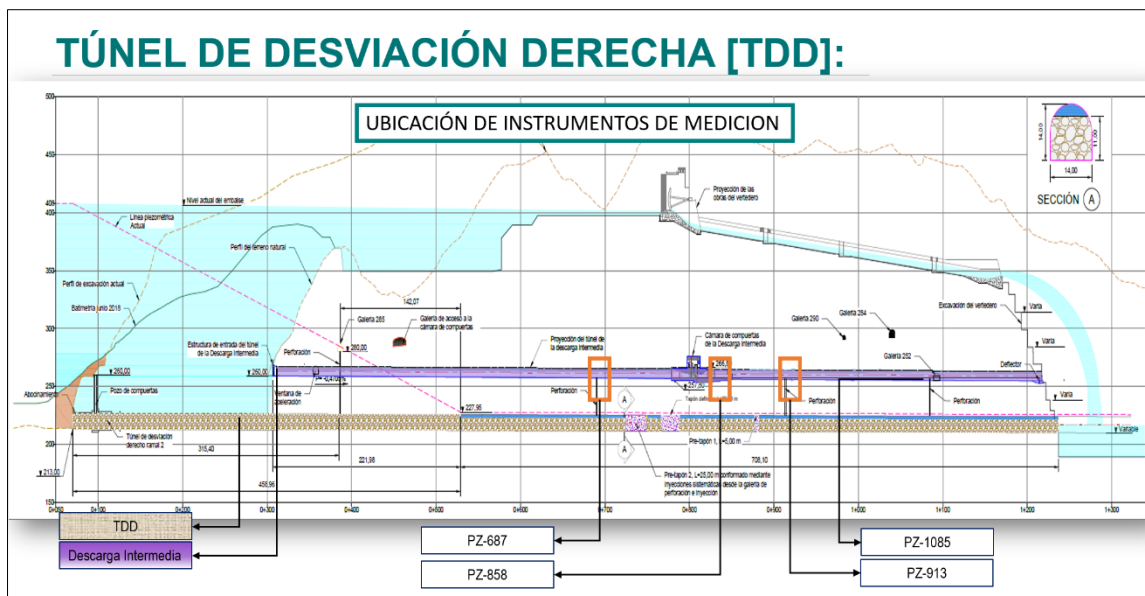
#### **➤ Piezómetros de resistencia eléctrica**

Estos instrumentos se sumergen y miden la cabeza de agua que tenga por encima hasta la lámina de agua. El piezómetro se conecta al datalogger (Controlador) que toma el valor de la corriente enviada y traduce esta señal en presión. En el caso de la GAD se cuenta con tres piezómetros, uno aguas arriba de la compuerta derecha y otro en la compuerta izquierda y finalmente uno en la salida de la galería (ventana de construcción), mientras que, en el TDD se

cuenta con piezómetros en las abscisas del TDD K0+687, K0+858, K0+913 y K1+085. Los piezómetros de resistencia eléctrica son transmisores de presión o transmisores de nivel hidrostático.

Según (Cabrera Trujillo, 2015) el monitoreo del nivel freático es muy importante, ya que el aumento excesivo de la presión hidrostática o carga hidráulica puede ser muy riesgoso, por lo que el uso de este tipo de instrumentación es indispensable para conocer dichas variaciones de nivel que alteren las zonas de trabajo.

**Figura 4.** Esquema Túnel de Desviación Derecha.

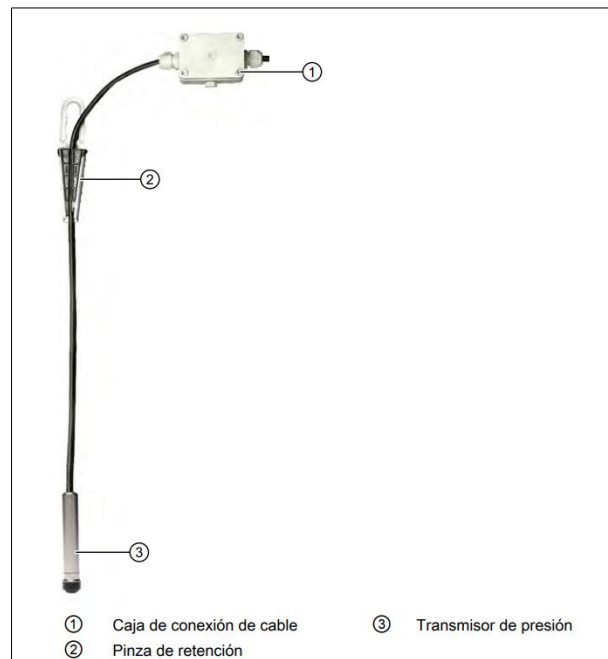


*Fuente:* (EPM, 2021)

## Características

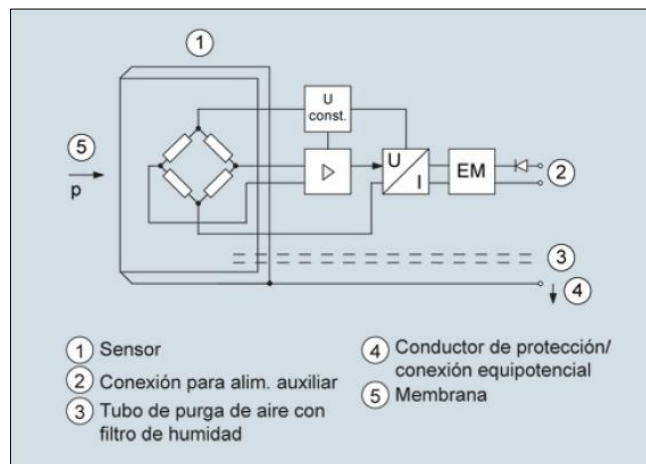
La referencia de los sensores instalados en el proyecto corresponde a SITRANS LH100 transmisor de presión SITRANS LH100 consiste en una sonda de inmersión para medición del nivel hidrostático. El transmisor de presión mide los niveles de líquidos en tanques, depósitos, canales y embalses. El transmisor de presión SITRANS LH100 está disponible para diferentes rangos de medida y opcionalmente también en la versión protegida contra explosión. Para el fácil montaje ofrecemos una caja de conexiones de cables y una pinza de retención como accesorios.

**Figura 5.** Esquema de instalación del piezómetro



*Fuente:* (SIEMENS, 2021)

**Figura 6.** Diagrama de conexión interna del sensor (Transmisor de nivel)



*Fuente:* (SIEMENS, 2021)

## Instalación

Para el respectivo funcionamiento del sensor se deben seguir algunas recomendaciones del fabricante y un procedimiento de montaje detallado a continuación:

- Instale el transmisor de presión en el cable de modo que quede suspendido hacia abajo.
- Para evitar errores en la medición, fije el sensor para restringir su desplazamiento.
- Fije el sensor utilizando un tubo metálico guía o un peso adicional.
- Fije el cable por encima del soporte del sensor.
- Conecte el cable en la caja de conexionado.
- Instale la caja de conexión de cable en un punto de fácil acceso para su respectiva inspección.
- Para garantizar un buen funcionamiento verifique que los orificios del transmisor no acumulen residuos.
- En un lado del sensor la membrana está sometida a la influencia de una presión hidrostática proporcional a la profundidad de inmersión. Esta presión se compara con la presión atmosférica. La compensación de la presión se efectúa por medio del tubo de purga de aire, que viene integrado en el cable de conexión.
- La presión hidrostática de la columna de líquido actúa sobre la membrana del sensor y transmite la presión al puente de Wheatstone del sensor, encargado de medir la resistencia. La señal de tensión de salida del sensor es conducida hacia el sistema electrónico, donde se convierte en una señal de corriente de salida equivalente a entre 4 y 20 mA.

---

Cálculo del rango de medida para fluidos con una densidad  $\neq 1000 \text{ kg/m}^3$  (fluido  $\neq$  agua)

Cálculo del rango de medida

$$p = \rho \times g \times H$$

donde:

$\rho$  = densidad del medio

$g$  = aceleración local de la gravedad

$H$  = nivel máximo

Ejemplo:

Medio: Agua,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Aceleración de la gravedad:  $9,81 \text{ m/s}^2$

Valor inferior del rango:  $0 \text{ m}$

Nivel máximo:  $6,0 \text{ m}$

Longitud de cable:  $10 \text{ m}$

Cálculo:

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 6,0 \text{ m}$$

$$p = 58860 \text{ N/m}^2$$

$$p = 589 \text{ mbar}$$



1 metro de agua = 0.098064 Bar

10 metros columna de agua = 0.980638 Bar

Cota de instalación

0 = Setting cota de instalación

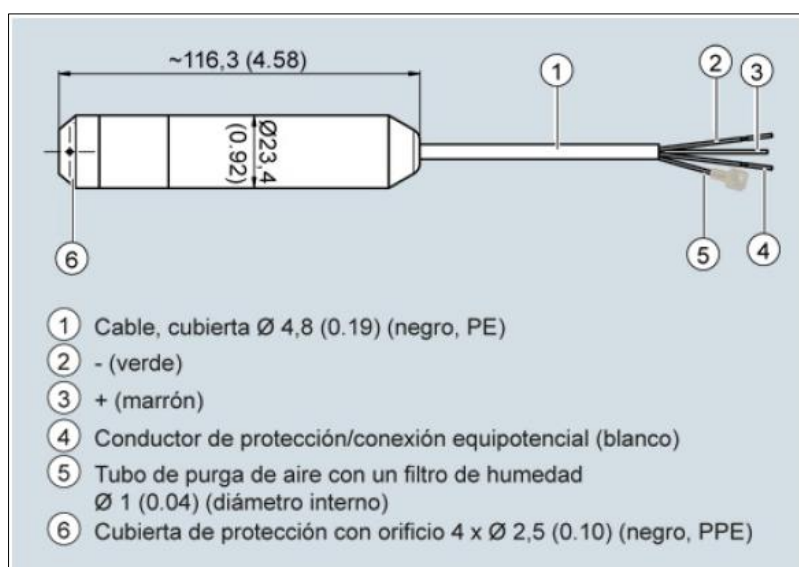
4 mA = 0 mH<sub>2</sub>O

20 = 10 mH<sub>2</sub>O

Cada 0,625 miliampere equivale a un metro H<sub>2</sub>O

Con estos parámetros se realiza el programa en lenguaje crbasic del software loggernet de la marca Cambell Scientific.

**Figura 6.** Partes de un piezómetro - sensor (Transmisor de nivel)



---

*Fuente:* (SIEMENS, 2021)

➤ **Piezómetros de hilo vibrátil**

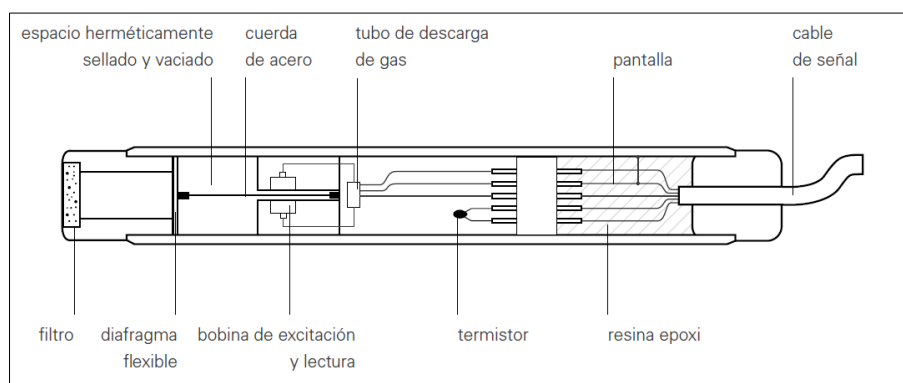
El sensor de presión de cuerda vibrante contiene una cuerda de acero que se mantiene en tensión entre un diafragma exterior flexible y un mamparo interior rígido. El sensor está configurado para que la presión del agua que actúa sobre el diafragma cambie la tensión de la cuerda. A medida que la presión aumenta, la tensión disminuye, y viceversa. La tensión en la cuerda se mide colocándola en vibración con una serie de pulsos electromagnéticos de una bobina. La cuerda entonces vibra principalmente a su frecuencia de resonancia natural. Cuando la excitación termina, el cable continúa vibrando y una señal sinusoidal, a la frecuencia de resonancia, es inducida en la bobina y transmitida a la unidad de lectura. Un tubo de descarga de gas integrado protege al sensor contra sobretensiones transitorias. El termistor incorporado proporciona datos de temperatura y puede utilizarse para realizar correcciones térmicas.

El piezómetro de cuerda vibrante consiste en un diafragma metálico que separa la presión del agua del sistema de medida. (Miriam, 2011) dicen que “el piezómetro está diseñado de manera que un cambio en la presión en el diafragma genera un cambio en la tensión de la cuerda”. El cable tensionado previamente está unido al punto central de la estructura, transformando los cambios de tensión en presión.

La conexión de este sensor de debe realizar en un canal que lea frecuencia, en el proyecto el único datalogger que tiene canales de este tipo es el CR6, sin embargo, también es viable la instalación del módulo periférico AVW200 con otra referencia de datalogger, pues convierte la

medida en frecuencia en una medida de tensión, la cual si es compatible con las demás referencias de datalogger (CR1000, CR1000X, CR800).

**Figura 7.** Sensor tipo hilo vibrátil



*Fuente:* (Sisgeo, 2021)

### ➤ Sensores de nivel tipo Radar

La instalación es fácil con un mínimo trabajo constructivo, esto facilita su posicionamiento y ubicación, se debe evitar interferencias entre el sensor y el medio a medir para evitar variaciones en la medida, también es viable minimizar estos cambios provocados por factores ajenos al medio a medir, mediante ajustes de programación.

El transmisor de nivel inteligente hace posible la interpretación del nivel real, la eliminación de las falsas alarmas tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas de movimiento y la fase de calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión, los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y sólidos, que son dos mediciones claramente diferenciadas según (Karol, 2017).

En general, se deben tener en cuenta los siguientes puntos para una correcta instalación del radar:

- Instale el sensor apuntando hacia la capa de agua o medio a medir.
- Instalación en el centro del canal y vertical al líquido superficial.
- Distancia apropiada al orificio de caída.
- Distancia apropiada desde el sensor al medio a medir, de acuerdo con el rango de medición, tener en cuenta el valor mínimo y máximo a medir para su correcta ubicación.

**Figura 8.** Sensor tipo Radar estación de Hidrometria



*Fuente: (EPM, 2021)*

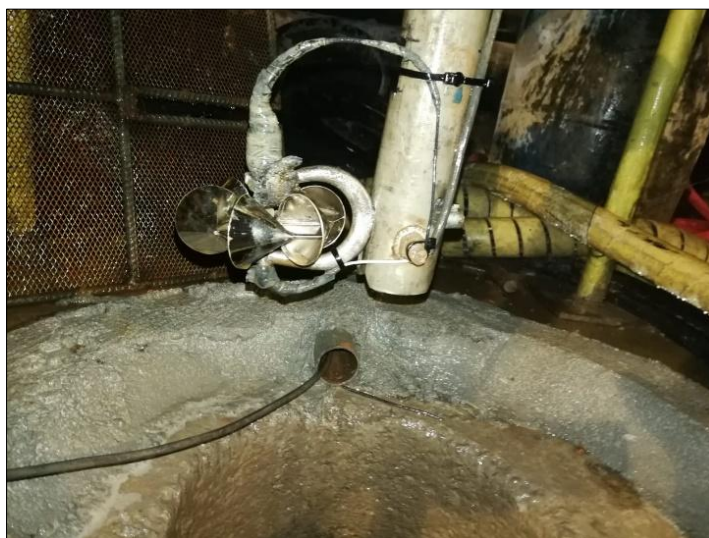
### ➤ Correntómetro

Los molinetes y micro molinetes se pueden clasificar en dos tipos principales, los medidores que tienen rotores de eje vertical y los que tienen rotores de eje horizontal.

El que se encuentra instalado en el proyecto es de eje vertical, el cual consiste en un molinete cuyas aspas son impulsadas por la corriente de agua, se basa en un principio de proporcionalidad entre la velocidad del agua y la velocidad angular resultante del rotor y para medir la velocidad se cuenta el número de revoluciones del rotor en un tiempo determinado. Actualmente el molinete se encuentra localizado en la abscisa del TDD K1+082 a una profundidad aproximada de 30 metros.

- Debe operar en velocidades más bajas que los de eje horizontal.
- Los cojinetes deben estar bien protegidos contra el agua fangosa.
- El rotor se puede reparar en el campo sin afectar la calibración.
- Utiliza un rotor único que sirve para toda la gama de velocidades.

**Figura 9.** Molinete o correntómetro



*Fuente:* (EPM, 2021)

### ➤ Datalogger

Los datalogger son los equipos que reciben la información de los sensores, actúan como registradores de datos, cuentan con canales de entradas analógicas de corriente de rangos  $\pm 2.5$  V o  $\pm 4$  mA y funciones digitales I/O (niveles lógicos de 5 V o 3.3 V), con conexión ethernet que permite enviar esta información para su respectivo procesamiento y monitoreo de variables, para este caso nivel, caudal y presión.

Entre las referencias que se encuentran instaladas en el proyecto se encuentran el CR800, CR1000, CR1000X y CR6 sus diferencias radican en los medios de conectividad, tipos de canales y demás características.

**Figura 10.** Datalogger CR1000X



*Fuente:* (EPM, 2021)

### ➤ Loggernet

Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. enero de 2021

El LoggerNet versión 4 es la última oferta de Campbell Scientific en su conjunto de paquetes de software de soporte de registro de datos. LoggerNet todavía se basa en una sólida arquitectura cliente / servidor que permite que los datos se sirvan a múltiples clientes LoggerNet simultáneamente, a la vez que presenta una interfaz de usuario de nuevo diseño y clientes nuevos o actualizados. Mientras el servidor LoggerNet realiza el trabajo de comunicarse con la red del registrador de datos, las aplicaciones del cliente se utilizan para administrar la red. Esto incluye la instalación, configuración, monitoreo y respaldo de la red; programación de registro de datos, mantenimiento y datos colección; y visualización de datos históricos o en tiempo real

**Figura 11.** Menú principal LoggerNet

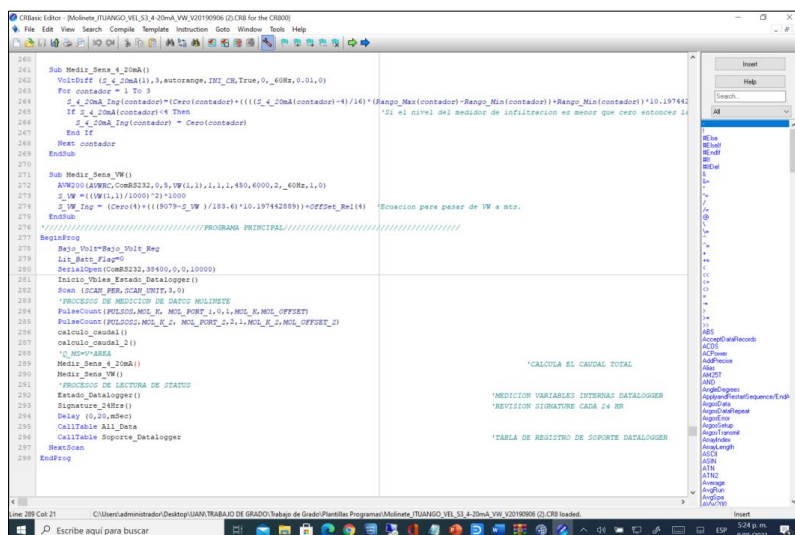


*Fuente:* (EPM, 2021)

El lenguaje de programación es el CRBasic Editor es una herramienta de programación para registradores de datos de Campbell Scientific, este lenguaje de programación es similar en sintaxis, flujo de programa y lógica al lenguaje de programación BASIC. Muchas funciones que se encuentran en los lenguajes BASIC también se encuentran en CRBasic.

La ventana principal de CRBasic Editor se divide en dos partes: la ventana de entrada del programa y el Panel de instrucciones. El Panel de instrucciones es una lista que incluye las instrucciones en el lenguaje CRBasic. Las instrucciones se pueden seleccionar de esta lista o escribir directamente en la ventana de entrada del programa. De forma predeterminada, se muestra una lista de todas las instrucciones, pero esta lista se puede filtrar por tipos de instrucciones utilizando la lista que se encuentra sobre el panel. Cuando se compila un programa, una tercera sección de la pantalla muestra el compilador.

**Figura 12.** CRBasic Editor



*Fuente:* (EPM, 2021)

### ➤ Hojas de vida de los instrumentos de Hidrometría

Se diligenciaron formatos o plantillas en Excel que corresponden a las hojas de vida de instrumentos de la estación de Hidrometría, esto con el fin de tener un control sobre cada sensor, se valida medidas antes de ser instalados con el calibrador de procesos, para tener presente el



ajuste en la configuración del programa con el cual registran la información, se registra cada revisión en campo, se valida fallas y mantenimiento lo cual se puede observar en el anexo 14.

Al recopilar esta información por medio de la aplicación Survey123 se crearon formularios en forma de encuestas con los datos más relevantes de cada instrumento de la estación de Hidrometría, con el fin de que cada vez que se realice una intervención se registre el evento (Mantenimiento, Falla, Revisión) para tener una trazabilidad disponible.

**Figura 13.** Aplicación Survey123 para la creación de formularios

The screenshot shows the Survey123 application interface. At the top, it says 'Hojas de Vida Instrumentación Hidrometría' and 'Survey title not set'. The main form area contains the following fields and options:

- Instrumento:** Piezómetro Potenciométrico (dropdown menu)
- Actividad:** Radio buttons for Calibración, Verificación, and Mantenimiento.
- Mantenimiento:** Sub-radio buttons for Preventivo and Correctivo.
- Responsable del mantenimiento:** A text input field with a dropdown arrow.
- Descripción mantenimiento:** A text input field.

At the bottom, there is a navigation bar with icons for Formulario, Detalles, Opciones, Mapa, Contenido vinculado, Scripts, and Esquema.

*Fuente:* (EPM, 2021)

### ➤ **Tablas de Direccionamiento IP de los equipos de las estaciones**

De acuerdo con (Ospina, 2018) varias VLAN pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física. Son útiles para reducir el tamaño del dominio de difusión y ayudan en la administración de la red, separando segmentos lógicos de una red de área local. cada VLAN que corresponde a un segmento de Red, se crearon o plantillas en Excel, donde se realizó su respectivo diligenciamiento con las direcciones IP utilizadas por los equipos de las estaciones de

monitoreo del proyecto, esta actividad se realizó como base para la elaboración de los diagramas de red y a su vez para tener un control de la disponibilidad del direccionamiento IP, para la instalación de nuevos equipos en caso de ser necesario.

### ➤ **Diagramas de instrumentación (P&ID)**

En instrumentación y control, se utiliza un sistema especial de símbolos que tienen por objetivo el transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es fundamental en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

Según (Moya, 2019) El estándar ANSI/ISA S5.1 es uno de los estándares de la ISA más utilizado durante la Ingeniería de Diseño de plantas químicas en la realización de Planos y Documentos; por ejemplo, en Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI's); en Índice de Instrumentos; en Diagramas de Lazo; en el diseño de Gráficos Dinámicos para el Monitoreo y Control Digital de los Sistemas de Control Distribuido, y sobre todo en Sistemas de Seguridad (PLC), que va de la mano con Ciberseguridad, etc., ya que en él se establecen los lineamientos para representar e identificar los instrumentos o dispositivos y sus funciones inherentes, sistemas y funciones de instrumentación, así como su representación gráfica.

Se aplicó el standard internacional de las normas ISA (Instrument Society of America) para la elaboración de los planos lo cual facilita la identificación y análisis de diagramas de conexión entre los equipos al igual que su ubicación, por el personal de soporte técnico y cualquier persona que posea formación del área de ingeniería afín.

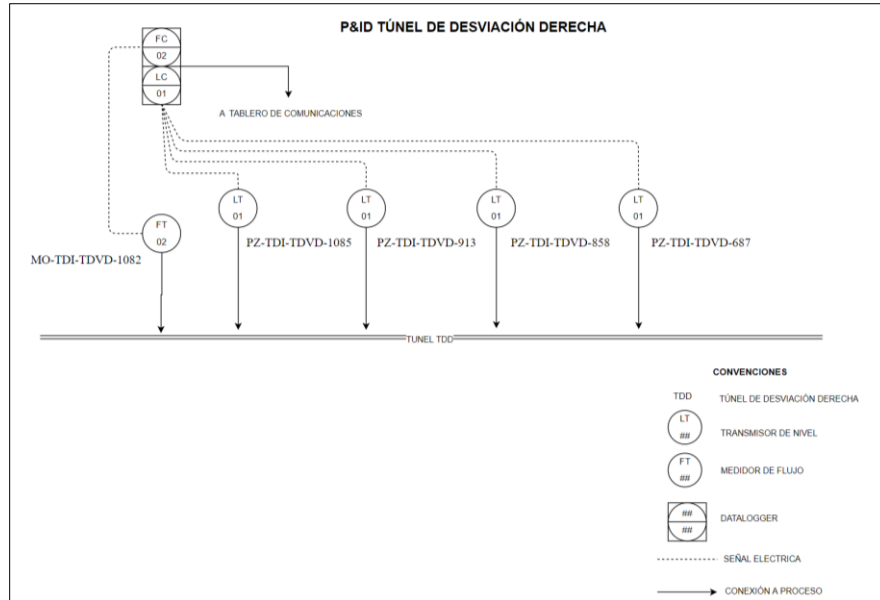
Los diagramas P&ID elaborados corresponden a los instrumentos de la estación de la estación de Hidrometría.

**Figura 14.** Listado de lazos de instrumentación de los diagramas P&ID

ESTACIONES DE HIDROMETRIA					
UBICACIÓN	ID	TIPO	VARIABLE	INSTRUMENTO	LAZO DE INSTRUMENTACIÓN
DESCARGA INTERMEDIA	PZ-TDI-TDVD-687	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro	'01
	PZ-TDI-TDVD-858	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro	'01
	PZ-TDI-TDVD-913	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro	'01
	PZ-TDI-TDVD-1085	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro	'01
	MO-TDI-TDVD-1082	Medidor de Flujo	Velocidad del agua	Correntómetro	'02
PUENTE EL BESO	LI-PB	Transmisor de nivel	Nivel agua	Sensor tipo Radar	'05
PUENTE METALICO	LI-PM	Transmisor de nivel	Nivel agua	Sensor tipo Radar	'06
DESEMBOCADURA RIO ITUANGO	LI-RI	Transmisor de nivel	Nivel agua	Sensor tipo Radar	'09
VERTEDERO	LI-VE	Transmisor de nivel	Nivel agua	Sensor tipo Radar	'03
	PZ-U5	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro Unidad 5	'04
	AN-VE	Medidor de Flujo	Velocidad del aire	Anemómetro	'07
GAD	PZ-RI	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro Ramal Izquierdo	'07
DESCARGAS - VENTANA AUXILIAR GAD	PZ-1	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro 1	'08
	PZ-2	Transmisor de nivel	Nivel agua	Piezómetro 2	'08

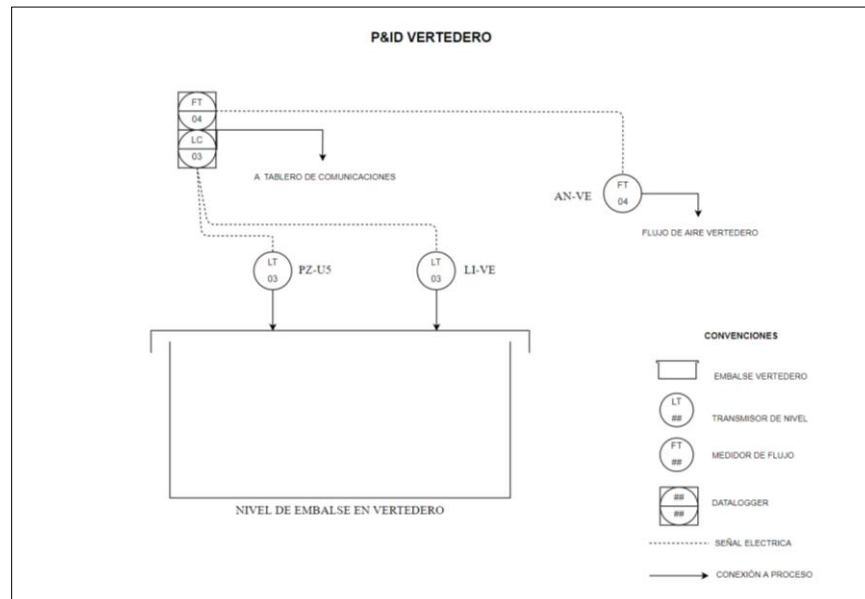
*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 15.** Diagrama P&ID Túnel de Desviación Derecha



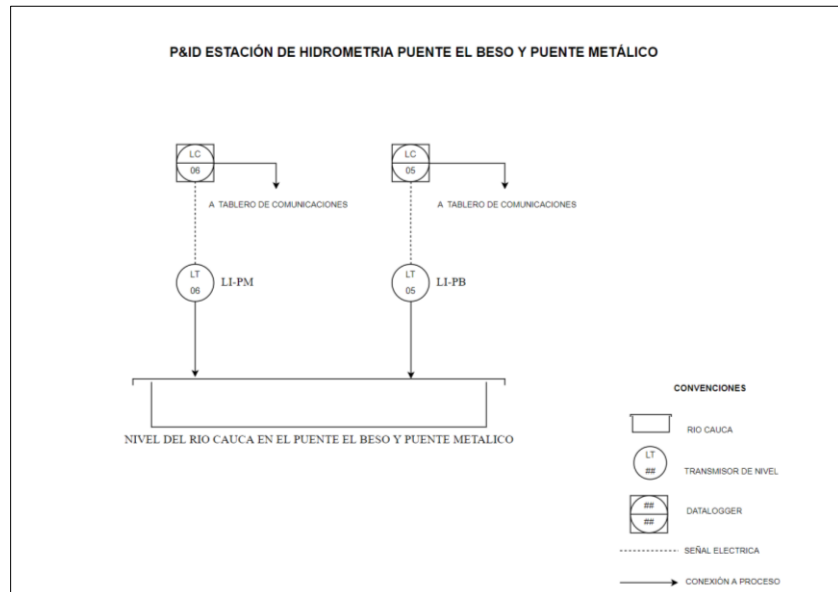
Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.** Diagrama P&ID Vertedero



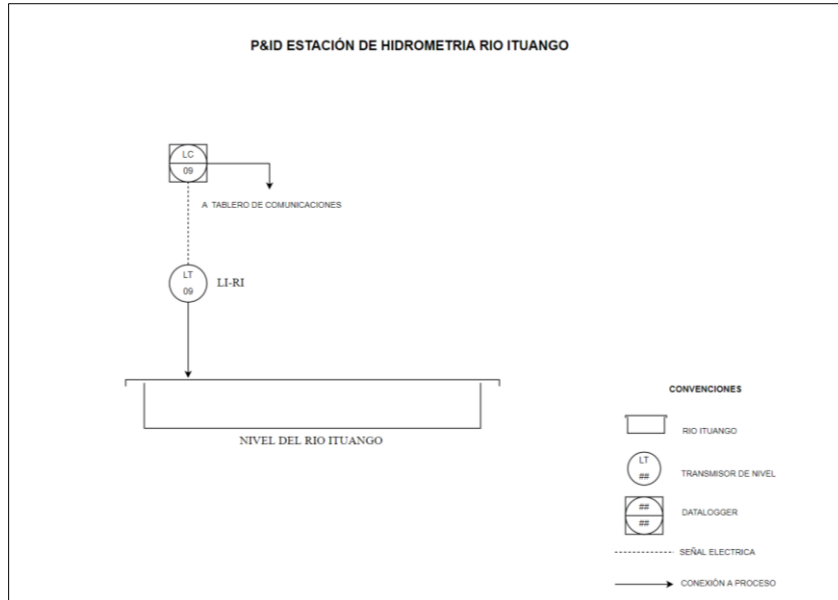
*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 17.** Diagrama P&ID Estación de Hidrometría Puente el Beso y Puente Metálico



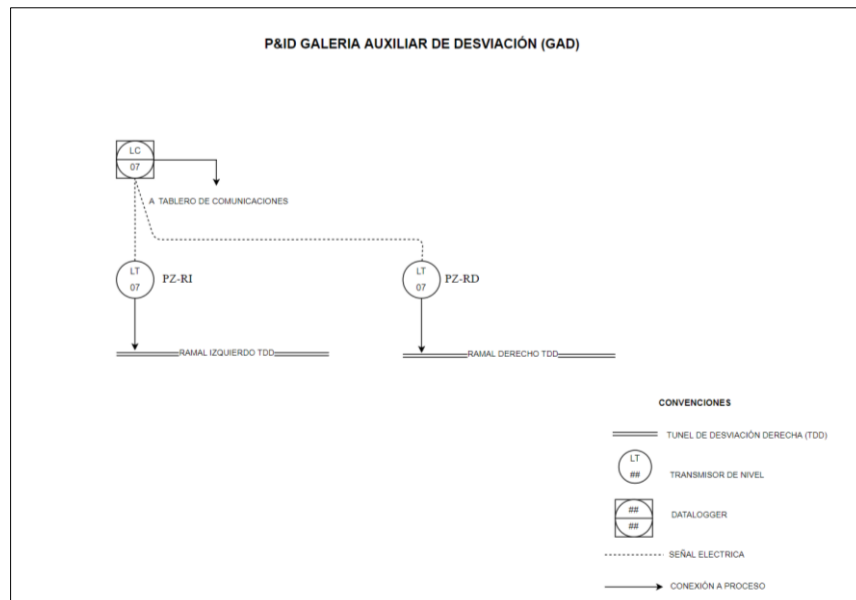
*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 18.** Diagrama P&ID Estación de Hidrometría Río Ituango

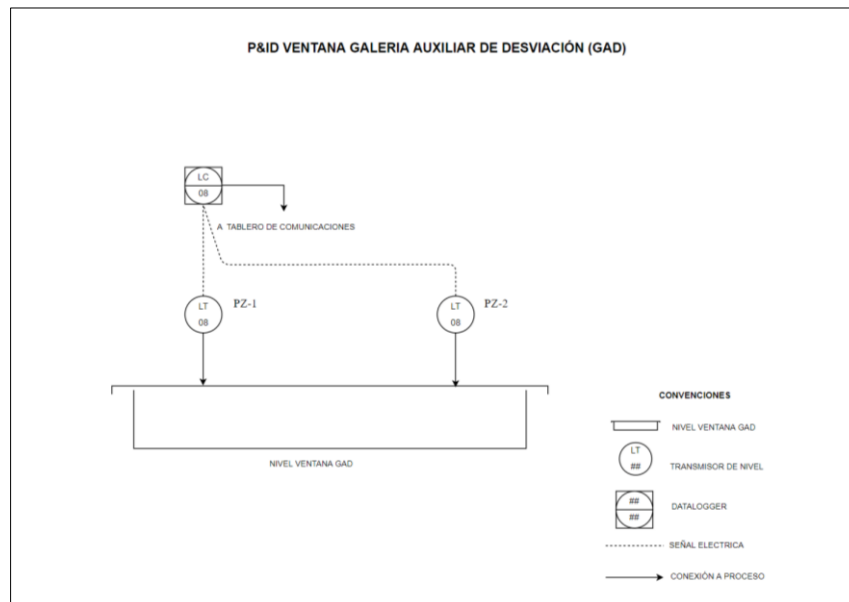


Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Diagrama P&ID Galería Auxiliar de Desviación



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20.** Diagrama P&ID Ventana Galería Auxiliar de Desviación

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 1.** Lista de instrumentos Estación de Hidrometría

<b>INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA</b>		
<b>UBICACIÓN</b>	<b>ID</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>DESCARGA INTERMEDIA</b>	PZ-TDI-TDVD-687	Piezómetro resistencia eléctrica
	PZ-TDI-TDVD-858	Piezómetro de cuerda vibrante
	PZ-TDI-TDVD-913	Piezómetro resistencia eléctrica
	PZ-TDI-TDVD-1085	Piezómetro resistencia eléctrica
	MO-TDI-TDVD-1082	Correntómetro
<b>PUENTE EL BESO</b>	LI-PB	Sensor tipo Radar
<b>PUENTE METALICO</b>	LI-PM	Sensor tipo Radar
<b>DESEMBOCADURA RIO ITUANGO</b>	LI-RI	Sensor tipo Radar
<b>VERTEDERO</b>	LI-VE	Sensor tipo Radar
	PZ-U5	Piezómetro resistencia eléctrica Unidad 5
	AN-VE	Anemómetro
<b>GAD</b>	PZ-RI	Piezómetro resistencia eléctrica Ramal Izquierdo
	PZ-RD	Piezómetro resistencia eléctrica Ramal Derecho
<b>DESCARGAS - VENTANA AUXILIAR GAD</b>	PZ-1	Piezómetro resistencia eléctrica 1
	PZ-2	Piezómetro resistencia eléctrica 2

*Fuente:* Elaboración propia



### 3. Análisis de Fallas

En los sistemas de las estaciones de monitoreo se presentan diversos tipos de fallas por diversos factores, esto implica no poder visualizar las variables y al igual que la pérdida de la información, lo que acarrea graves consecuencias para el proyecto, por este motivo los sistemas cuentan con redundancias, del mismo modo lo ideal es restablecer dichas fallas en el menor tiempo posible. Pues de estos sistemas depende la seguridad de las personas que laboran en el proyecto y las comunidades que están ubicadas aguas debajo de la presa.

#### 3.1. Tipos de Fallas

Durante la operación de los equipos son viables diferentes tipos de fallas, algunas son de carácter físico (hardware), otras se pueden presentar por inconvenientes de software y almacenamiento.

Es importante identificar el tipo de falla, pues de esta manera se procede a restablecerla, debido al alcance del equipo de soporte técnico del proyecto, porque hay diversas áreas de EPM (Seguridad informática, NOC Comunicaciones, Antivirus, Firewall) con las cuales se debe relacionar para direccionar las tareas de cada una de sus competencias.

Entre las fallas más comunes se encuentran las siguientes:

- Ausencia de tensión
- Fallas de los enlaces de comunicaciones
- Fallas en equipos de comunicaciones
- Fallas en equipos de potencia
- Fallas en controladores

- Fallas en sensores
- Fallas de almacenamiento de la información de las variables de medición

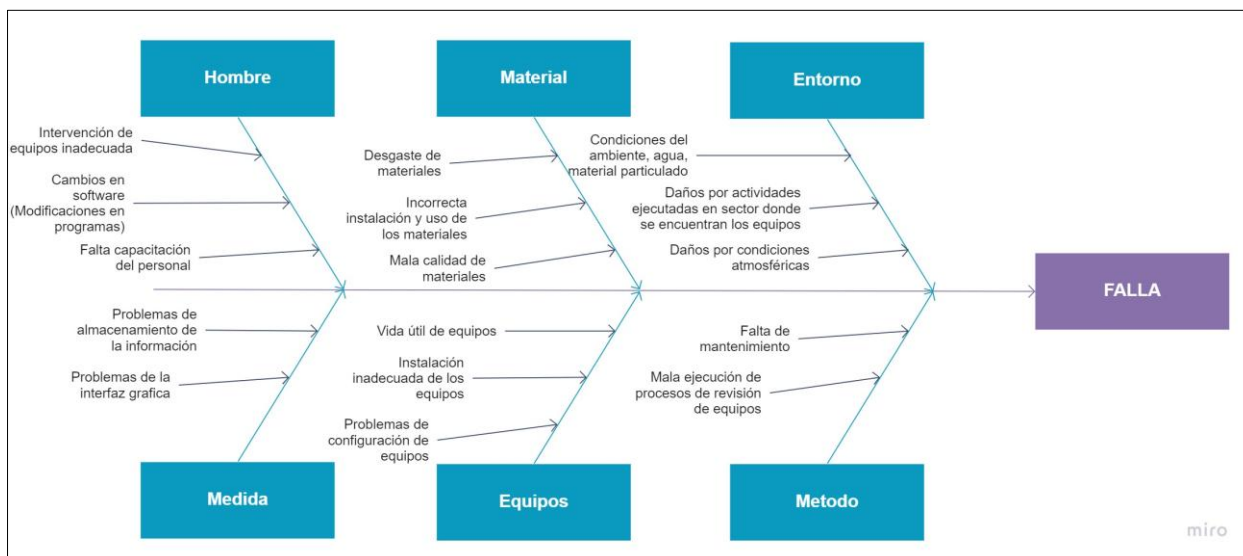
### **3.2. Identificación de fallas**

Para (Gutiérrez, 2011) el propósito del análisis de los efectos, los modos y las causas de las fallas es conocer completamente el equipo, mediante la identificación de los sistemas y los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y los materiales de fabricación, los ensambles y los subensambles parciales. El AMEF contempla cuatro principios básicos:

- Definir los requerimientos y estándares en su contexto operacional del sistema o equipos. (Función del sistema).
- Especificar la manera en que el sistema o equipo puede dejar de satisfacer los requerimientos y estándares de operación. (Falla Funcional del sistema).
- Identificar las causas que generan la pérdida de la función del sistema o equipo. (Modo de falla).
- Identificar los efectos de cada falla (modo de falla) que se genera cuando esta se presenta. (Efectos de la falla).

En el proceso de identificación de fallas se elaboró un diagrama causa y efecto al tipificarlas para determinar el origen de una falla, evaluarla, revisar su alcance y restablecerla en el menor tiempo posible.

**Figura 21.** Diagrama de flujo para tipificar fallas



*Fuente:* Elaboración propia

### 3.3. Análisis de Arquitectura y topología de red del Proyecto Ituango

#### 3.3.1. Topología de comunicaciones

En el proyecto se encuentran 3 nodos de comunicaciones, Nodo A (Catalyst 4507R) oficinas principales, Nodo B Centro Médico, Sector Tacui del Campamento y Nodo C Sector Cuni del Campamento, cada uno tiene su respectivo Core y están conectados en anillo.

De cada Nodo se derivan una serie de switchs de comunicaciones donde se conectan todos servicios del proyecto de acuerdo con el segmento de red. Los equipos de las estaciones se encuentran en diferentes redes las cuales son segmentadas VLAN en los switchs de comunicaciones mediante configuración de las interfaces ethernet donde se conectan los equipos de acuerdo su respectiva aplicación.

**Figura 22.** Racks de comunicaciones del Nodo A Cuarto de comunicaciones Principal del Proyecto Ituango



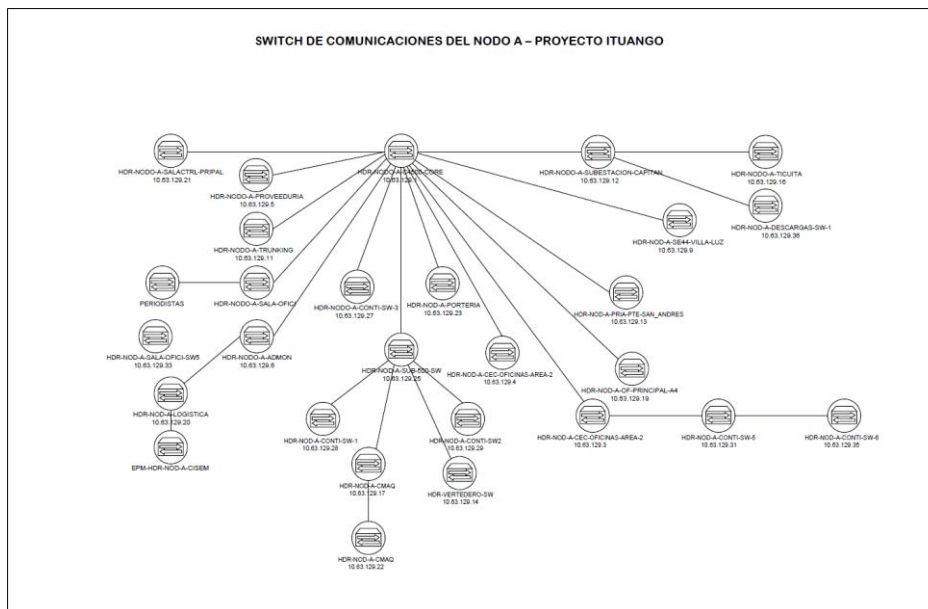
*Fuente:* (EPM, 2021)

**Figura 23.** Direccionamiento de las VLAN del Proyecto Ituango

VLAN Proyecto Ituango					
ID	DESCRIPCIÓN	NODO	SUBRED	MASCARA	GATEWAY
200	Corporativa	A	10.24.48.1 - 10.24.49.254	255.255.254.0	10.24.48.1
280	CCTV	A	10.24.61.65 - 10.24.61.127	255.255.255.192	10.24.61.65
745	Intrumentación (Sismología, Geodesia)	A	10.24.255.1 - 10.24.255.254	255.255.255.0	10.24.255.1
746	Intrumentación (Radares, Hidrometria)	A	10.24.252.1 - 10.24.252.254	255.255.255.0	10.24.252.1
151	Navegación libre	A	172.18.170.1 - 172.18.170.62	255.255.255.192	172.18.170.1
	Navegación libre	A	172.18.171.1 - 172.18.171.62	255.255.255.192	172.18.171.1

*Fuente:* (EPM, 2021)

**Figura 24.** Esquema de red Switchs de comunicaciones del Nodo A



*Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo con esto se realizó un levantamiento de la información del direccionamiento IP de los equipos asociados a las estaciones de monitoreo, con el fin de elaborar los esquemas de red que permiten evaluar fallas mediante la revisión del flujo de la comunicación entre los equipos por medio del comando PING y la aplicación EMCO Ping Monitor.

### 3.3.2. Arquitectura de red

La topología de la red es la representación geométrica de los enlaces y la configuración de conexiones entre nodos. Para redes alámbricas es posible encontrar cinco tipos de topologías: en malla, en estrella, en árbol, en bus y en anillo. Para el caso de redes inalámbricas las topologías se reducen a la de estrella, árbol y malla. La topología en estrella es una arquitectura centralizada, en la cual los nodos están conectados únicamente a un nodo central o concentrador.

Los nodos no están conectados entre sí y toda comunicación se establece únicamente con el nodo central según (Castillo, 2016).

La topología de estrella corresponde al modelo de red del Proyecto Ituango como lo se puede visualizar en la figura 24, en la cual se encuentra un Core Principal del cual se derivan los switchs de comunicaciones, este equipo central posee una redundancia en anillo de fibra óptica y equipos MPLS (NE08E-S6) para garantizar el servicio de acuerdo con la figura 26.

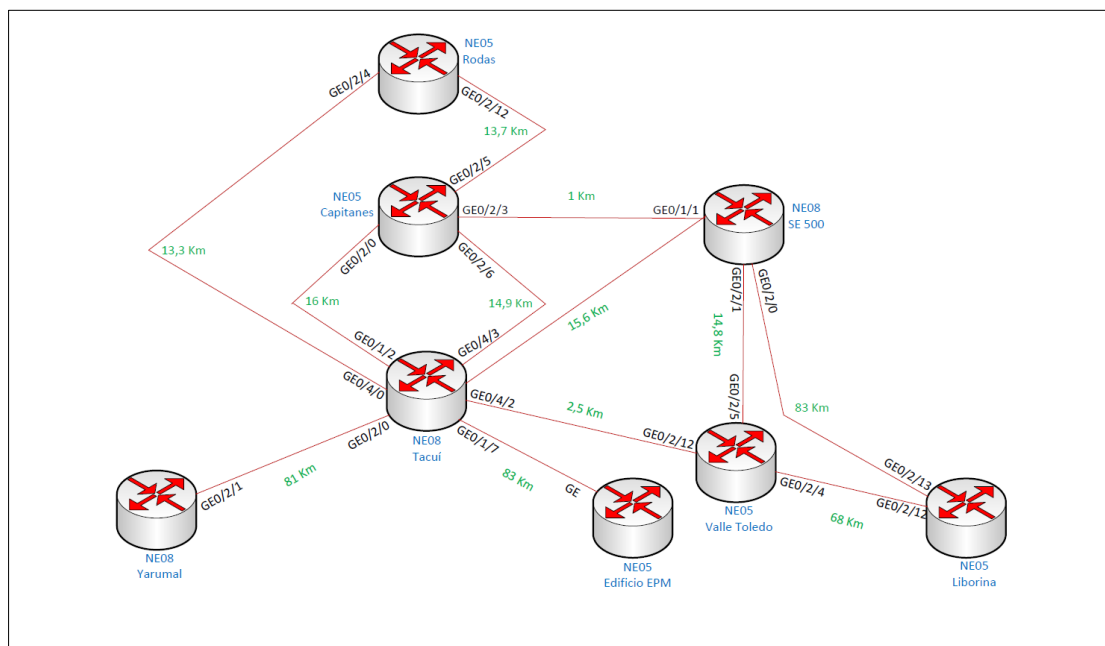
Actualmente se está realizando una migración de los equipos marca CISCO por HUAWEI.

**Figura 25.** Esquema general de comunicaciones Proyecto Ituango EPM



*Fuente:* (EPM, 2021)

**Figura 26.** Esquema red MPLS Proyecto Ituango EPM



*Fuente:* (EPM, 2021)

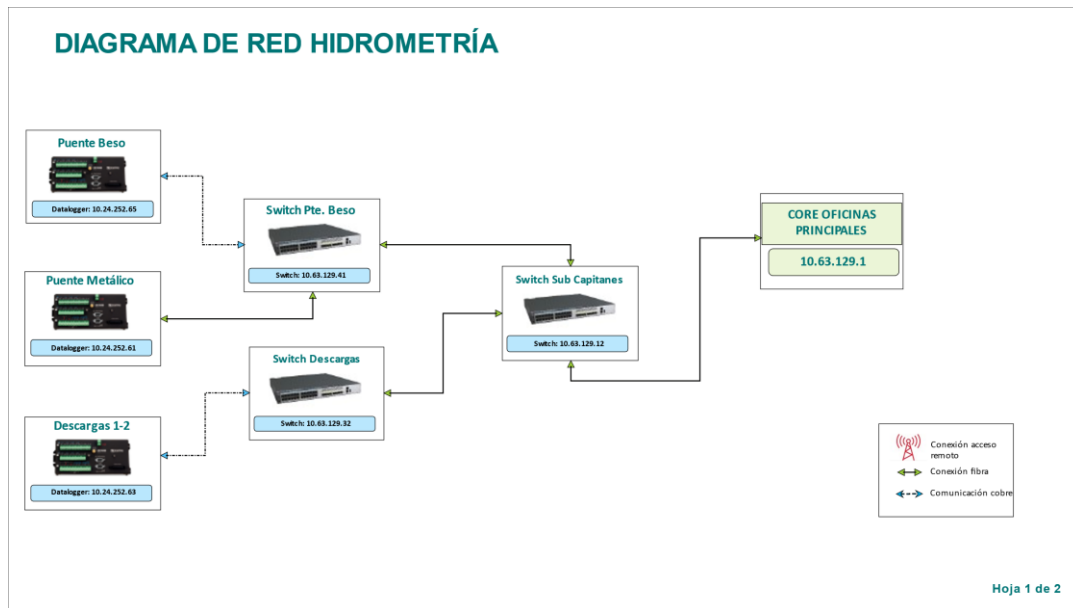
Gran parte de los equipos de los sistemas involucrados en las estaciones de monitoreo, están conectados en red para realizar el análisis de la información, por este motivo se realizó el levantamiento de los diagramas de red donde incluye su direccionamiento IP, lo cual es un punto vital para el procedimiento de revisión de fallas.

### ➤ Diagrama de red de estación de Hidrometría

Entre los equipos asociados a los sensores de la estación de hidrometría se encuentran los datalogger, switches de comunicaciones y radio enlaces a los cuales se les asigna un direccionamiento IP, las variables de estos equipos se visualizan en una plataforma de Qlik Sense en la cual realizan el análisis de las variables, estos se conectan entre sí por medio de cable

UTP, Fibra óptica y de forma inalámbrica. El esquema detallado se puede visualizar en el anexo 18.

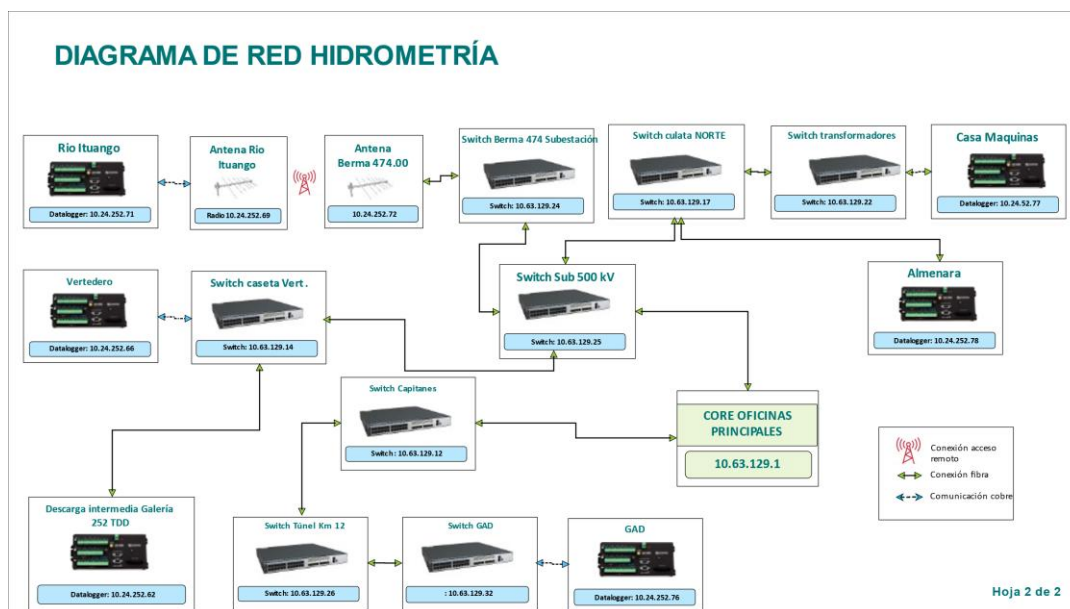
**Figura 27.** Esquema de red de Hidrometria 1 de 2



*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 28.** Esquema de red de Hidrometria 2 de 2



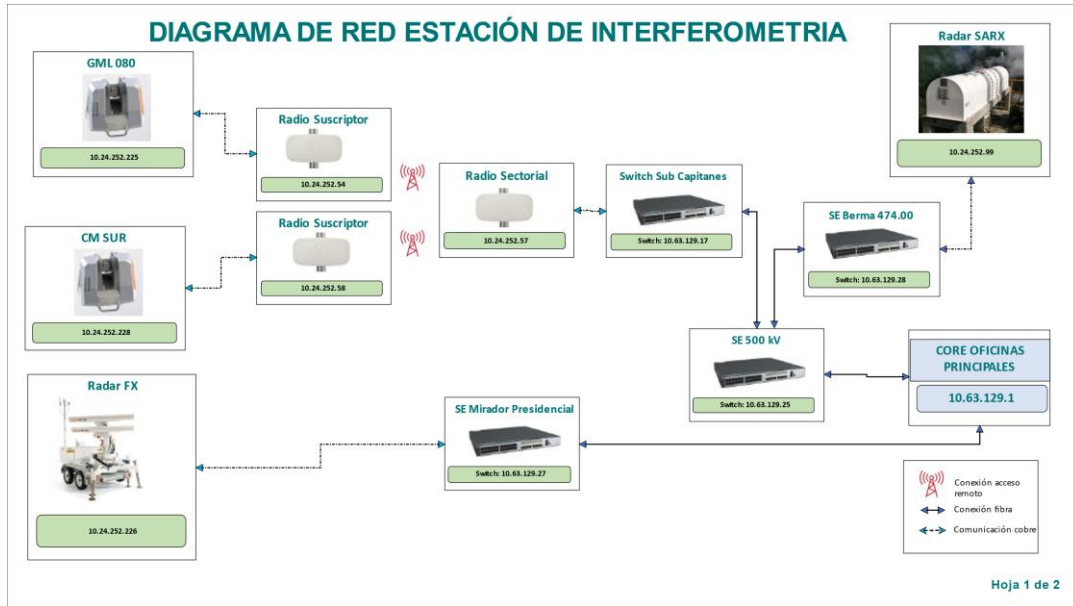


*Fuente:* Elaboración propia

### ➤ Diagrama de red de estación de Radares

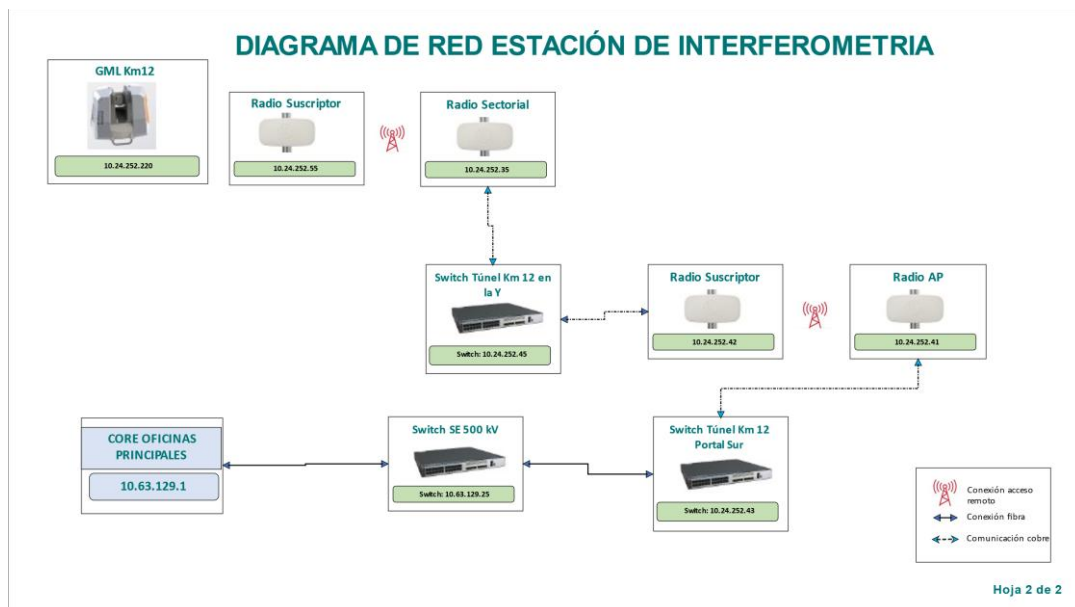
La estación de interferometría o radares cuenta con equipos de diferentes tipos de tecnologías que tienen como objetivo detectar variaciones en la deformación superficial del área y así identificar posibles tendencias que puedan afectar la estabilidad de la zona monitoreada, actualmente se cuenta con tres tipos de radares: SSR528FX, SSR410SAR-X y GML, instalados a lo largo del proyecto, los cuales fueron adquiridos con la firma australiana GroundProbe y se accede a la información que registran por medio de conexiones directas por cable UTP en los equipos, para redireccionarse a los switches de comunicaciones del proyecto mediante enlaces de fibra óptica para luego ser visualizados con su respectiva interfaz gráfica.

**Figura 29.** Esquema de red de Radares o Interferometría hoja 1 de 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Esquema de red de Radares o Interferometría hoja 2 de 2

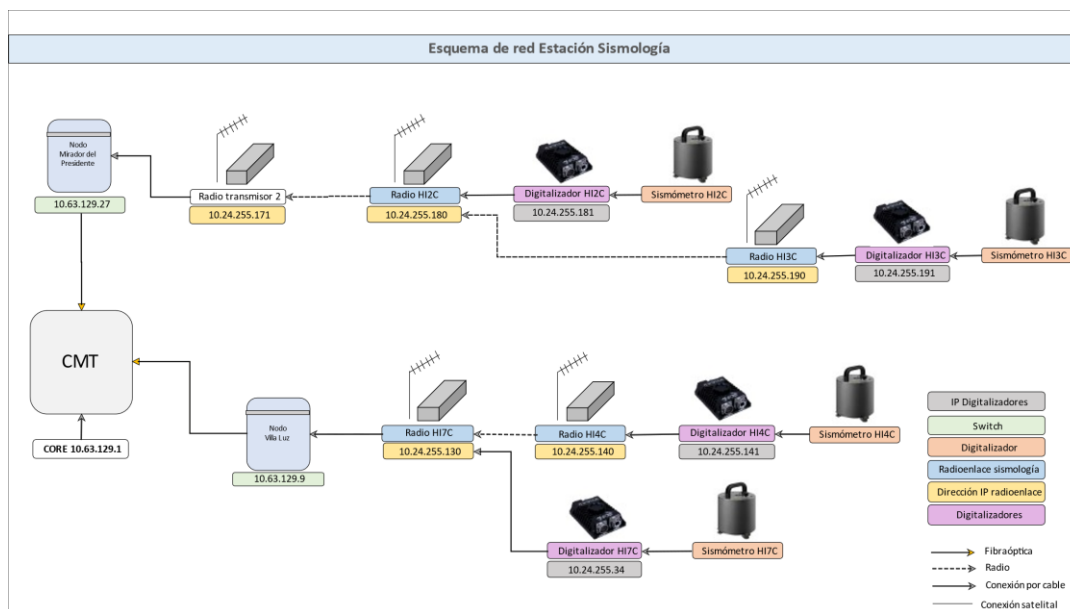


*Fuente:* Elaboración propia

### ➤ Diagrama de red de estación de Sismología

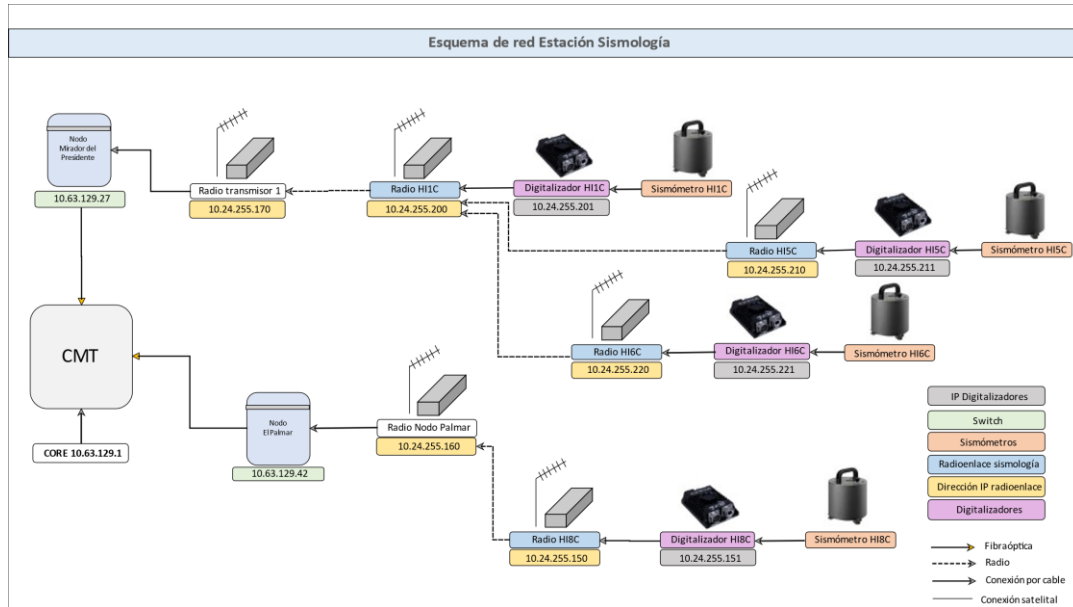
Las estaciones sismológicas que monitorean el PHI están conformadas en general por diferentes equipos sensor o sismómetro, digitalizador, GPS, sistema de alimentación fotovoltaico: sistema de alimentación de baterías y panel solar independiente y un sistema de comunicación por medio de radio enlaces y antenas yagi para el envío y recepción de datos. En el anexo 16, se puede visualizar los equipos de sala estación.

**Figura 31.** Esquema de red de Sismología hoja 1 de 2



Fuente: Elaboración propia

**Figura 32.** Esquema de red de Sismología hoja 1 de 2

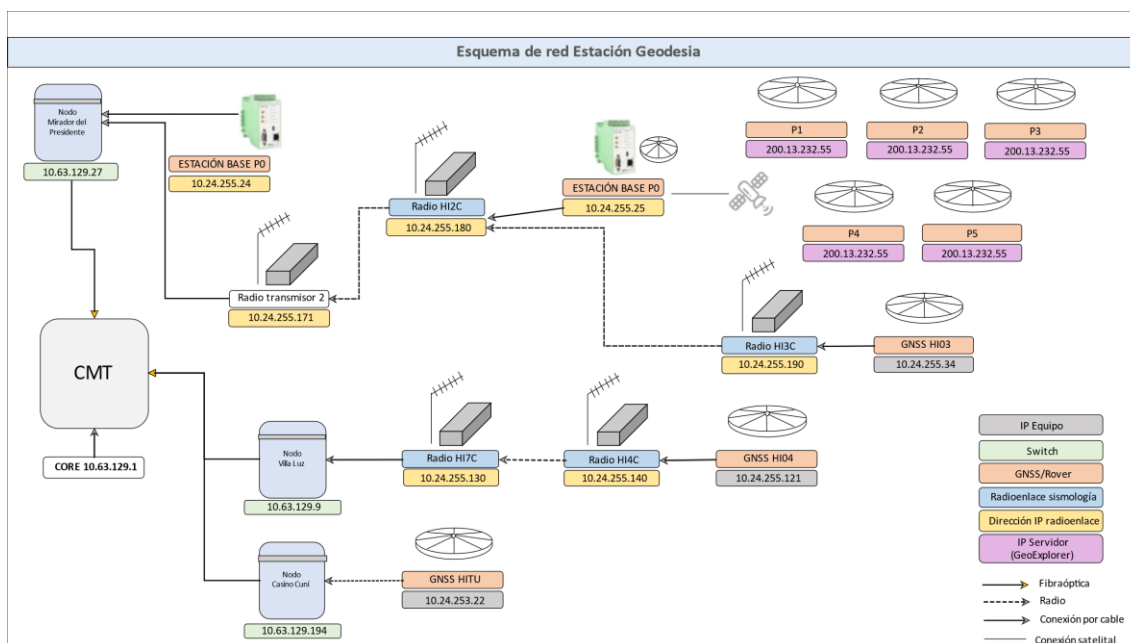


Fuente: Elaboración propia

### ➤ Diagrama de red de estación de Geodesia

La red de la estación de geodesia opera con dos tipos de equipos de forma paralela que cuenta con receptores GNSS de operación continua en puntos fijos, una de estas redes posee equipos que se conectan por medio de un satélite para luego seguir una línea de comunicación con una estación base y un Gateway. Por otro lado, la segunda red se conecta utilizando la infraestructura de comunicaciones de la red de sismología la cual está basada en radio enlaces. El esquema detallado se encuentra en el anexo 15.

**Figura 33.** Esquema de red de Geodesia



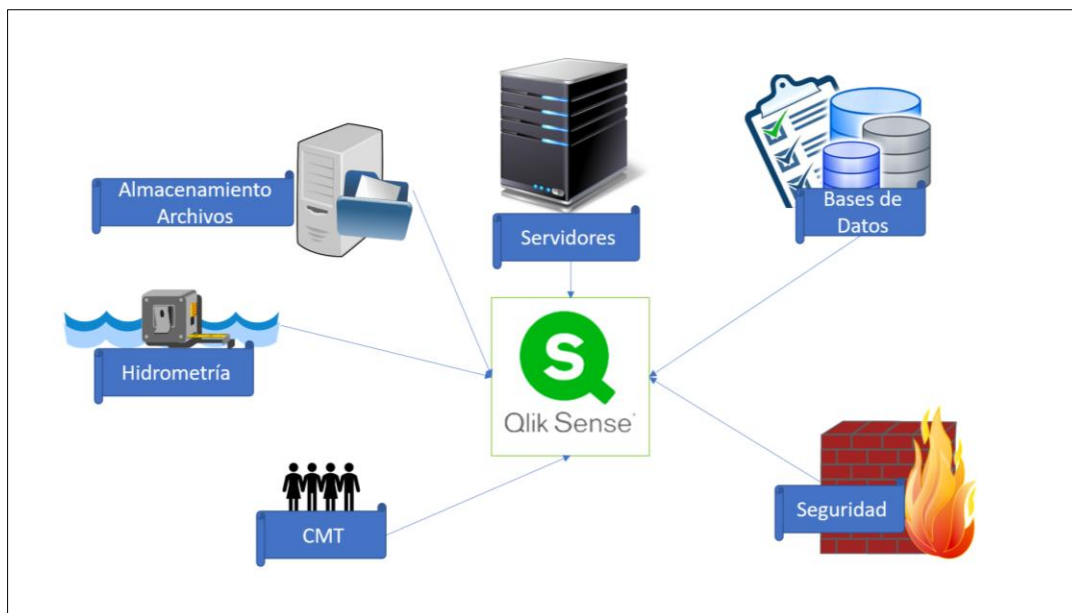
*Fuente:* Elaboración propia

### 3.5.3. Medios de transmisión de información y almacenamiento

Actualmente la información de las estaciones de monitoreo se almacena en workstation, ubicadas en el CMT y en el servidor del Edificio Inteligente en la ciudad de Medellín, se encuentra en progreso la migración de estas máquinas a los servidores de la red Nutanix Marca Dell, que se está implementando en el Proyecto Ituango.

Para la transferencia de información se utiliza fibra óptica monomodo y multimodo de acuerdo con la distancia y en algunos casos cableado UTP CAT 6 para la conexión de equipos.

**Figura 34.** Esquema de almacenamiento de información de la estación de Hidrometría



*Fuente:* (EPM, 2021)

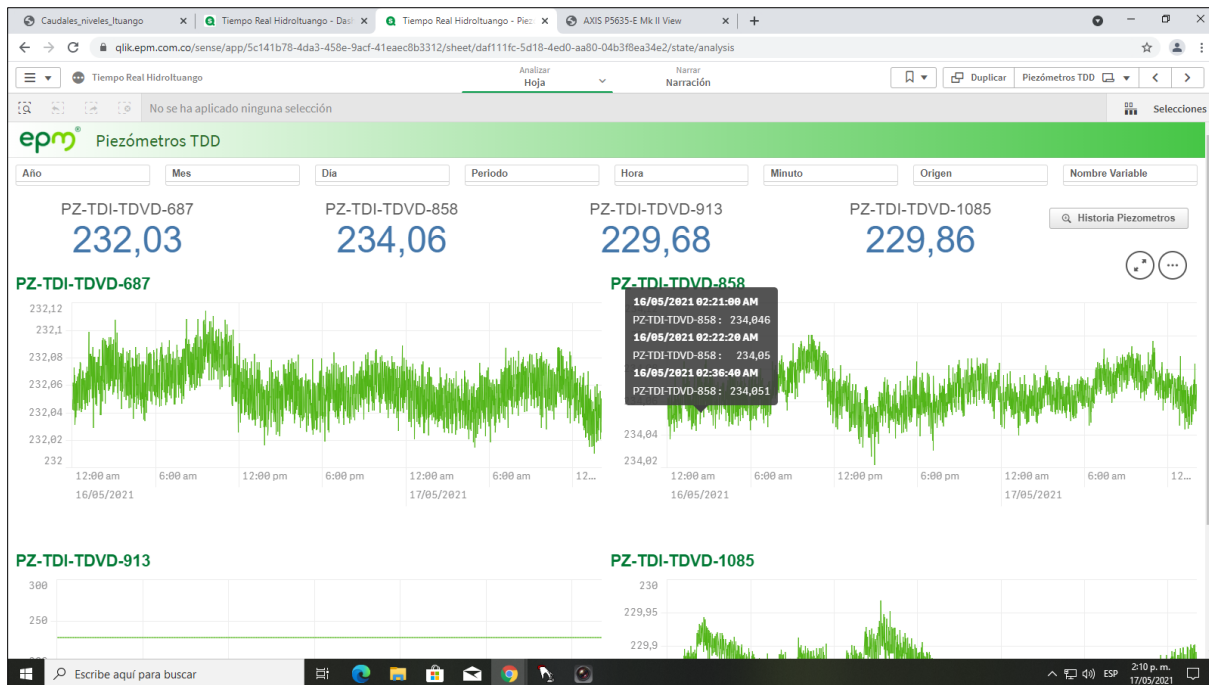
### 3.5.6. Visualización de la información de las variables de monitoreo

Cada estación tiene una interfaz gráfica donde pueden revisar la información de los sensores y equipos que se encuentran en el proyecto, donde pueden realizar su análisis y procesamiento de acuerdo con el uso y protocolos de cada estación de trabajo.

- Hidrometría: Qlik Sense
- Radares: SSR-Viewer - GroundProbe
- CCTV: Securos
- Geodesia: GeoExplorer
- Sismología: Swarm

Cada uno de estos desarrollos tiene una ruta de almacenamiento independiente, de donde toma la información y realiza un post procesamiento de acuerdo con la interfaz gráfica.

**Figura 35.** Interfaz gráfica Qlik Sense de los Piezómetros del TDD



*Fuente:* (EPM, 2021)

**Figura 36.** Monitoreo de variables Hidrometria



*Fuente:* (EPM, 2021)

## 4. Acciones sobre fallas

### 4.1. Procedimiento restablecimiento de fallas en equipos

Los eventos que ocurren en los sistemas afectan las labores de monitoreo de las estaciones del Centro de Monitoreo Técnico del Proyecto Ituango, la cual está basada en el análisis de distintas variables, por esto es de vital importancia restablecer cualquier tipo de falla en el menor tiempo posible, para esto se estableció un método de evaluación que permita identificarla y tomar acciones sobre la misma, este conlleva a unos puntos clave de este proceso.

- Pruebas remotas
- Inspección en sitio
- Pruebas en sitio
- Mediciones y verificaciones



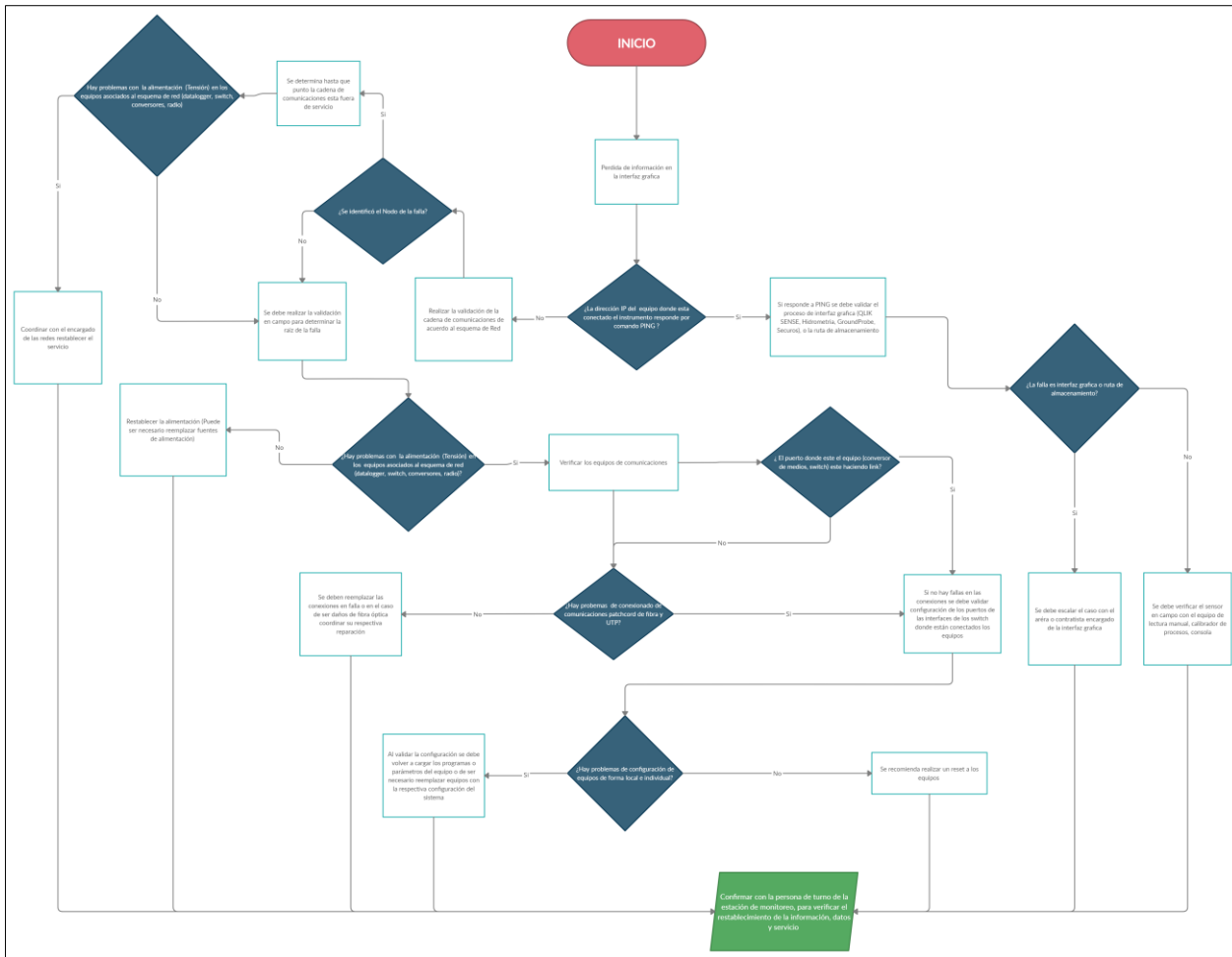
- Reparaciones

#### **4.1.1. Diagrama de evaluación de fallas en las estaciones de monitoreo**

Teniendo en cuenta los puntos clave, se procede a la evaluación de falla por medio de un diagrama que indica paso a paso como determinar su origen, para tomar las medidas correctivas que permitan restablecer el servicio y normalizar la operación de la estación como lo indica la figura 38.

La simbología que se utiliza es establecida por la American National Estándar Institute (ANSI), registra y transmite sin distorsiones, genera coordinación de las áreas responsables dando aplicación y evaluación referente al funcionamiento de las actividades, evitando duplicar el trabajo según (Castillo R. A., 2014)

#### **Figura 37. Diagrama de evaluación y restablecimiento de fallas**



Fuente: Elaboración propia

En algunos casos no es necesario realizar una validación tan extensa, por tanto, se implementa un proceso donde se pueden validar una serie de condiciones y así realizar un diagnóstico rápido que permite plantear una solución de forma acertada y en un menor tiempo de respuesta.

Figura 38. Condiciones de diagnóstico rápido

ITEM	CONDICIONES	ESTADO	
		SI	NO
1	¿Hay más equipos conectados en el mismo controlador o equipo de comunicaciones?		
2	¿La falla es en varios equipos no responden a ping en la aplicación EMCO PING?		
3	¿Responde a ping el equipo final?		
<b>CONDICIONES</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>	
Si la 1 y 2 son Si	Falla de energía o comunicaciones de forma general		
Si la 1 es Si y la 3 es No	La falla es a nivel local en el equipo final (Instrumento, Sensor)		
Si la 2 es No y la 3 es No	La falla es a nivel local en el equipo final (Instrumento, Sensor)		

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 39.** Fallas y posibles soluciones en un diagnóstico rápido

DIAGNOSTICO RAPIDO	
FALLA	POSIBLE SOLUCIÓN
Ausencia de tensión	Revisión de interruptores del circuito de alimentación. Revisión de cableado de fuerza.
Fallas de los enlaces de comunicaciones	Revisión de cableado de fibra optica y UTP. Revisión de patch cord
Fallas en equipos de comunicaciones	Revisión de switches, conversores de medios y radio enlaces
Fallas en equipos de potencia	Revisión de fuentes VAC y VDC
Fallas en controladores	Revisión de configuración
Fallas en controladores	Revisión de configuración
Fallas en sensores	Revisión con equipos en sitio, calibrador de procesos, consola manual
Fallas de almacenamiento de la información de las variables de medición	Revisión de rutas de almacenamiento y conexión con los servidores

*Fuente:* Elaboración propia

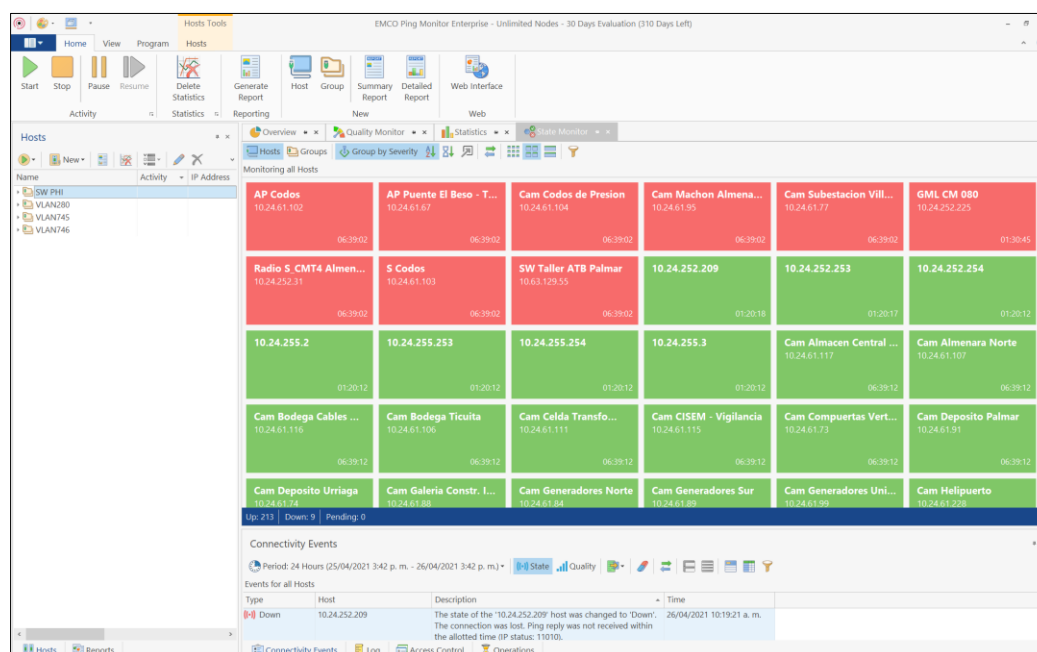
## 4.2. Implementación de diagramas de red de las estaciones y aplicación del software

### EMCO Ping

Al realizar el levantamiento de del direccionamiento IP de los equipos que se encuentra en los anexos del número 2 al 6, se implementó como prueba la herramienta EMCO Ping en versión de evaluación, en la cual se crea un proyecto con grupos de carpetas donde ingresa cada Host de acuerdo con la VLAN o segmento de red al cual pertenece, esta aplicación ejecuta el comando PING -t con una interfaz diferente a la del CMD, que permite identificar en tiempo real la perdida de comunicación de cualquier Host incluido en la plantilla por medio del protocolo (ICMP) utilizado en las redes TCP/IP.

El equipo donde se encuentra instalada tiene acceso a todas las redes del proyecto por medio de una VPN previamente configurada en el software Checkpoint versión Client.

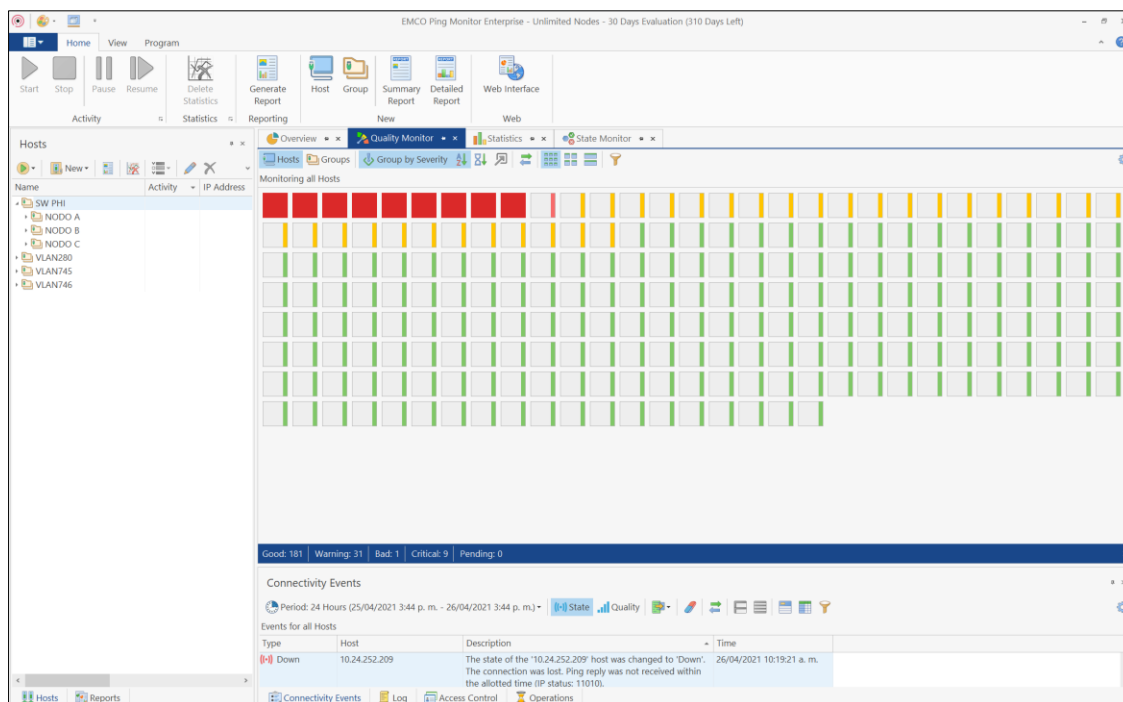
**Figura 40.** Entorno de los Host de la aplicación EMCO Ping



Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. enero de 2021

*Fuente:* (EPM, 2021)

**Figura 41.** Visualización del estado de los Host en la aplicación EMCO Ping



*Fuente:* (EPM, 2021)

En esta imagen podemos visualizar los equipos que perdieron comunicación, cuando se crea un Host en el grupo además de la dirección IP, se le incluye la información de mayor relevancia como, por ejemplo, la ubicación o al equipo que se encuentra asociado.

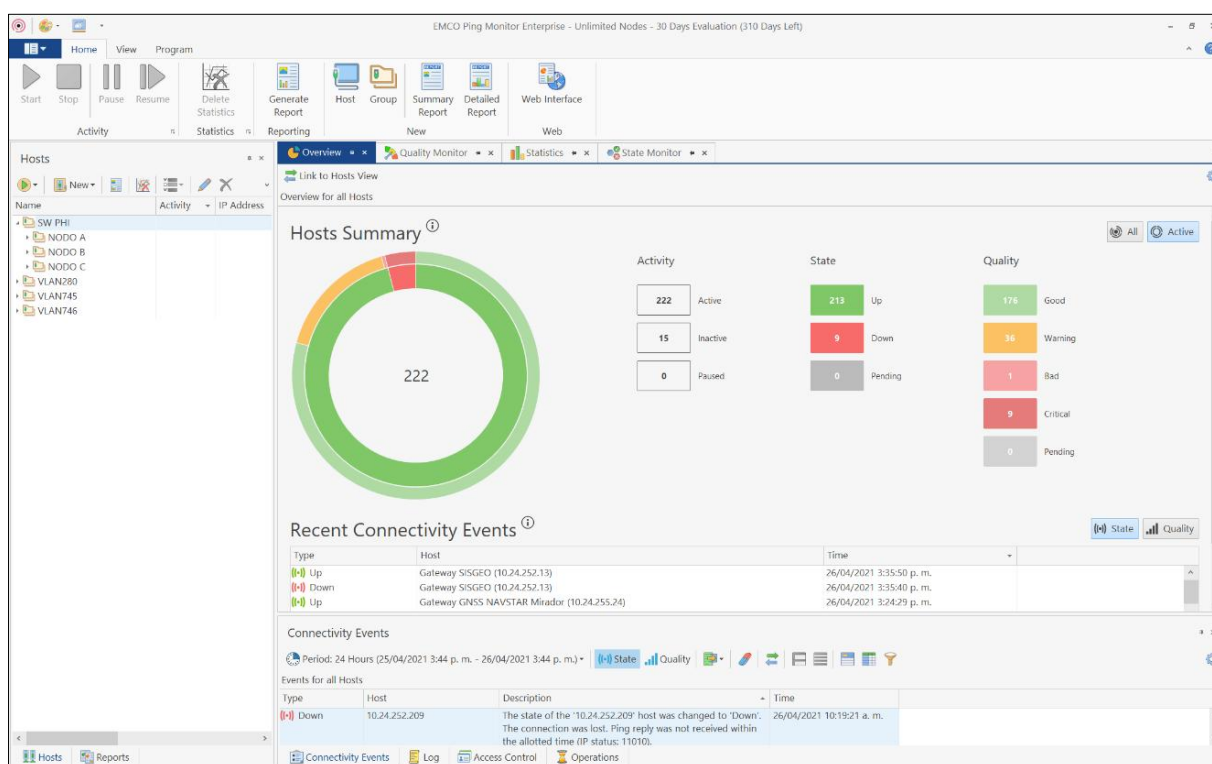
El software provee características de una interfaz que facilita identificar una falla de forma inmediata al tener ausencia de comunicación, lo cual es el resultado más común cuando se presenta algún inconveniente con los equipos, de igual forma nos muestra la calidad del enlace de comunicación por medio de colores.

- Verde: Buena calidad del enlace

- Amarillo: Calidad del enlace aceptable con pérdida de paquetes de información.
- Rosado: Calidad del enlace en punto crítico, con pérdida de paquetes, pero aún está transmitiendo información.
- Rojo: Pérdida del enlace de comunicaciones.

El software también arroja un resumen de calidad de los enlaces de información, del mismo modo es posible visualizar esta información de forma individual en cada uno de los hosts creados en el proyecto.

**Figura 42.** Visualización del resumen de calidad de los enlaces de los Host (EMCO Ping)



*Fuente:* (EPM, 2021)

#### **4.2.1. Configuración de equipos**

En algunas ocasiones es necesario realizar configuraciones de equipos, debido a que sus valores de fabrica se restablecen, pierden la configuración, instalación de nuevos equipos o en su defecto se debe realizar el restablecimiento de fabrica porque quedan en un estado de falla, los cuales están incluidos en los anexos 7,8,9 y 10 de este documento.

Los equipos que generalmente se configuran son:

- Cámaras de CCTV
- Radio enlaces
- Datalogger
- AVW200 (Modulo periférico de Datalogger)

### **5. Mantenimiento de equipos**

#### **5.1. Mantenimiento preventivo**

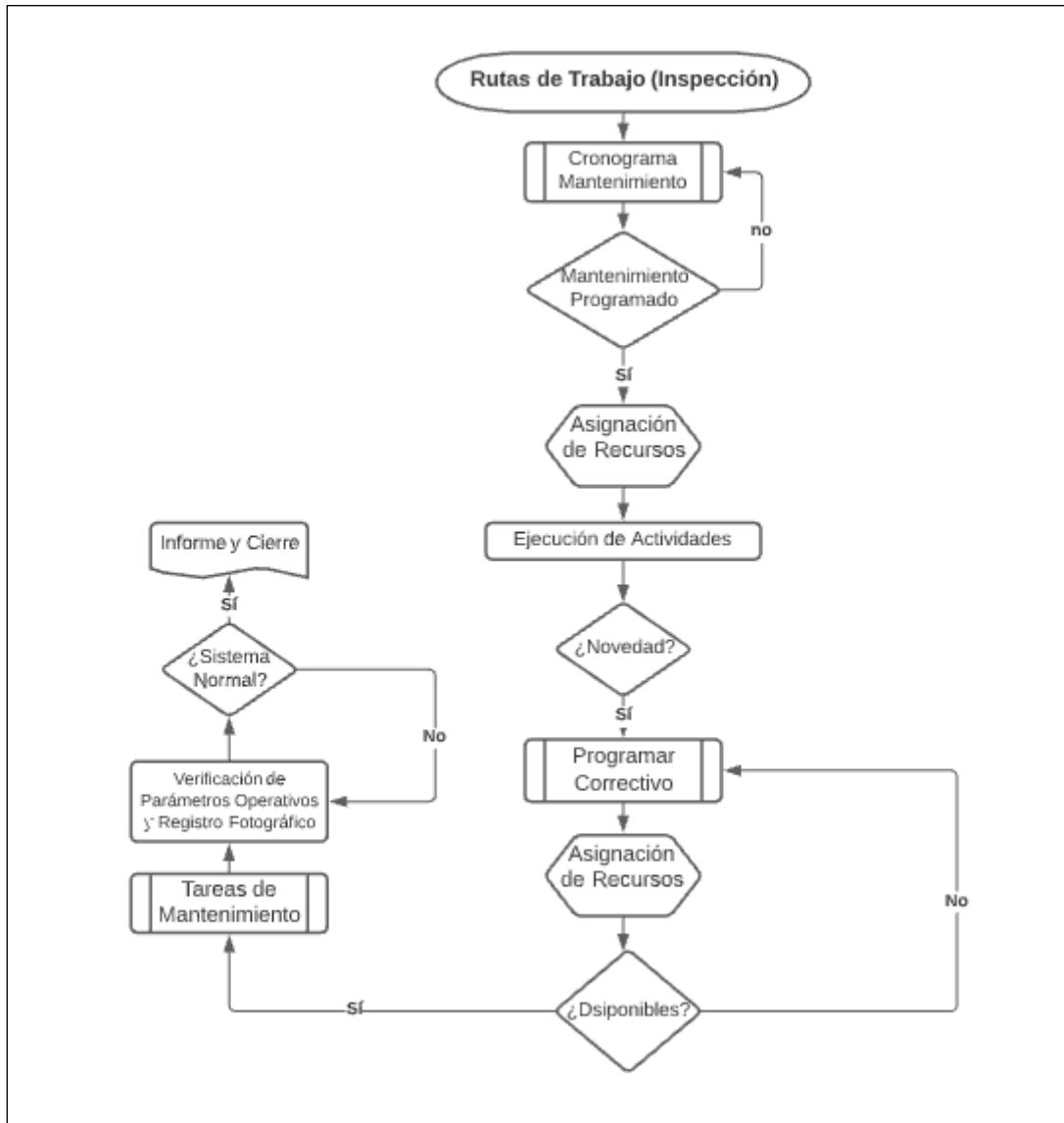
En aras de un buen funcionamiento de los equipos se requiere realizar actividades preventivas para reducir la posibilidad de fallas, debido al volumen de equipos asociados a las estaciones de trabajo, se consideró incluir la mayor parte de estos en el alcance del contrato de mantenimiento de las instalaciones del campamento que ejecuta la empresa ELITE determinando una frecuencia de mantenimiento.

##### **5.1.1. Coordinación de mantenimientos preventivos, aplicación Mantúm**

El contratista posee unas actividades específicas previamente programadas, sin embargo, en ocasiones se presentan fallas o cambios de ubicación de equipos que requieren una atención fuera de la programación. Este contratista implemento la aplicación de Mantúm ver figura 44,

para el control del alcance de estas actividades y por medio de solicitudes en la plataforma les dan direccionamiento a las órdenes de trabajo mediante un procedimiento establecido que se puede visualizar en el diagrama de flujo de la figura 43.

**Figura 43.** Diagrama de flujo de esquema de mantenimiento del contratista ELITE



*Fuente:* (EPM, 2021)



**Figura 44.** Vista de las solicitudes de actividades en la plataforma Mantúm

Código	F. Creación	Fecha Esperada	Entidad Asociada	Solicitante	Descripción	Prioridad	Tipo S.S.	Estado	Área	%	ANS	O.T
00577	2021-04-18 16:41	2021-04-20 17:00	19.04   CÁMABAS CCTV	Elkin Darío Herrera Palacio	Se solicita realizar el desmonte del estalote v. linc	Media	Mejora Programada	Creada		0	2021-04-18 16:41:00	
00576	2021-04-18 11:02	2021-04-20 17:00	0223-CAM027.1 CÁMARA DESCARGA	Deily Paría Calcedo	Se solicita la reubicación de la cámara de la Cámara de CCTV	Media	Correctiva Programada	Creada		0	2021-04-18 11:02:00	

*Fuente:* (EPM, 2021)

### 5.1.2. Programación de mantenimientos y seguimiento

En conjunto con el contratista ELITE se concertó una programación y frecuencia de mantenimiento preventivo a los equipos, también se incluyó los servicios para apoyo en restablecimiento de equipos, instalación de nuevos equipos y reubicación.

Con esta información se hace el seguimiento y verificación de su cumplimiento lo cual es de suma importancia para evitar posibles fallas y prevenir algunas, gracias a las inspecciones que se encuentran en el alcance del contrato.

Las actividades de mantenimiento se identifican por ítem de acuerdo con la estación de monitoreo y los equipos que están asociados a la misma como esta descrito en la figura 45.

**Figura 45.** Ítems de mantenimiento de los equipos del CMT

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CENTRO DE MONITOREO TECNICO		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO
<b>EQUIPOS CENTRO DE MONITOREO TECNICO</b>		
<b>1</b>	<b>CAMARAS CCCTV</b>	
1.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de Cámaras	Mensual
1.2	Traslado, reubicación e instalación de Cámaras de CCTV	Por servicio
1.3	Restablecimiento de radio enlaces, reset de equipos	Por servicio
1.4	Mantenimiento, limpieza, ajuste de tableros, convertidores de medios, fuentes de alimentación, UPS asociadas a los equipos	Mensual
1.5	Instalación y conexionado de cable UTP, patch cord UTP y patch cord de fibra óptica	Por servicio
<b>2</b>	<b>SISMOLOGIA</b>	
2.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de tableros	Mensual
2.2	Mantenimiento, limpieza, ajuste, de paneles solares y antenas de radio enlaces	Mensual
2.3	Verificación de medidas de tensión, corriente AC y DC	Mensual
2.4	Verificación de medidas tensión y corriente de DC en baterías	Mensual
2.4	Restablecimiento de radio enlaces, reset de equipos	Por servicio
<b>3</b>	<b>HIDROMETRIA</b>	
3.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de tableros, convertidores de medios, datalogger, fuentes de alimentación y UPS asociadas a los equipos	Mensual
3.2	Instalación y empalmes de cableado de control para la instrumentación.	Por servicio
3.3	Mantenimiento a cableado de control, verificación, fijación y puntos de anclaje de la ruta	Mensual
3.4	Restablecimiento de comunicaciones, reset de equipos	Por servicio
3.5	Apoyo para restablecimiento de medida de equipos de instrumentación (correntómetro, sensores tipo radar y piezómetros).	Por servicio
3.6	Instalación y conexionado de cable UTP, patch cord UTP y patch cord de fibra óptica	Por servicio
<b>4</b>	<b>RADARES</b>	
4.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de tableros y equipos	Mensual
4.2	Instalación y conexionado de cable UTP, patch cord UTP y patch cord de fibra óptica	Por servicio
4.3	Carga de combustible para autonomía del radar FX	Por servicio
4.4	Restablecimiento de comunicaciones, reset de equipos	Por servicio
4.5	Mantenimiento, limpieza, ajuste de convertidores de medios, fuentes de alimentación y UPS asociadas a los equipos	Mensual
<b>5</b>	<b>GEODESIA</b>	
5.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de tableros	Mensual
5.2	Mantenimiento, limpieza, ajuste, de paneles solares, antenas de radio enlaces	Mensual
5.3	Verificación de medidas de tensión, corriente AC y DC	Mensual
5.4	Restablecimiento de radio enlaces, reset de equipos	Por servicio
5.5	Verificación de medidas tensión y corriente de DC en baterías	Mensual
<b>6</b>	<b>SALA DE CENTRO DE MONITOREO TECNICO</b>	
6.1	Mantenimiento, limpieza, ajuste de Servidores de las estaciones del centro de monitoreo técnico.	Mensual
6.2	Limpieza, ajustes de ODF, Cableado UTP, regletas multitoma 120 VAC, Patch Panel y Rack	Mensual
6.3	Limpieza, ajuste del tablero de fuerza	Mensual
6.4	Mantenimiento sistema de iluminación (Cambio o reparación de luminarias)	Mensual
6.5	Mantenimiento limpieza general de videowall y rack.	Mensual
<b>7</b>	<b>TABLEROS DE COMUNICACIONES PRINCIPALES</b>	
7.1	Limpieza, ajustes de ODF, Cableado UTP, regletas multitoma 120 VAC, Patch Panel y Rack.	Mensual
7.2	Instalación y conexionado de cable UTP, patch cord UTP y patch cord de fibra óptica	Por servicio
7.3	Limpieza, ajuste y conexionado de SW de comunicaciones.	Mensual

*Fuente:* Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES

Durante la ejecución de este proyecto se plantearon diversos objetivos, lo cual se concluyó de manera exitosa.

- ✓ El establecer una metodología de soporte para los equipos del Centro de Monitoreo técnico, fue algo apropiado para dar respuesta a las fallas que eventualmente se presentan y que por consiguiente afectan las actividades de monitoreo.
- ✓ La recopilación de la información de los equipos como las fichas técnicas y características es una herramienta fundamental para el conocimiento del funcionamiento de estos, al igual que sirve para mejorar su intervención y evita errores de manipulación.
- ✓ EL tener completamente el direccionamiento IP de todos los equipos asociados a las estaciones de monitoreo, provee varias alternativas para la identificación de fallas en los equipos, al igual que define la disponibilidad de host para la configuración de nuevos equipos en determinado segmento de red.
- ✓ La implementación de una herramienta o aplicación como el EMCO Ping facilita la identificación de una falla en uno o varios equipos a la vez, también permite asociar esta información por medio del análisis de los esquemas de red, para concluir en un posible diagnostico más acertado, también provee una solución a la respuesta oportuna para evaluación de una falla, pues se identifica al instante al perder comunicación con el host.
- ✓ Se obtuvo un procedimiento de evaluación de fallas típico, para aplicar a los equipos de cualquier estación de monitoreo, para ser ejecutado por parte del soporte técnico que le permitirá tomar las decisiones adecuadas para el restablecimiento de una falla.

## 7. RECOMENDACIONES

Adquirir un software licenciado con características similares al EMCO Ping, con una interfaz gráfica amigable que permita la verificación de la pérdida de comunicación de un equipo, en tiempo real de forma instantánea.

Desarrollar un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento que interviene los equipos, con el fin de evitar fallas humanas por errores en la ejecución de las revisiones y mantenimiento.

Socializar las características de los equipos con el personal de mantenimiento que interviene los equipos, pues al conocerlos con más detalle, sus labores de mantenimiento pueden ser más efectivas.

Realizar una continua actualización de la documentación de los equipos al igual que las tablas de direccionamiento IP.

Designar espacio en uno de los servidores, para almacenar la copia de seguridad de la configuración de equipos, al igual que la información de mayor relevancia de las estaciones de monitoreo.


## Bibliografía

- AXIS. (2021). Obtenido de <https://www.axis.com/es-co>
- Bernoconi. (23 de 04 de 2012). *Analizando Fallas* . Obtenido de <http://analizandofallas.blogspot.com>
- Burón, O. (2006). *Enseñar a aprender. Introducción a la Metacognición. Séptima edición*. España.: Ediciones Mensajero. Universidad Deusto. .
- Cabrera Trujillo, P. H. (2015). *INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA PARA MONITOREAR EL NIVEL FREÁTICO Y CALIDAD DEL AGUA CON SENSORES ELÉCTRICOS EN PIEZÓMETROS DE TUBO ABIERTO*. Obtenido de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2250/cabrera\\_ph-sanabria\\_js.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2250/cabrera_ph-sanabria_js.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Caracol Radio Medellín*. (11 de 06 de 2018). Obtenido de [https://caracol.com.co/emisora/2018/06/11/medellin/1528742049\\_839508.html](https://caracol.com.co/emisora/2018/06/11/medellin/1528742049_839508.html)
- Castillo, D. R. (2016). *ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES PARA UNA*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4539/An%C3%A1lisis%20de%20un%20sistema%20de%20telecomunicaciones%20para%20una%20microrred%20aislada%20en%20un%20entorno%20rural.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, R. A. (09 de 2014). *SERVICIO AL CLIENTE EN LOS CENTROS DE SOPORTE TÉCNICO DE COMPUTADORAS* . Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/01/01/Barrios-Rene.pdf>
- EPM. (2021).
- EPM, C. (27 de Diciembre de 2019). EPM inauguró la nueva sala de operación del C. M. T. del proyecto Ituango. Obtenido de <http://elrionegrero.com/epm-inauguro-la-nueva-sala-de-operacion-del-centro-de-monitoreo-tecnico-del-proyecto-ituango/>
- Fluke. (s.f.). *Fluke* . Obtenido de Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART: [https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/75x\\_\\_\\_\\_\\_umspa0100.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/75x_____umspa0100.pdf)
- Gutiérrez, L. A. (2011). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Mexico: Editorial Alfaomega.
- Ituango, S. H. (2016). *Proyecto Hidroeléctrico Ituango*. Obtenido de <http://www.hidroituango.com.co/proyectos/proyecto-hidroelectrico-ituango/38>
- Karol, B. B. (2017). *Sistema didáctico para el control de nivel con tanques acoplados Universidad Católica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15297>
- Miranda, A. d. (30 de 09 de 2003). *AVA NC HS EN RECURSOS HIDRÁULICOS*. Obtenido de SEGURIDAD DE PRESAS EN OPERACIÓN EN EMPRESAS PÚBLICAS DEMEDELLÍN E.S.P.: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/92922/77789>
- Miriam, A. H. (2011). *Instrumentación Geotécnica de la Presa Pillones*. Obtenido de <http://www.jorgealvahurtado.com/files/InstrumentacionGeotecnicapresaPillones.pdf>

- Moya, G. V. (21 de 05 de 2019). *Importancia y Utilización del Estándar ANSI/ISA S5.1* .  
Obtenido de Revista InTech México Automatización:  
<https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/05/21/importancia-y-utilizacion-del-estandar-ansi-isa-s5-1/>
- Ospina, V. M. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de UNAD:  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18645/1110453962.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramirez, S. E. (28 de 04 de 2020). *Caracol Radio*. Obtenido de  
[https://caracol.com.co/emisora/2020/04/28/medellin/1588073497\\_960916.html](https://caracol.com.co/emisora/2020/04/28/medellin/1588073497_960916.html)
- SIEMENS. (2021). <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10228443>.  
Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10228443>
- SISGEO. (2021). Obtenido de <https://www.latinoamerica.sisgeo.com/es/>
- SYRO, R. L. (2012). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA*. Obtenido de  
[https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/79478/1/diaz\\_propuesta\\_pyme\\_2012.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/79478/1/diaz_propuesta_pyme_2012.pdf)
- Villamil, A. C. (29 de 11 de 2019). *Universidad de los Andes*. Obtenido de  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45020/u830392.pdf?sequence=1>
- Villarroel, H. (2014). *Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniera en Mantenimiento Mecánico de UNERMB. Trabajo de Grado*. Obtenido de  
[https://www.academia.edu/41616803/Estrategias\\_metacognitivas\\_para\\_el\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_falla\\_en\\_la\\_unidad\\_curricular\\_optimizaci%C3%B3n\\_del\\_mantenimiento\\_del\\_Proyecto\\_Ingenier%C3%ADa\\_de\\_Mantenimiento\\_Mec%C3%A1nico\\_de\\_la\\_UNERMB](https://www.academia.edu/41616803/Estrategias_metacognitivas_para_el_an%C3%A1lisis_de_falla_en_la_unidad_curricular_optimizaci%C3%B3n_del_mantenimiento_del_Proyecto_Ingenier%C3%ADa_de_Mantenimiento_Mec%C3%A1nico_de_la_UNERMB)

## Anexos

## Anexo 1. Constancia de cumplimiento proyecto trabajo de grado emitida por EPM



Medellín, mayo 18 de 2021

Señores  
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
Ciudad

Asunto: Constancia cumplimiento proyecto trabajo de grado

El señor Deiby Peña Caicedo identificado con la de ciudadanía No. 5.826.265 de Ibagué (Tolima), Estudiante de pregrado en Ingeniería electrónica cumplió de manera satisfactoria con los objetivos del proyecto “Soporte técnico a equipos de instrumentación y telecomunicaciones relacionados con la estación hidrometría y los sistemas de telecomunicaciones asociados a las estaciones de monitoreo de interferometría, Geodesia, Sismología y CCTV del CMT para el desarrollo del proyecto Ituango de EPM” realizando las siguientes actividades:

- Proporcionar respuesta oportuna en caso de fallas y anomalías en los sistemas de instrumentación y telecomunicaciones de las estaciones de hidrometría mediante la elaboración de procedimientos de mantenimiento básicos.
- Diligenciar hojas de vida de los equipos de instrumentación de la estación de hidrometría.
- Elaboración de documentos con las respectivas descripciones de los equipos principales de instrumentación y telecomunicaciones con sus fichas técnicas.
- Elaboración de diagramas P&ID de la instrumentación de la estación de hidrometría.
- Elaboración de tablas de direccionamiento IP de los equipos de las estaciones de monitoreo del centro de monitoreo técnico de EPM del proyecto Ituango.

*estamos ahí.*  
Empresas Públicas de Medellín E.S.P.  
Carrera 58 N° 42-125  
Conmutador: 3808080 - Fax: 3569111  
Medellín-Colombia  
[www.epm.com.co](http://www.epm.com.co)





- Elaboración de diagramas de red de telecomunicaciones asociados a los equipos de las estaciones de monitoreo.
- Implementación de metodología para la evaluación de fallas en los equipos de las estaciones de monitoreo, mediante el seguimiento de los diagramas de flujo elaborados para dicha metodología.
- Integración de la información para consolidar un manual de soporte técnico para los equipos del Centro de Monitoreo del Proyecto Ituango.

**Michel Aljure Jimenez**  
Profesional C Experto  
Dirección Desarrollo Proyecto Ituango  
Correo: michel.aljure@epm.com.co  
Teléfono:  
Fax: (+57-4) 380 67 46  
Móvil: (+57) 317 530 3924

*estamos ahí.*

Empresas Públicas de Medellín E.S.P.  
Carrera 58 N° 42-125  
Conmutador: 3808080 - Fax: 3569111  
Medellín-Colombia  
[www.epm.com.co](http://www.epm.com.co)

## Anexo 2. Tabla de direccionamiento IP de la VLAN 280

VLAN 280 - RED DE CAMARAS PROYECTO		
IP	DESCRIPCIÓN	MAC EQUIPO
10.24.61.18	MEGAFONIA1	
10.24.61.67	RADIO ACCESS POINT UBIQUITI - AP_CMT	78:8A:20:64:4F:19
10.24.61.68	RADIO ESTACION UBIQUITI - S_CMT	78:8A:20:65:4E:D8
10.24.61.69	TORRE TRUNKING	00:40:8C:DD:A4:12
10.24.61.72	SERVIDOR DAHUA	
10.24.61.73	CAPTACION Y COMP VERTEDERO	bc:ba:c2:96:51:94
10.24.61.74	DEPOSITO LA URRAGA	AC:CC:8E:99:81:9C
10.24.61.75	SUBESTACION 500	AC:CC:8E:88:AE:CB
10.24.61.77	SUBESTACION VILLA LUZ	AC:CC:8E:88:AF:02
10.24.61.78	PORTERIA TACUI	98:df:82:32:47:06
10.24.61.79	PUENTE EL BESO - TUNEL KM 9	bc:ba:c2:96:51:8d
10.24.61.80	TUNEL VIAL Y	AC:CC:8E:88:AD:7C
10.24.61.81	MIRADOR PRESIDENCIAL	AC:CC:8E:88:AD:88
10.24.61.82	PLAZOLETA CASA MAQUINAS - DESCARGAS	AC:CC:8E:88:AD:7D
10.24.61.83	TRANSFORMADORES INFERIOR 217	AC:CC:8E:88:AD:7E
10.24.61.84	CASA MAQUINAS GENERADORES NORTE	AC:CC:8E:88:AE:E6
10.24.61.85	TUNEL VIAL PORTAL NORTE	AC:CC:8E:88:AE:E2
10.24.61.86	EPM-APP104	
10.24.61.87	TUNEL VIAL PORTAL SUR	AC:CC:8E:88:AF:0C
10.24.61.88	GALERIA CONSTRUCCION INFERIOR SUR	98:df:82:2d:58:3f
10.24.61.89	CASA MAQUINAS GENERADORES SUR	98:df:82:32:47:1a
10.24.61.90	MACHON DESCARGA INTERMEDIA	AC:CC:8E:88:AB:E7
10.24.61.91	BODEGA EL PALMAR	AC:CC:8E:88:AD:5C
10.24.61.93	TRANSFORMADORES SUPERIOR 227.8	AC:CC:8E:88:AE:BE
10.24.61.94	BODEGA TICUITA	AC:CC:8E:88:AD:3E
10.24.61.95	MACHON ALMENARAS	AC:CC:8E:88:AE:F1
10.24.61.96	PUENTE SAN ANDRES - ESTACION POLICIA	AC:CC:8E:88:AE:FA
10.24.61.97	VERTEDERO - VORTICES	AC:CC:8E:88:AE:FF
10.24.61.99	CAMARA CASA MAQUINAS DESCARGA 1	98:df:82:32:46:f9
10.24.61.100	TUNEL CHIRI PORTAL SUR	00:04:7D:2A:77:96
10.24.61.101	TUNEL CHIRI PORTAL NORTE	00:04:7D:2A:82:DC
10.24.61.102	AP CAMARA CODO UBIQUITI - AP_CODOS	00:27:22:3E:76:59
10.24.61.103	S CAMARA CODO UBIQUITI - S_CODOS	78:8A:20:65:62:D5
10.24.61.104	CAMARA CODO HIKVISION	98:df:82:32:46:fb
10.24.61.105	SERVIDOR DAHUA	
10.24.61.106	BODEGA TICUITA	98:df:82:66:55:0d
10.24.61.107	ALMENARA NORTE	98:df:82:66:55:16
10.24.61.108	NIVEL VENTANA GAD	98:df:82:66:55:0c
10.24.61.109	SERVIDOR CCTV CMT - EPMCMT-S01	
10.24.61.110	PUENTE EL BESO - PUENTE METALICO	98:df:82:49:ac:e2
10.24.61.111	CELDA TRANSFORMADORES	00:40:8C:C3:48:89
10.24.61.112	iLO 4 ProLiant	
10.24.61.115	CAMARA CISEM	44:47:cc:47:a6:e9
10.24.61.116	BODEGA CABLES MEPM	98:df:82:32:46:eb
10.24.61.117	ALMACEN CENTRAL MEPM	98:df:82:32:47:03
10.24.61.226	PORTERIA CUNI	
10.24.61.227	PORTERIA HELIPUERTO	
10.24.61.228	CAMARA HELIPUERTO	

*Fuente:* Elaboración propia

### Anexo 3. Tabla de direccionamiento IP de la VLAN 746

VLAN 746 - RED INSTRUMENTACION RADARES Y DATALOGGERS		
IP	DESCRIPCIÓN	MAC EQUIPO
10.24.252.3	SERVIDOR SADITH - WIN-9CD76VL9617	
10.24.252.10	SERVIDOR VIRTUAL SADITH - ITUANGO-SV002(SDC)	
10.24.252.11	SERVIDOR VIRTUAL SADITH - ITUANGO-SV003(REFEK)	
10.24.252.13	GATEWAY DATALOGGERS INALAMBRICOS SISGEO	
10.24.252.30	RADIO SECTORIAL2 ACCESS POINT CMT CAMBIUM - Sectorial2 CMT	00:04:56:CE:23:F4
10.24.252.31	RADIO SUSCRIPTOR CMT CAMBIUM CMT_4 CAMARA ALMENARA - S_CMT4	00:04:56:F7:96:90
10.24.252.32	RADIO SUSCRIPTOR CMT CAMBIUM CMT_5 DATALOGGER ALMENARA - S_CMT5	00:04:56:E2:F7:37
10.24.252.35	RADIO SECTORIAL ACCESS POINT MACHON - Sector_Tunel_Centro	00:04:56:CE:25:D5
10.24.252.36	RADIO SUSCRIPTOR PORTAL SUR - MACHON - Suscriptor-Portal-Sur	00:04:56:F7:8E:7E
10.24.252.41	RADIO SUSCRIPTOR PORTAL NORTE - MACHON Portal_Norte	00:04:56:F7:41:C2
10.24.252.42	RADIO ACCESS POINT MACHON - PORTAL NORTE - PTP_Portal_Centro	00:04:56:F7:3B:3E
10.24.252.43	SW GARRETCOM PORTAL NORTE	
10.24.252.45	SW GARRETCOM MACHON	00:20:06:53:f9:90
10.24.252.46	SW GARRETCOM CAPTACION	00:20:06:53:f9:00
10.24.252.47	SW GARRETCOM ALMACENADO	
10.24.252.48	SW GARRETCOM PORTAL SUR	00:20:06:53:f9:f0
10.24.252.49	SW GARRETCOM CASA MAQUINAS SUR	00:20:06:53:f8:d0
10.24.252.54	RADIO PLATO SUSCRIPTOR CMT CAMBIUM CMT_1 GML 080 - S_CMT1	00:04:56:CE:23:68
10.24.252.55	RADIO SUSCRIPTOR CMT CAMBIUM CMT_3 GML TUNEL VIAL - S_CMT3	00:04:56:F7:96:E6
10.24.252.57	RADIO SECTORIAL ACCESS POINT CMT CAMBIUM CASA MAQUINAS BALCON NORTE - Sectorial CMT	00:04:56:CE:23:67
10.24.252.58	RADIO PLATO SUSCRIPTOR CMT CAMBIUM CMT_2 GML CM SUR - S_CMT2	00:04:56:F7:46:7C
10.24.252.61	DATALOGGER- PUENTE METÁLICO CAUCA CR1000	
10.24.252.62	DATALOGGER- DESCARGA INTERMEDIA CR6	
10.24.252.63	DATALOGGER- DESCARGAS CR1000	
10.24.252.65	DATALOGGER- PUENTE - EL BESO CR800	
10.24.252.66	DATALOGGER- VERTEDERO CR800	
10.24.252.69	RADIO ENLACE RIO ITUANGO - SE 500 Kv	00:07:E7:88:64:42
10.24.252.71	DATALOGGER - RIO ITUANGO CR800	
10.24.252.72	RADIO ENLACE SE 500 Kv - RIO ITUANGO	00:07:E7:88:65:07
10.24.252.74	DATALOGGER - ALMENARA BALCON ACCESO SALA MONTAJES CR1000X	
10.24.252.75	WORKSTATION MONITOREO HIDROMETRIA CMT (2) EPMCMT05	
10.24.252.76	DATALOGGER - GAD CR1000	
10.24.252.77	DATALOGGER - CM NORTE GALERIA DE BARRAS 2 SADIGH CR1000X	
10.24.252.78	DATALOGGER - ALMENARA BALCON NORTE SADIGH CR1000X	
10.24.252.79	DATALOGGER - CASA MAQUINAS UNID 3 Y 4 SADIGH CR1000X	
10.24.252.85	EPMCMT-H01	
10.24.252.87	EPMCMT-GH02	
10.24.252.92	EPMCMT-R03	
10.24.252.99	RADAR SARX GROUNDPROBE	
10.24.252.130	REDBOX SIEMENS CASA MAQUINAS	
10.24.252.131	REDBOX SIEMENS TABLERO COMUNICACIÓN NORTE	
10.24.252.201	Workstation Monitoreo Radares CMT - EPMCMT06	
10.24.252.204	SERVIDOR RADAR FX GROUNDPROBE - EPMCMT-R02	
10.24.252.211	EPMCMT-RA02	
10.24.252.212	EPMCMT-RA03	
10.24.252.213	EPMCMT-RA04	
10.24.252.214	EPMCMT-RA05	
10.24.252.215	EPMCMT-RA06	
10.24.252.216	EPMCMT-RA07	
10.24.252.220	RADAR GML GROUNDPROBE TUNEL VIAL	
10.24.252.225	RADAR GML CAVERNA GENERADORES CASA MAQUINAS NORTE 080 - GROUNDPROBE	
10.24.252.226	RADAR FX GROUNDPROBE	
10.24.252.228	RADAR GML CAVERNA GENERADORES CASA MAQUINAS SUR Aguas abajo - GROUNDPROBE	
10.24.252.230	SERVIDOR RADAR SARX GROUNDPROBE - EPMCMT-R01	
10.24.252.232	EPMCMT-R05	

*Fuente:* Elaboración propia

**Anexo 4.** Tabla de direccionamiento IP de la VLAN 745

<b>VLAN 745 - RED DE SISMOLOGIA HIDROITUANGO - SGC</b>	
<b>IP</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
10.24.255.1	SERVIDOR PRINCIPAL SISMOLOGIA CORE
10.24.255.11	SERVIDOR SISMOLOGIA - EPMCMT07
10.24.255.12	EPMCMT-S01
10.24.255.15	WORKSTATION SISMOLOGIA - EPMCMT08
10.24.255.16	WORKSTATION GEODESIA - EPMCMT-R04
10.24.255.24	GATEWAY GNSS NAVSTAR RADARES MIRADOR PRESID.
10.24.255.25	GNSS GROUNDPROBE ROMERITO
10.24.255.28	SERVIDOR LINUX GEODESIA - EPMCMT-G01
10.24.255.34	RADIO TRIMBLE GNSS HI3
10.24.255.37	RADIO AP UBIQUITI ESTACION ROBOTICA TENCHE
10.24.255.38	RADIO S UBIQUITI ESTACION ROBOTICA TENCHE
10.24.255.40	SERVIDOR SQL GEODESIA - EPMCMT-R07
10.24.255.121	RADIO ESTACION TRIMBLE GNSS HI04
10.24.255.130	HI7C Radio Nodo Villa Luz
10.24.255.131	HI7C Digitalizador Nodo Villa Luz
10.24.255.140	HI4C Radio Tenche
10.24.255.141	HI4C Digitalizador Tenche
10.24.255.150	HI8C Radio Piscina CCC
10.24.255.151	HI8C Digitalizador Piscina CCC
10.24.255.160	Nodo El Palmar
10.24.255.170	Nodo Mirador Pres. a Base Militar
10.24.255.171	Nodo Mirador Pres. a Garita
10.24.255.180	HI2C Radio Garita
10.24.255.181	HI2C Digitalizador Garita
10.24.255.190	HI3C Radio Almacen Central
10.24.255.191	HI3C Digitalizador Almacen Central
10.24.255.200	HI1C Radio Base Militar
10.24.255.201	HI1C Digitalizador Base Militar
10.24.255.210	HI5C Radio Rio Ituango
10.24.255.211	HI5C Digitalizador Rio Ituango
10.24.255.220	HI6C Radio Mirador
10.24.255.221	HI6C Digitalizador Mirador

*Fuente:* Elaboración propia

## Anexo 5. Tabla de direccionamiento IP de los switches del Nodo A - Proyecto Ituango

SWITCH DEL PROYECTO ITUANGO						
NODO	IP	MODELO SW	SERIAL SW	MARCA	ID	LUGAR INSTALACION
A	10.63.129.1	Catalyst 4500-E Series		CISCO	PM-HDR_A/OPPP1R3-WAN-R1	CORE PRINCIPAL OFICINAS PRINCIPALES- CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.2	S5735-S48P4X	21980109434EL9000055	HUAWEI	EPM-HDR_A/SOPF1R3-WAN-S1-1	OFICINAS PRINCIPALES- CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.3	S5735-S48P4X	21980109434EL9000047	HUAWEI	EPM-HDR_A/CECP1R1-WAN-S1-1	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.4	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J5604199	HUAWEI	EPM-HDR_A/LABP1R1-WAN-S1	LABORATORIO CUARTO DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.5	S5735-S24P4X	21980109404EL8002073	HUAWEI	EPM-HDR_A/PROP1R1-WAN-S1	PROVEEDURIA-RACK DENTRO DE OFICINA PISO 1
A	10.63.129.6	S5735-S48P4X	21980109434EL9000036	HUAWEI	EPM-HDR_A/ADMP1R1-WAN-S1-1	LOGISTICA-CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
A	10.63.129.7	S5735-S24P4X	21980109404EL8002077	HUAWEI	EPM-HDR_A/TACPOR-WAN-S1	PORTERIA TACUI- CUARTO DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.9	S5735-S24P4X	21980109404EL8001965	HUAWEI	EPM-HDR_A/VLZP1R1-WAN-S1	SUBSTACION VILLA LUZ- CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 2
A	10.63.129.11	S5735-S24P4X	21980109404EL8001987	HUAWEI	EPM-HDR_A/TKGP1R1-WAN-S1	RODAS- CUARTO DE EQUIPOS ELECTRONICOS
A	10.63.129.12	S5735-S24P4X	21980109404EL8001998	HUAWEI	EPM-HDR_A/S/EAPP1R1-WAN-S1	SUBSTACION CAPITANES
A	10.63.129.13	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500596	HUAWEI	HDR-NOD-A-PRIA-PTESAN_ANDRES	ESTACION DE POLICIA- RACK A LA ENTRADA DE LA ESTACION
A	10.63.129.14	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601255	HUAWEI	EPM-HDR_A/VTDP1R1-WAN-S1	CASETA DE VIGILANCIA VERTEDERO
A	10.63.129.16	S5735-S24P4X	21980109404EL8001963	HUAWEI	HDR-NOD-A-TICUITA-SW1	TALLER TICUITA
A	10.63.129.17	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601292	HUAWEI	EPM-HDR_A/C/MP1R1-WAN-S1	TABLERO COMUNICACIONES CULATA NORTE CASA MAQUINAS
A	10.63.129.18	S5735-S24P4X	21980109404EL8002020	HUAWEI	EPM-HDR_A/UGRLP1R1-WAN-S1	UGRL UNIDAD GESTION DE RIESGOS- PLAZOLETA ENTRADA CASA DE MAQUINAS
A	10.63.129.19	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601078	HUAWEI	EPM-HDR_A/OPPP1R1-WAN-S1	OFICINAS PRINCIPALES - CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.20	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J5602762	HUAWEI	EPM-HDR_A/LOGP1R1-WAN-S1	LOGISTICA - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
A	10.63.129.21	S5720-28X-PWR-LI-AC		HUAWEI	HDR-NODO-A-COM_CMT_TP_SW2	BODEGA CMT
A	10.63.129.22	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601277	HUAWEI	EPM-HDR_A/C/MP1R1-WAN-S2	TABLERO COMUNICACIONES CAVERNA DE TRANSFORMADORES
A	10.63.129.23	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601274	HUAWEI	EPM-HDR_A/CCMTP1R1-WAN-S1	CUARTO COMUNICACIONES CMT - SW SERVIDORES
A	10.63.129.24	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601275	HUAWEI	EPM-HDR_A/CFFP1R1-WAN-S1	SUBSTACION TUNEL CHIRI
A	10.63.129.25	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801060625J9600457	HUAWEI	EPM-HDR_A/SUB500-WAN-S1	SUBSTACION 500 PISO 3 CUARTO SCADA
A	10.63.129.26	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J5603393	HUAWEI	HDR-NOD-A-KM_12-SW	SUBSTACION TUNEL KM 12 - PORTAL NORTE
A	10.63.129.27	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J9605332	HUAWEI	EPM-HDR_A-CNTP1R1-WAN-S3	MIRADOR DEL PRESIDENTE - MARGEN IZQUIERDA
A	10.63.129.28	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801060625J9600451	HUAWEI	EPM-HDR_A/CNTP1R1-WAN-S1	SUBSTACION 500 - BERMA 474
A	10.63.129.29	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J5603394	HUAWEI	EPM-HDR_A/SUB500P1R1-WAN-S2	SUBSTACION 500 PISO 3 CUARTO MULTIPLEXOR
A	10.63.129.30	S5720-52X-LI-AC	219801060625J9600448	HUAWEI	EPM-HDR_A/CCMTP1R1-WAN-S2	CUARTO COMUNICACIONES CMT - SW OFICINA
A	10.63.129.31	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J5603392	HUAWEI	EPM-HDR_A/CNTP1R1-WAN-S3	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.32		219801058125J5603396	HUAWEI	EPM-HDR_A/GADP1R1-WAN-S1	GALERIA AUXILIAR DE DESCARGA - GAD
A	10.63.129.33	S5720-52X-LI-AC	219801060625J9600449	HUAWEI	EPM-HDR_A/SOPF1R1-WAN-S2	OFICINAS PRINCIPALES - CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.34	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801059325J8601286	HUAWEI	EPM-HDR_A/CISEMP1R1-WAN-S1	CISEM - VIGILANCIA
A	10.63.129.35	S5735-S24P4X	21980109404EL8002396	HUAWEI	EPM-HDR_A/CNTP1R1-WAN-S4	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.36	S5720-28X-PWR-LI-AC	219801058125J5603397	HUAWEI	EPM-HDR_A/DESCP1R1-WAN-S1	DESCARGA INTERMEDIA (COMPUERTA RADIAL ZONA INFERIOR)
A	10.63.129.37	S5735-S24P4X	21980109404EL8002202	HUAWEI	HDR-NOD-A-TICUITA-SW2	TICUITA - 2 OFICINAS INTEGRAL
A	10.63.129.38	S5735-S24P4X	21980109404EL8002051	HUAWEI	EPM-HDR_A/TAC-WAN-S3	TICUITA - 3 MONTAJES EPM
A	10.63.129.39	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500916	HUAWEI	EPM-HDR_A-DCGP1R1-WAN-S1	DESCARGA 1-2
A	10.63.129.40	S5735-S24P4X	21980109404EL8002060	HUAWEI	EPM-HDR_A/OFPALP1R1-WAN-S2	OFICINAS ATB & EPM PALMAR
A	10.63.129.41	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500856	HUAWEI	EPM-HDR_A/PTEBEP1R1-WAN-S1	PUENTE EL BESO (HURTADO 14/03/2021 DESALOJO MINEROS)
A	10.63.129.41	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500896	HUAWEI	EPM-HDR_A/PTEBEP1R1-WAN-S1	PUENTE EL BESO
A	10.63.129.42	S5735-S24P4X-PoE	21980109404EL8002267	HUAWEI	EPM-HDR_A/S/EVLP1R1-WAN-S1	SE VILLA LUZ NUEVA
A	10.63.129.44	S5735-S48P4X	21980109434EL9000037	HUAWEI	EPM-HDR_A/SOPF1R1-WAN-S1-2	OFICINAS PRINCIPALES- CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.45	S5735-S48P4X	21980109434EL9000054	HUAWEI	EPM-HDR_A/SOPF1R1-WAN-S1-3	OFICINAS PRINCIPALES- CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.46	S5735-S48P4X	21980109434EL9000055	HUAWEI	EPM-HDR_A/SOPF1R1-WAN-S1-4	OFICINAS PRINCIPALES- CABECERA DE COMUNICACIONES
A	10.63.129.47	S5735-S24P4X	21980109404EL8002152	HUAWEI	EPM-HDR_A/ADMP1R1-WAN-S1-2	LOGISTICA-CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 2
A	10.63.129.48	S5735-S48P4X	21980109434EL9000046	HUAWEI	EPM-HDR_A/CECP1R1-WAN-S1-2	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.49	S5735-S48P4X	21980109434EL9000045	HUAWEI	EPM-HDR_A/CECP1R1-WAN-S1-3	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.50	S5735-S48P4X	21980109343EL9000031	HUAWEI	EPM-HDR_A/CECP1R1-WAN-S1-4	OFICINAS PRINCIPALES. CEC AUXILIAR CERCA ZONA 2
A	10.63.129.51	WS-C2960S-48PPS-LV03	FOC1619X00C	CISCO	EPM-HDR_A/OFL_GEN_ELEC-WAN-S1	OFICINAS PRINCIPALES - MODULOS OFICINAS GENERAL ELECTRIC
A	10.63.129.52	WS-C2960S-24PS-LV04	FOC1905W3QJ	CISCO	EPM-HDR_A/GELECT-WAN-S1	CONTENEDOR GENERAL ELECTRIC TICUITA
A	10.63.129.53	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500865	HUAWEI	EPM-HDR_A/SE500-BOX-WAN-S1	BOX CULVERT SUBSTACION 500 TRUNKIN
A	10.63.129.54	ARS50C-2CG6E	215001030125LA500920	HUAWEI	EPM-HDR_A/TENCHE-ROBOT-WAN-S1	TENCHE - ESTACION ROBOTICA
A	10.63.129.55	WS-C2960S-24PS-LV03	FOC1617Z6DX	CISCO	EPM-HDR_A/TALL_ATB-WAN-S1	TALLER ATB EL PALMAR
A	10.63.129.56	S5701-28X-LI-AC	2102357675DMG0000099	HUAWEI	EPM-HDR_A/CAP_AMPL-WAN-S1	SUBSTACION CAPITANES AMPLIACION

Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. enero de 2021

*Fuente:* Elaboración propia

## Anexo 6. Tabla de direccionamiento IP de los switches del Nodo B y C - Proyecto Ituango

SWITCH DEL PROYECTO ITUANGO						
NODO	IP	MODELO SW	SERIAL SW	MARCA	ID	LUGAR INSTALACION
B	10.63.129.129			CISCO	HDR-NOD-B-3750X CORE	CORE COMUNICACIONES NODO B CASINO TACUI
B	10.63.129.130	S5735-S48P4X	21980109434EL9000057	HUAWEI	EPM-HDR_B/CSNP1R1-WAN-S1	CASINO TACUI- CUARTO DE COMUNICACIONES-PISO PRINCIPAL
B	10.63.129.131	S5735-S24P4X	21980109404EL8002292	HUAWEI	EPM-HDR_B/VIVP1R1-WAN-S1B1	CASA 2- CUARTO DE COMUNICACIONES-PISO 1- INGRESO TRASERO
B	10.63.129.132	S5735-S24P4X	21980109404EL8002159	HUAWEI	EPM-HDR_B/VIVP1R1-WAN-S1B4	CASA 8 - CUARTO DE COMUNICACIONES-PISO 1- INGRESO TRASERO
B	10.63.129.136	S5735-S24P4X	21980109404EL8001976	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7A1	BLOQUE TACUI 1 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.137	S5735-S24P4X	21980109404EL8002297	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7A2	BLOQUE TACUI 2 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.138	S5735-S24P4X	21980109404EL8002201	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7A3	BLOQUE TACUI 3 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.139	S5735-S24P4X	21980109404EL8001972	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7A4	BLOQUE TACUI 4 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.140	S5735-S24P4X	21980109404EL8002147	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7A5	BLOQUE TACUI 5 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.141	S5735-S24P4X	21980109404EL8001983	HUAWEI	HDR-NOD-B-SW-7A-6	BLOQUE TACUI 6 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.142	S5735-S24P4X	21980109404EL8001974	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B14	BLOQUE TACUI 14 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.143	S5735-S24P4X	21980109404EL8002063	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B12	BLOQUE TACUI 15 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.144	S5735-S24P4X	21980109404EL8002059	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B1_3	BLOQUE TACUI 16 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.145	S5735-S24P4X	21980109404EL8002053	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B1_4	BLOQUE TACUI 17 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.146	S5735-S24P4X	21980109404EL8002071	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B1_5	BLOQUE TACUI 18 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.147	S5735-S24P4X	21980109404EL8002142	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B2-1	BLOQUE TACUI 7 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.148	S5735-S24P4X	21980109404EL8002143	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B2_2	BLOQUE TACUI 8 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.149	S5735-S24P4X	21980109404EL8002068	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B2_3	BLOQUE TACUI 9 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.150	S5735-S24P4X	21980109404EL8002016	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B2-4	BLOQUE TACUI 10 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.151	S5735-S24P4X	21980109404EL8002306	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B2_5	BLOQUE TACUI 11 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.152	S5735-S24P4X	21980109404EL8002058	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B26	BLOQUE TACUI 12 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.153	S5735-S24P4X	21980109404EL8002150	HUAWEI	EPM-HDR_B/P1R1-WAN-S7B27	BLOQUE TACUI 13 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
B	10.63.129.154	S5735-S24P4X	21980109404EL8001966	HUAWEI	EPM-HDR_B/CCMP1R1-WAN-S1	CASETA- APARTAESTUDIOS- PARQUEADEROS APARTAESTUDIOS
B	10.63.129.161	S5735-S24P4X	21980109404EL8002054	HUAWEI	EPM-HDR_B/PPBP1R1-WAN-S1	PLANTA DE POTABILIZACION CASETA DE OFICINA
C	10.63.129.193			CISCO	HDR-NOD-C-3750-CORE	CORE COMUNICACIONES NODO C PUESTO DE SALUD
C	10.63.129.194	S5735-S48P4X	21980109434EL9000049	HUAWEI	EPM-HDR_C/CSNP1R1-WAN-S1	CASINO CUNI - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO PRINCIPAL
C	10.63.129.195	S5735-S24P4X	21980109404EL8002055	HUAWEI	EPM-HDR_C/PSLP1R1-WAN-S1	PUESTO SALUD - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.196	S5735-S24P4X	21980109404EL8002291	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15A-1	BLOQUE CUNI 1 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.197	S5735-S24P4X	21980109404EL8002109	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15A-2	BLOQUE CUNI 2 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.198	S5735-S24P4X	21980109404EL8002076	HUAWEI	EPM-HDR_C/P1R1-WAN-S15A3	BLOQUE CUNI 3 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.199	S5735-S24P4X	21980109404EL8002056	HUAWEI	EPM-HDR_C/P1R1-WAN-S15B1	BLOQUE CUNI 4 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.200	S5735-S24P4X	21980109404EL8002151	HUAWEI	EPM-HDR_C/P1R1-WAN-S15B2	BLOQUE CUNI 6 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.201	S5735-S24P4X	21980109404EL8001961	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15B-3	BLOQUE CUNI 8 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.202	S5735-S24P4X	21980109404EL8002380	HUAWEI	EPM-HDR_C/P1R1-WAN-S15B4	BLOQUE CUNI 5 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.203	S5735-S24P4X	21980109404EL8002422	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15B-5	BLOQUE CUNI 7 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.204	S5735-S24P4X	21980109404EL8002110	HUAWEI	EPM-HDR_C/P1R1-WAN-S15B6	BLOQUE CUNI 9 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.205	S5735-S24P4X	21980109404EL8002112	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15B-7	BLOQUE CUNI 10 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.206	S5735-S24P4X	21980109404EL8002190	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15B-8	BLOQUE CUNI 13 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.208	S5735-S24P4X	21980109404EL8002064	HUAWEI	EPM-HDR_C/PORP1R1-WAN-S1	PORTERIA CUNI- CUARTO DE COMUNICACIONES
C	10.63.129.209	S5735-S24P4X	21980109404EL8002157	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15C-1	BLOQUE CUNI 12 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.210	S5735-S24P4X	21980109404EL8001988	HUAWEI	HDR-NOD-C-SW-15C-2	BLOQUE CUNI 11 - CUARTO DE COMUNICACIONES PISO 1
C	10.63.129.211	WS-C2960S-24PS-L V03	FOC1618Y0EB	CISCO	EPM-HDR_C/HELP1R1-WAN-S1	RACK COMUNICACIÓN BAÑO CAMERINOS HELIPUERTO



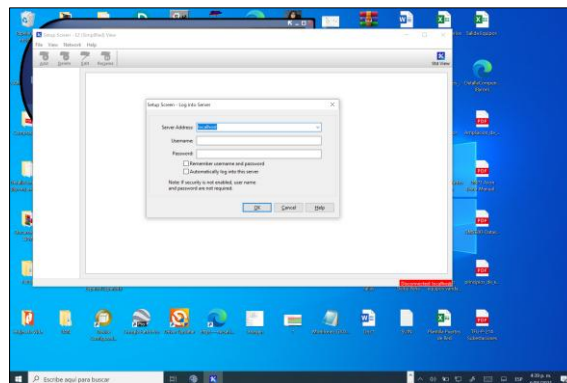
Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7. Instructivo de configuración a un datalogger

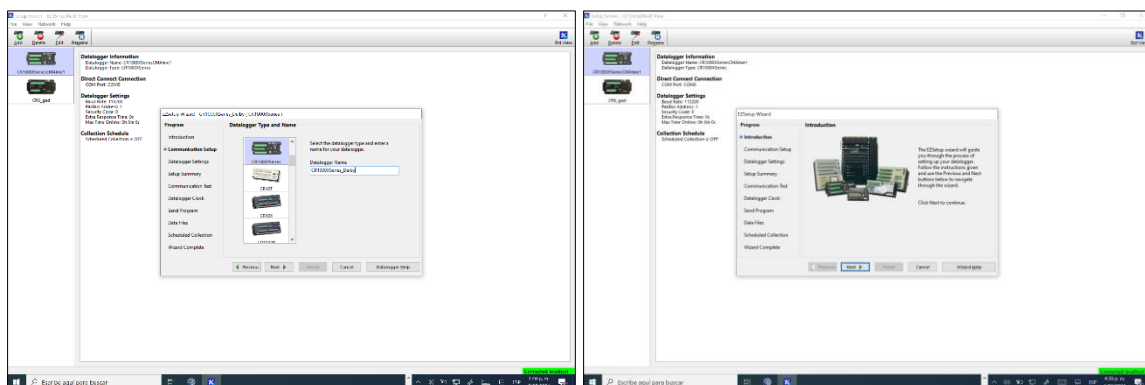
1. Se abre la aplicación loggernet y seleccionamos la opción “Setup”



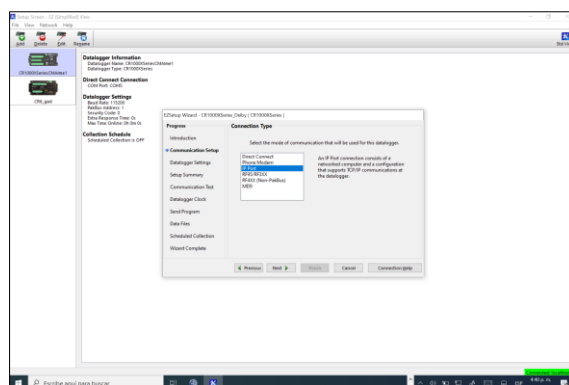
2. Luego indicamos el servidor como local “OK”



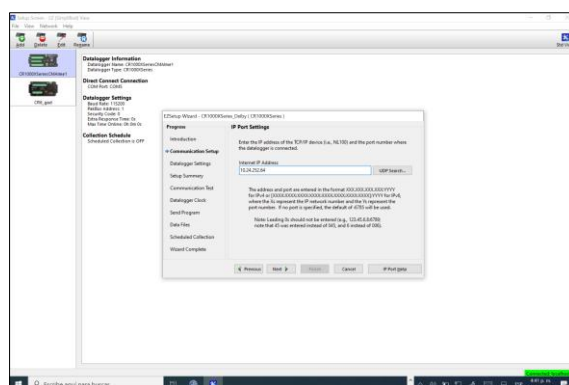
3. Ahora debemos agregar “Add” la referencia de datalogger a la cual nos queremos conectar, si está incluida en nuestros proyectos previamente creados (Si existen) de lo contrario lo creamos colocándole un nombre.



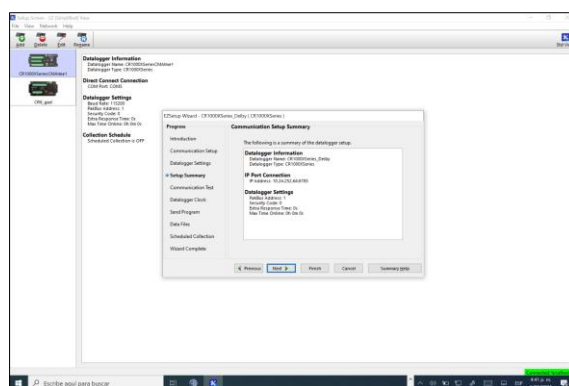
4. Seleccionamos el medio de conexión, generalmente se realiza por conexión directa que es por cable USB o por red la opción “IP Port” la cual es la indicaremos a continuación.



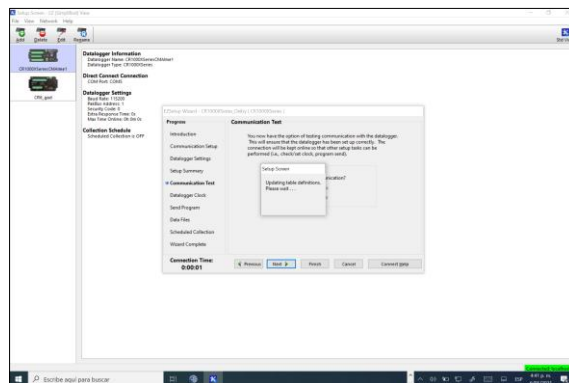
5. Escribimos la dirección IP previamente configurada



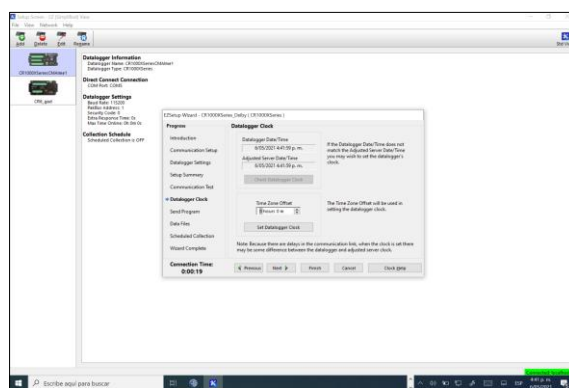
6. Ahora validamos los parámetros de conexión aplicando la opción “Next”.



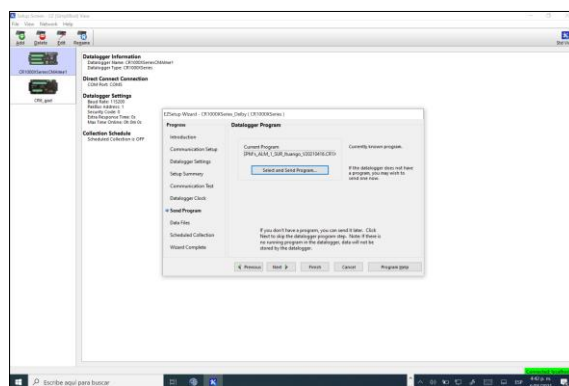
7. Realizamos el test de comunicación de ser exitoso continuamos a la siguiente etapa.



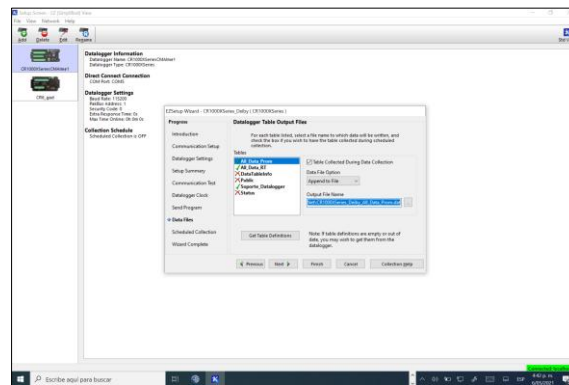
8. Se ajusta el reloj para la estampa de tiempo, de no coincidir en el momento con la que real.



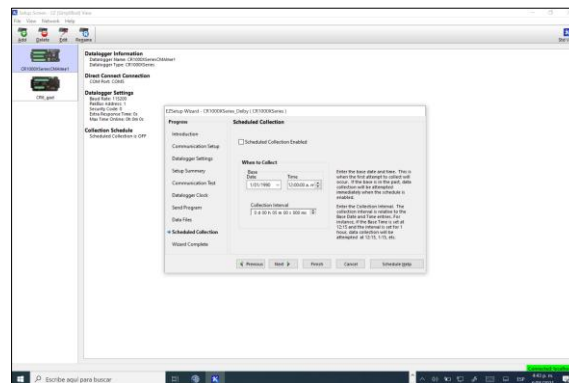
9. Si el datalogger tenía cargado el programa previamente opción "Next" de lo contrario seleccionamos el programa y lo enviamos a la memoria del equipo.



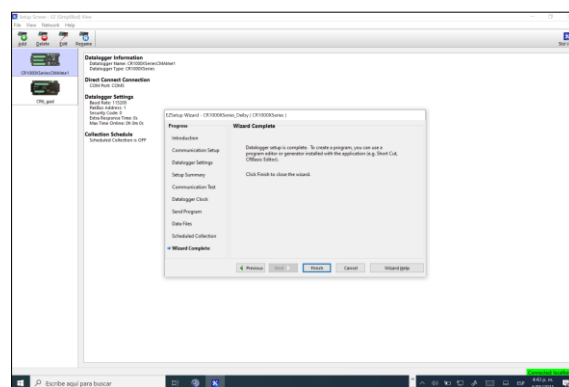
10. Confirmamos el tipo de archivos requeridos de salida del datalogger y nuevamente opción “Next”.



11. Esta opción es si deseamos tomar o recoger datos en un tiempo determinado o programado que nos exporte la data. Si no se utiliza aplicamos la opción “Next”.



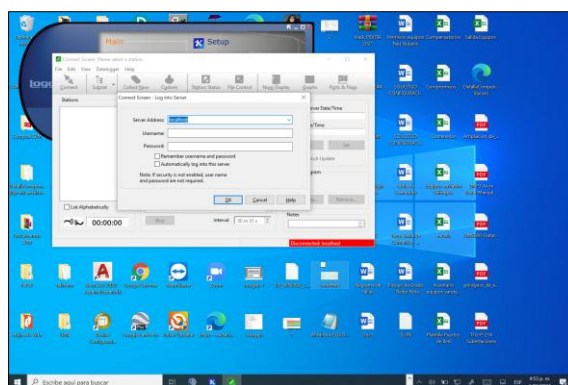
12. Finalmente se ha concluido la configuración para la conexión con el datalogger y aplicamos “Finish”.



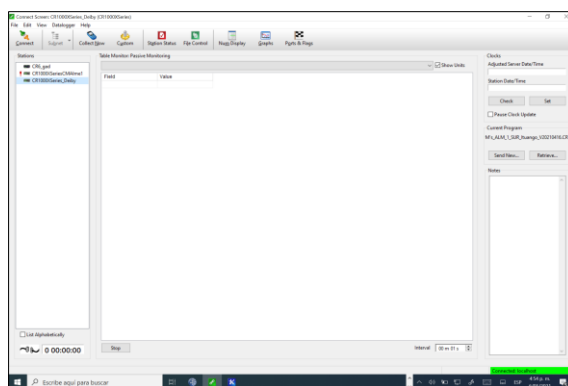
13. Ahora volvemos al menú del datalogger y seleccionamos la opción “Connect”.



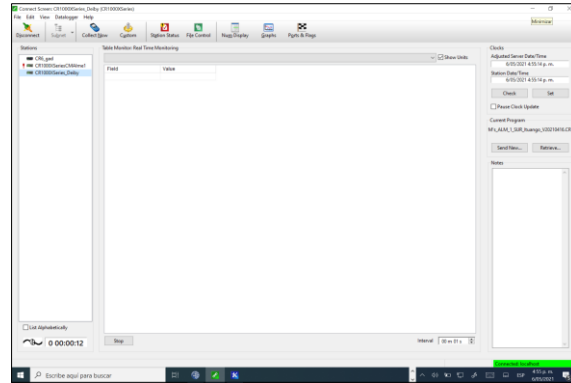
14. Luego indicamos el servidor como local “OK”.



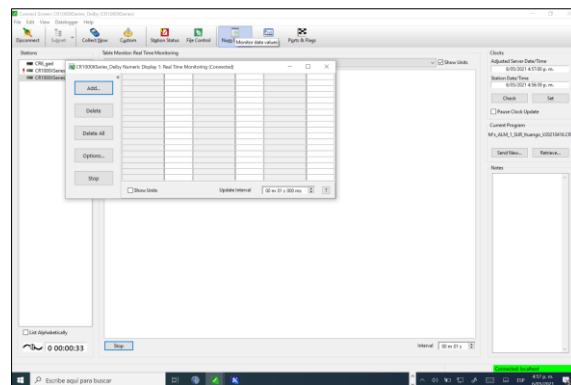
15. Seleccionamos el datalogger que creamos.



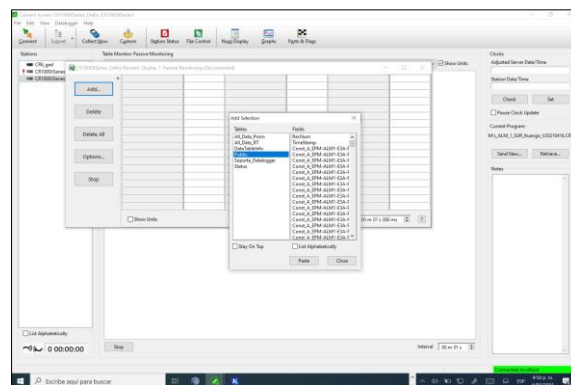
16. Ahora aplicamos la opción de “Connect” si observamos el tiempo de conexión podremos confirmar que fue exitosa.



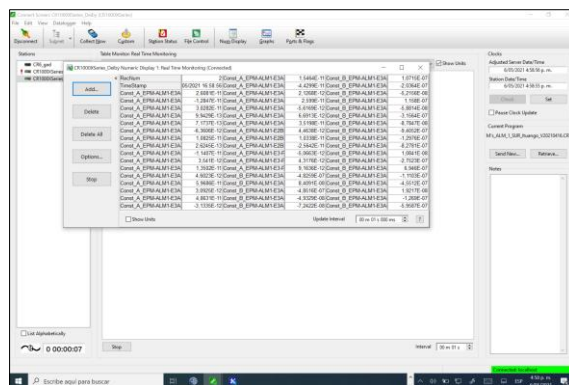
17. El siguiente paso es agregar un “Num Display” para las variables que deseamos visualizar seleccionamos “Add”.



18. Seleccionamos la opción “Public” que incluye todas las variables que se desea visualizar desde que se realizó el programa.



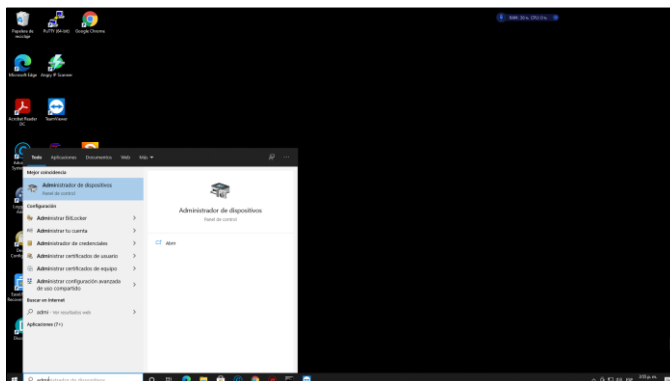
19. Por último, tenemos la visualización requerida de las variables en el display de pantalla en el PC que seleccionamos.



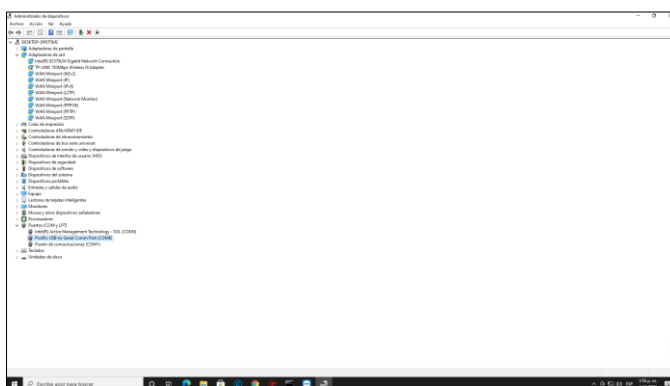
*Fuente:* Elaboración propia

## Anexo 8. Instructivo de configuración AVW200

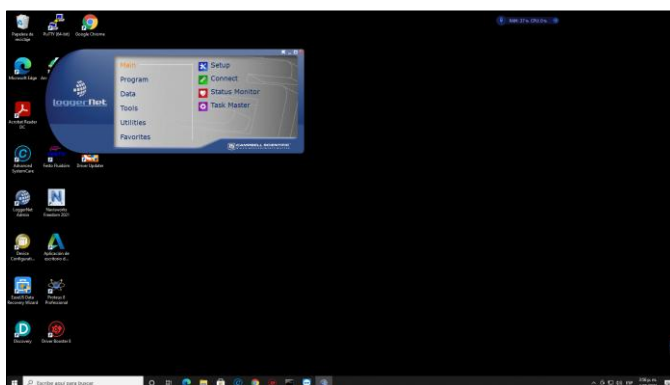
1. Se realiza la conexión del equipo al PC por cable USB a serial RS-232 se ingresa por administrador de dispositivos en el equipo.



2. Se debe verificar inicialmente el controlador del cable serial y el puerto COM de la conexión USB.

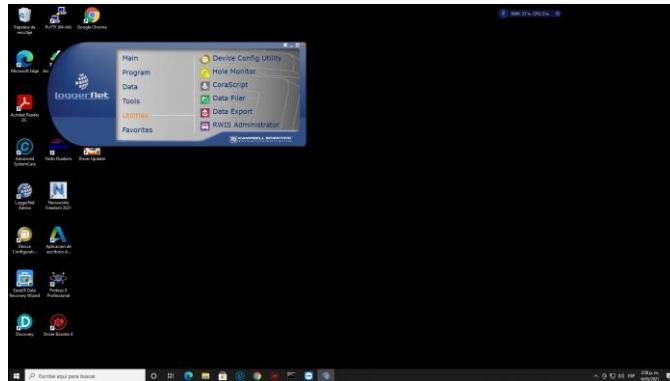


3. Se ingresa al menú del software loggernet.





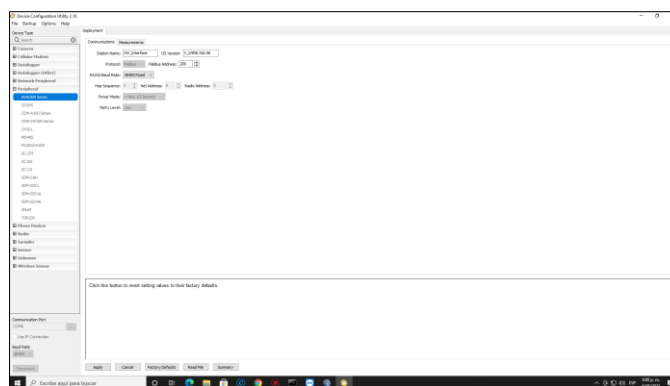
4. Seleccionamos la opción “Utilities” y en ella la opción “Device Config Utility”.



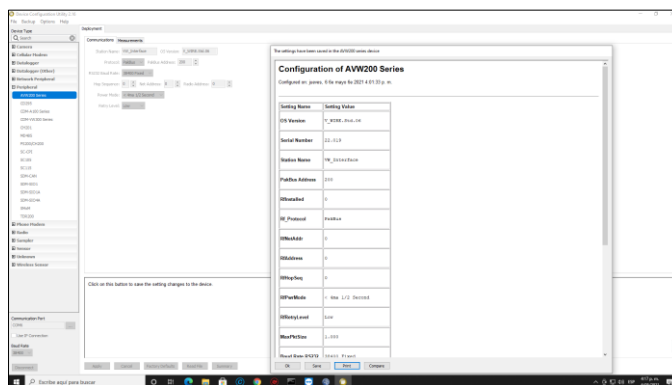
5. Ahora buscamos el equipo al cual nos vamos a conectar por este medio, para este caso el equipo es un periférico, seleccionamos la referencia “AVW200 Series”



6. Seleccionamos la opción “Factory Defaults” y la ejecutamos, porque esto restablece los parámetros de configuración de fábrica, donde el Pakbus Address se ajusta a 200, la Baud Rate RS-232 en 38400, Power Mode <math>4\text{ma } \frac{1}{2}\text{ Second}</math>. Los cuales son los parámetros más relevantes.



7. Se aplica cambios y seguido a esto arroja un archivo confirmando la configuración.

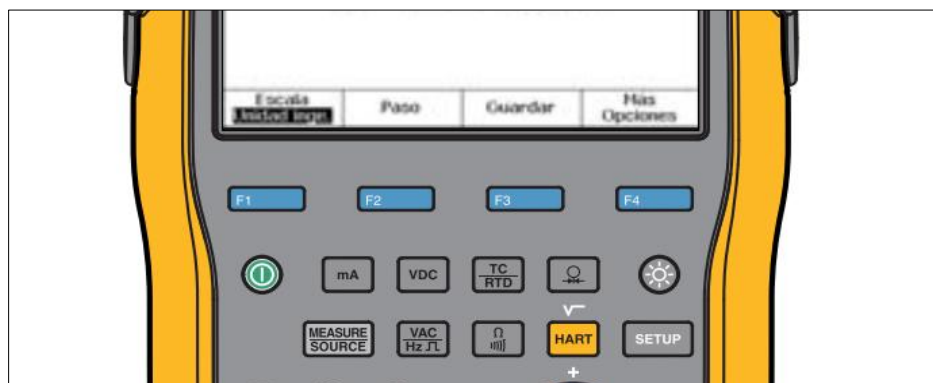


8. Se desconecta la conexión USB serial del PC al equipo y nuevamente se integra al datalogger para verificar su funcionamiento.

*Fuente:* Elaboración propia

### Anexo 9. Procedimiento para medida de lazo de corriente de piezómetros 4-20 mA

1. Luego de encendido el equipo se debe presionar el botón marcado con “mA”, para seleccionar la opción de medir corriente y segundo de esto se debe presionar el botón “Measure/Source”.
- 2.



3. Luego de presionado el botón “MEASURE/SOURCE” aparecera en la parte superior derecha del display la palabra “SOURCE” en mayusculas



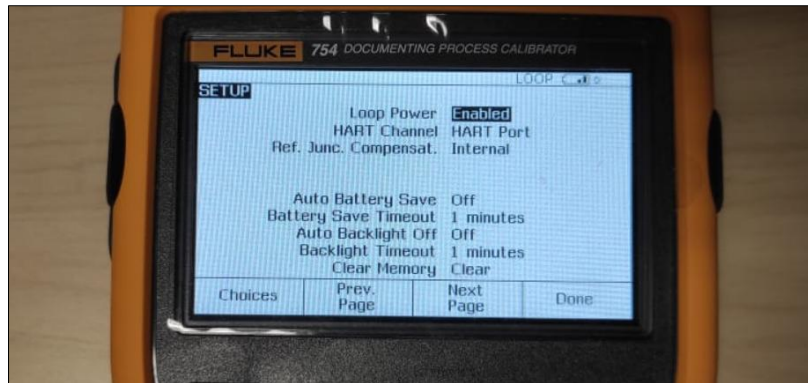
- Seguido de esto se debe presionar el boton "SETUP" y en la opción "Loop Power" se debe presionar el boton "ENTER"



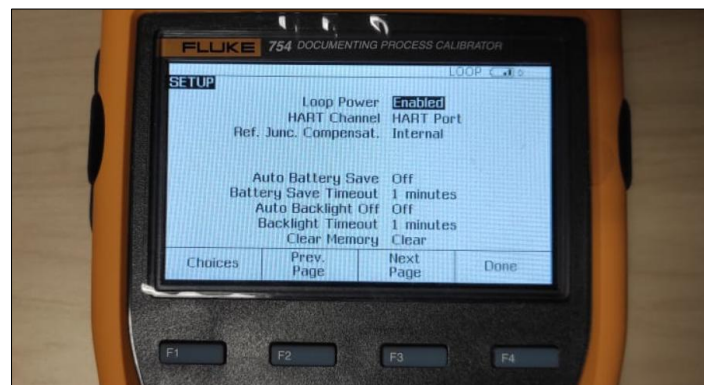
- Aparecen dos opciones "Disabled" y "Enabled", se debe seleccionar la opción Enabled desplazandose hacia abajo con los botones marcados con flechas.



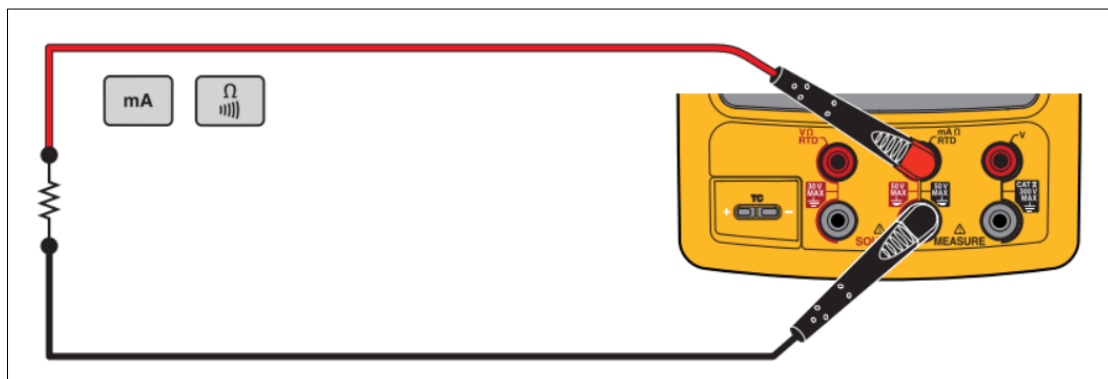
- Seguido de esto se debe oprimir el boton "ENTER" y a continuación se podra observar la opción "Enabled" quedo seleccionada.



7. Para finalizar la configuración de la medida de corriente se debe pulsar la tecla F4 que indica que se esta seleccionando la opción “DONE” del display.



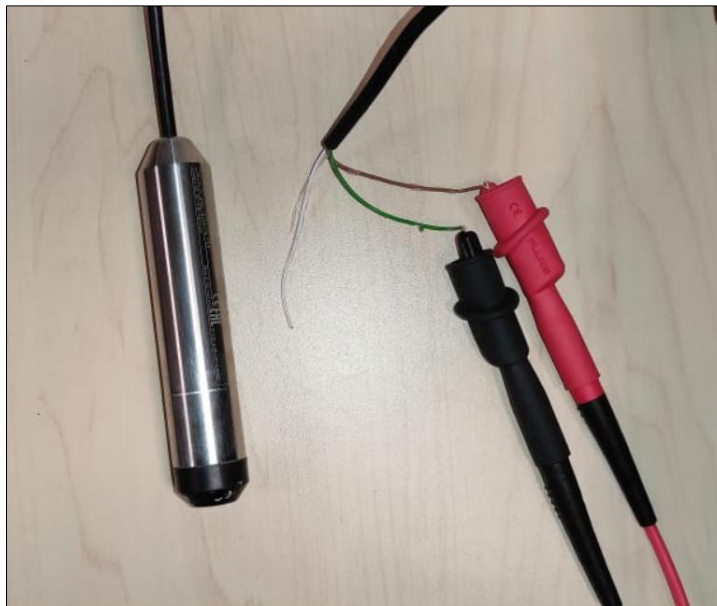
8. Teniedo la configuración realizada se debe enchufar las puntas del equipo en la salidas de en medio que es donde nos indica el equipo que se deben realizar las medidas de corriente.



9. La medida del lazo de corriente se debe realizar con el equipo (piezometro) desconectado las borneras en caso de ya estar instalado en algún tablero o gabinete y esta medida debe ser en paralelo con los cables de dicho instrumento como se muestra en las imagenes a continuación.



10. Tener presente que el cable marcado con café es la entrada y el verde la salida por lo tanto el rojo debe ir conectado con el café del instrumento y el negro debe ir conectado con el verde del instrumento.



11. En este paso se observaran los valore medidos con el equipo, aquí en la imagen relacionada podemos observar una medida de ejemplo tomada con el equipo para este tipo de medidas.



12. A continuación se pueden observar las imágenes sacadas del manual de usuario para familiarizarse mas facilmente con lo indicado anteriormente.

**Características de funcionamiento**

**Tomas de entrada y salida**

La figura 4 muestra los conectores y tomas de entrada y salida. La tabla 3 explica su utilización.

**Tabla 3. Tomas y conectores de entrada y salida**

No.	Nombre	Descripción
①	Toma HART (sólo 754)	Conecta el Producto a los dispositivos HART.
②	Conector del módulo de presión	Conecta el Producto a un módulo de presión.
③	Entrada/salida TC	Toma para medir o simular termopares. Esta toma acepta un minenchufe polarizado de termopar con espigas planas y alineadas a un espacio de 7,9 mm (0,312 pulg.) de centro a centro.
④,⑤	⚠ Tomas MEASURE V	Tomas de entrada para medir tensión, frecuencia y RTD (detectores termométricos de resistencia) de tres o cuatro hilos.
⑥,⑦	⚠ Tomas SOURCE mA, MEASURE mA Ω RTD	Tomas para generar o medir la corriente, medir la resistencia y RTD, y suministrar alimentación de bucle.
⑧,⑨	Tomas ⚠ SOURCE VΩ RTD	Tomas de salida para generar tensión, resistencia, frecuencia y simular RTD.
⑩	Toma de cargador de batería	Tomas para cargador de batería/alimentación universal (llamado cargador de batería en este manual). Utilice el cargador de batería para aplicaciones en banco de trabajo en las que hay una línea de alimentación de CA disponible.
⑪	Puerto USB (tipo 2)	Conecta el Producto a un puerto USB en un ordenador.

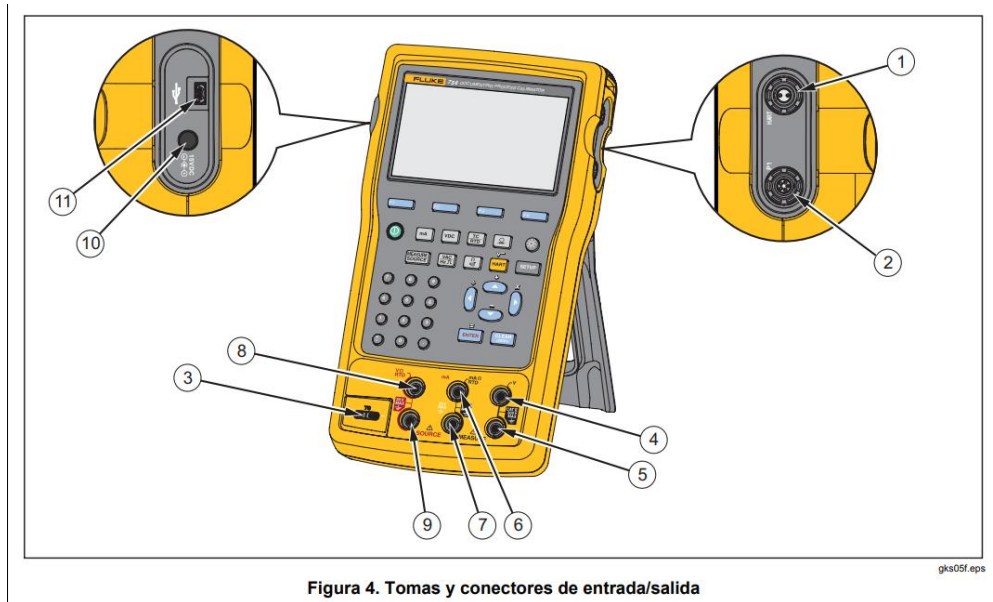


Figura 4. Tomas y conectores de entrada/salida

Tabla 4. Botones

Elemento	Botón	Descripción
①		Enciende y apaga el Producto.
②		Selecciona la función de fuente o medición de mA (corriente). Para activar o desactivar la alimentación de bucle, pase al modo SETUP.
③		En el modo MEDICION, selecciona la función de voltaje de CC. En el modo FUENTE, selecciona el voltaje de CC.
④		Selecciona las funciones de fuente o medición de TC (termopar) o RTD (detector termométrico de resistencia).
⑤		Selecciona la función de fuente o medición de presión.
⑥		Teclas programables. Realiza las función especificada en la etiqueta que aparece encima de cada tecla en la pantalla.
⑦		Ajusta la intensidad de retroiluminación (tres niveles).
⑧		Entra y sale del modo Configuración para modificar los parámetros de funcionamiento.
⑨		(754) Pasa del modo de comunicación HART al modo de funcionamiento analógico. En el modo de calculadora, proporciona la función de raíz cuadrada. (753) Ajusta el rango del Producto.



Elemento	Botón	Descripción
⑩		Pulse  o  para aumentar la intensidad de la pantalla. Pulse  o  para disminuir la intensidad (siete niveles). Permite seleccionar en las listas en la pantalla. Aumenta o disminuye el nivel de la fuente por pasos. En el modo de calculadora, proporciona funciones aritméticas (+ - ×).
⑪		Borra una entrada parcial de datos o solicita valor de salida si está en el modo FUENTE. Cuando usa un módulo de presión, pone a cero la indicación del módulo de presión.
⑫		Completa una entrada numérica cuando se ajusta un valor de fuente, o confirma una selección en una lista. En el modo de calculadora, actúa como el operador aritmético de igual (=).
⑬		En el modo MEDICION, pasa de la función de resistencia a la de continuidad y viceversa. En el modo FUENTE, selecciona la función de resistencia.
⑭		En el modo MEDICION, pasa de la función de frecuencia a la de voltaje de CA y viceversa. En el modo FUENTE, selecciona la salida de frecuencia.
⑮	Teclado numérico	Se usa cuando se necesita una entrada numérica.
⑯		Hace pasar el Producto por los modos MEDICION, FUENTE y MEDICION/FUENTE.

## Características físicas del equipo de medida

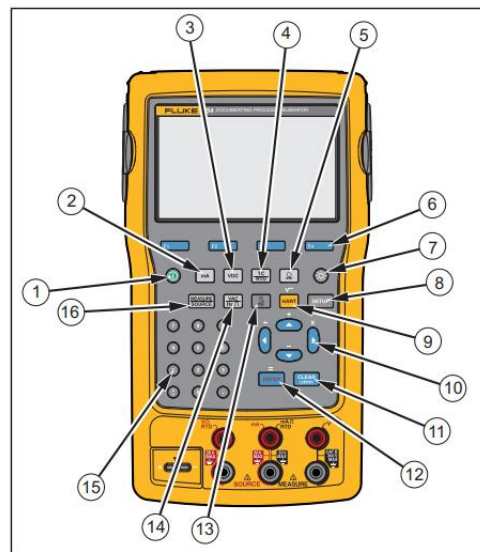


Figura 5. Botones

gks06f.eps

## Características de funcionamiento

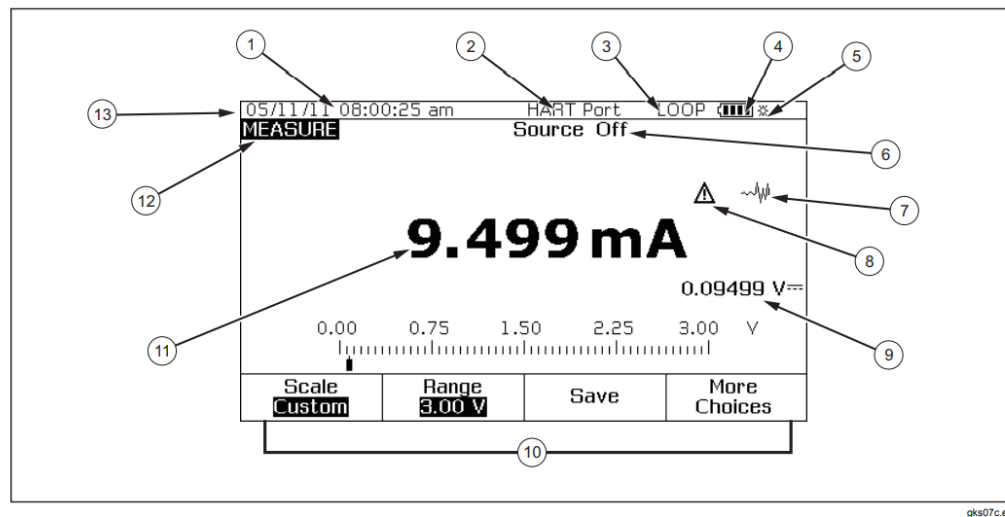


Figura 6. Elementos de una pantalla típica

Tabla 5. Elementos de una pantalla típica

Elemento	Descripción
①	Visualización de hora y fecha
②	Indicador HART
③	Indicador de alimentación de bucle
④	Medidor de batería
⑤	Indicador de retroiluminación
⑥	Estado de fuente
⑦	Indicador sin promediar (sin fijar)
⑧	Indicador de unidades personalizadas
⑨	Valor secundario
⑩	Etiquetas de teclas programables
⑪	Valor medido
⑫	Indicador del modo
⑬	Barra de estado

Fuente: (Fluke)

## Anexo 10. Instructivo de configuración radio enlaces

### 1 CONFIGURACION DE TARJETA DE RED

La configuración del módulo se debe hacer por medio del servidor web. Lo primero que se debe hacer es ingresar a la configuración de red del pc para asignar una IP que se encuentre en el rango del módulo y así poder hacer toda la programación. Se hace de la siguiente manera.



Ilustración 1. Panel de control

Luego de ingresar al panel de control identifica la opción centro de redes y recursos compartidos y damos clic allí.



Ilustración 2. Centro de redes compartidos

Se nos despliega la siguiente ventana donde vamos a buscar al lado izquierdo la opción cambiar configuración del adaptador y dar clic en él.

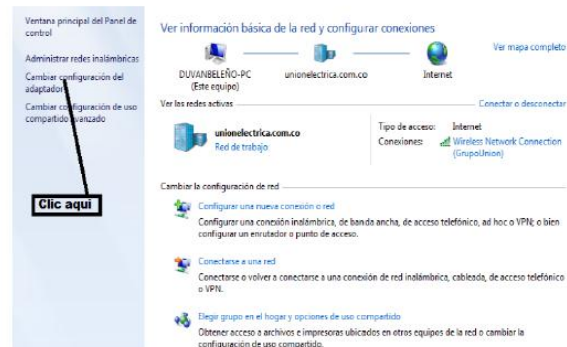


Ilustración 3. Cambiar configuración de adaptador

En esta sección nos muestra todas las conexiones de red disponibles que tenemos en nuestro pc, donde vamos a dar doble clic en la conexión de área local Ethernet.



Ilustración 4. Conexión de área local

Luego nos aparece el siguiente cuadro donde vamos a ubicar y dar doble clic en la opción protocolo de internet versión 4(TCP/IPv4).

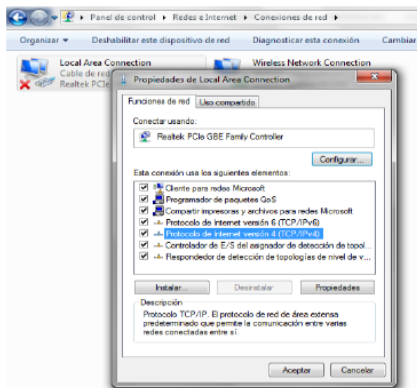


Ilustración 5 Configuración de Protocolo TCP/IP

Después aparecerá el siguiente cuadro en el cual se va a ingresar la configuración de direccionamiento IP y la máscara de subred que debe estar en el mismo rango de la IP que trae por default el ePMP. **192.168.0.2** esta es la IP que trae por default el radio y la máscara de subred es **255.255.255.0**

Se deben ingresar los datos.

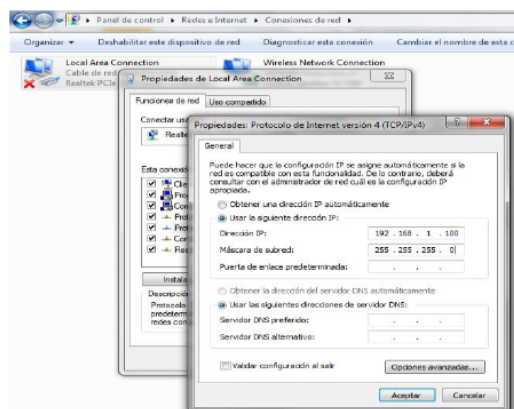


Ilustración 6. Configuración IP

Después de haber digitado los datos necesarios le da clic en el botón aceptar para guardar los cambios y que la tarjeta de red de nuestro pc tome esta configuración.

## 2 CONFIGURACIÓN DE RADIO ENLACE

Para la configuración del **ePMP** se recomienda usar de Internet Explorer, otros Browser se evidencio que muchas veces no guardan las configuraciones.

Las credenciales por default que tiene este radio son las siguientes:

**User Name:** admin, **Password:** admin

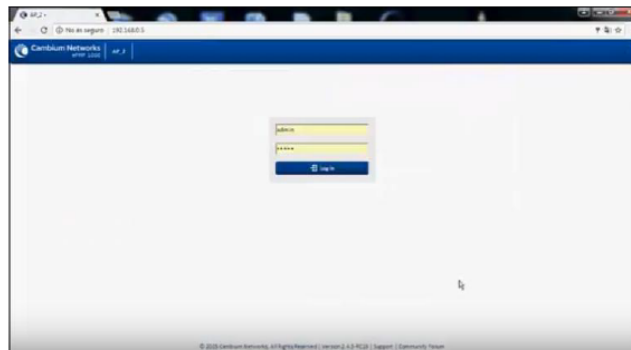


Ilustración 7. Acceso a radioenlace

Damos clic en **Quick Start**

En la pestaña **General** podremos configurar lo siguiente necesario para realizar el enlace:

- **Modo de operación de radio enlace (Sectorial, suscriptor o analizador de espectro).**

Sectorial: Opera como radio base, el cual centraliza o recoge información de todos los enlaces suscriptores, normalmente este es el que se conecta a equipos última milla.

Suscriptor: Como su nombre lo indica es un suscriptor que se enlaza a un sectorial, este normalmente es el que conecta equipos finales (cámaras).

Analizador de espectro: este modo realiza un análisis de espectro para encontrar la mejor frecuencia en la que debe estar el enlace con menores interferencias.

**- Modo de acceso.**

Es el protocolo que se utilizara para la transmisión, como recomendación se utilizara TDD ya que es el modo de transmisión propietaria de los radios cambium.

**-SSID.**

Es el nombre de la red que se creara, este SSID se configura en los sectoriales y se la presentara a los suscriptores, en los suscriptores se debe configurar igual que se configuro en el sectorial al que se conectara. (Sin este SSID nunca se enlazaran)

**Downlink-Uplink Radio:** Este parámetro configura la prioridad de Ancho de banda necesaria en el enlace ya se subida o descarga de datos.

Para un correcto funcionamiento del equipo es necesario configurar **SSID, Nombre de Dispositivo, Downlink/Uplink Ratio, IP assignment y la Frecuencia como se puede observar en la siguiente imagen**

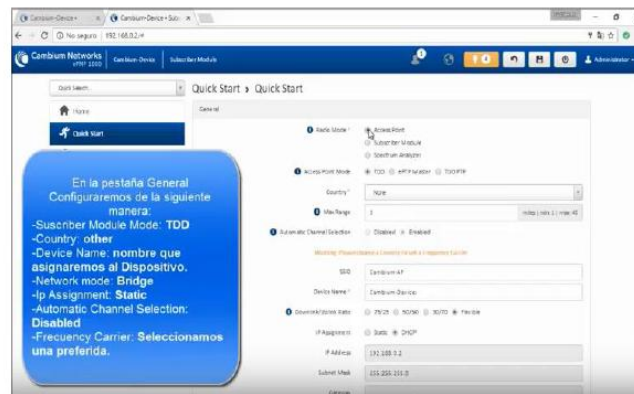


Ilustración 8. Configuración Rápida de enlace

### 3 CONFIGURACIÓN AVANZADA

Para una configuración más avanzada más no necesaria para puesta en funcionamiento del enlace se tienen las otras opciones de configuración las cuales son:

1. Radio
2. Calidad de servicio
3. System
4. Network
5. Security

#### 3.1 CONFIGURACIÓN DE IP DE GESTIÓN

Configuración – network en esta ventana se configura la IP la máscara de subred y las vlans.

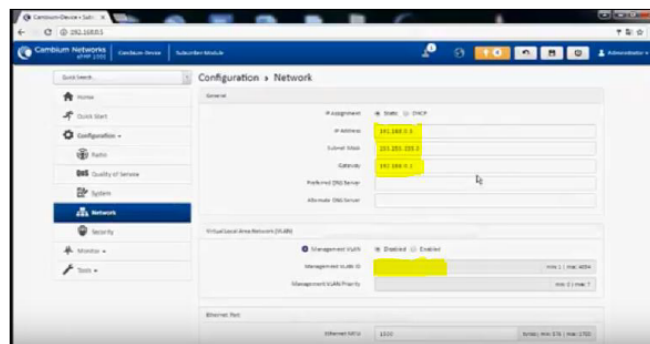


Ilustración 9 Configuración de ip de gestión

#### 3.2 CONFIGURACION DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN

En la ventana de wireless se encontrara las diferentes frecuencias y canales del ePMP soportado, escogiendo la de su preferencia o la menos saturada.



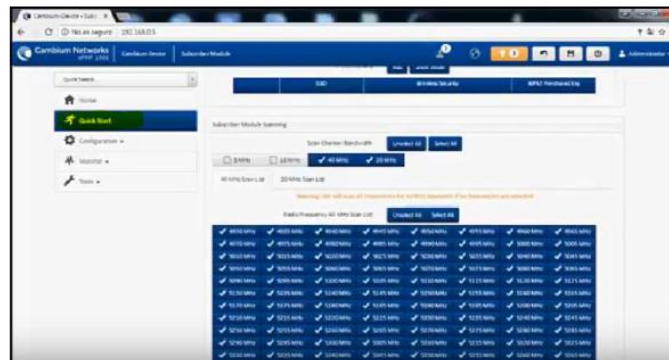


Ilustración 10. Configuración de Frecuencia de operación

### 3.3 CONFIGURACIÓN DE CONTRASEÑAS DE ENCRIPCIÓN

En la ventana **security** podemos realizar los cambios de las credenciales (**contraseñas**) y la encriptación que se maneja.

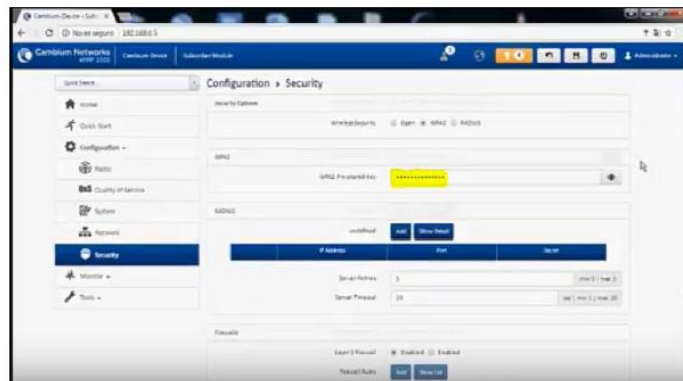


Ilustración 11. Configuración de contraseñas de encriptación

### 3.4 GUARDAR CAMBIOS

Para guardar los cambios efectuados en el equipo este requiere reiniciarse. damos clic en **guardar** y luego procedemos a reiniciar el radio enlace para que surta efecto los cambios realizados.

Lo primero que se debe realizar es ir a la sección configuración.

The screenshot shows the 'General' configuration page for a radio device. It includes sections for 'Radio Mode', 'Power Control', 'Scheduler', and 'Synchronization'. Several callouts provide specific instructions:

- Radio Mode:** A callout states 'El Modo se utiliza el TDD propietario de Cambium' (The Mode uses the proprietary TDD of Cambium). Another callout says 'Se debe configurar el modo como punto de' (The mode should be configured as a point of).
- SSID:** A callout explains 'Se configura el SSID, con el nombre de la red a la cual se conectaran todos los dispositivos' (The SSID is configured with the name of the network to which all devices will connect).
- Automatic Channel Selection:** A callout notes 'Selección de canal automatico se debe deshabilitar...' (Automatic channel selection should be disabled...). Another callout explains 'Ancho de banda del canal se aconseja usar el de 20MHz en el de 40 MHz dependiendo del espectro en la zona' (Channel bandwidth is recommended to use 20MHz or 40MHz depending on the spectrum in the area).
- Frequency Carrier:** A callout states 'Frecuencia principal se configura la que será usada, se pueden configurar frecuencias alternativas' (The main frequency is configured as it will be used, alternative frequencies can be configured).
- Power Control:** A callout explains 'La potencia de transmisión depende de la distancia, potencia, tamaño de vista y regulación de país, la ganancia de la antena es la que trae de fábrica' (Transmission power depends on distance, power, field of view, and country regulations, antenna gain is the factory default).
- Scheduler:** A callout notes 'Downlink/uplink es el parámetro que se usa para priorizar el ancho de banda de carga y de descarga, se aconseja dejar en flexible' (Downlink/uplink is the parameter used to prioritize bandwidth for load and download, it is recommended to leave it flexible).

Ilustración 14 Sección configuración.

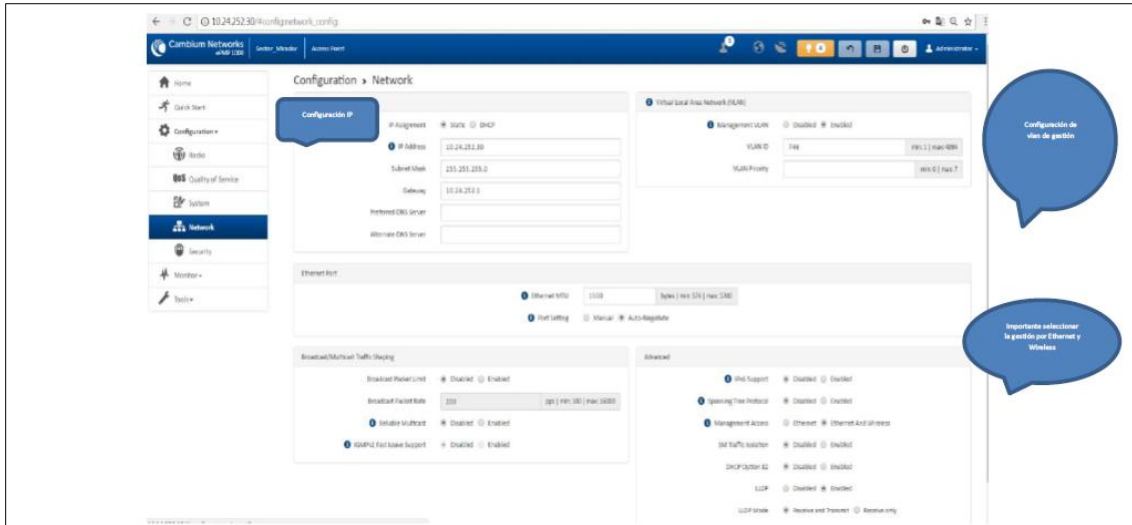


Ilustración 15. Sección Network

## 5 CONFIGURACIÓN DE RADIO SUScriptor

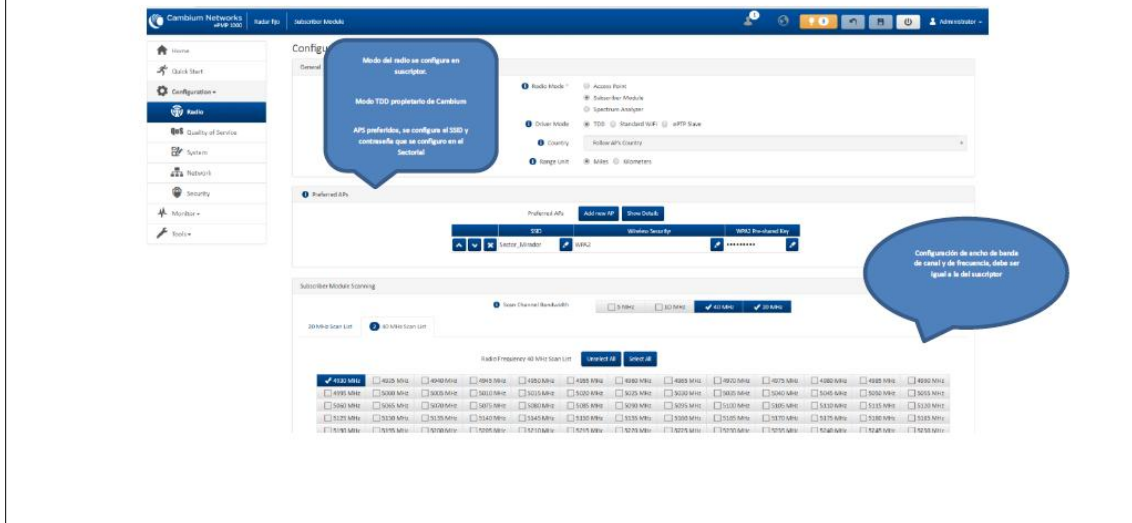




Ilustración 16. Sección configuración

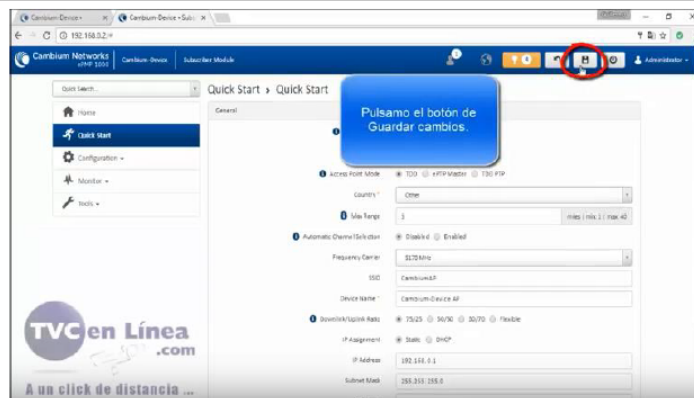


Ilustración 12 Guardar Cambios

#### 4 EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN RADIO ENLACE SECTORIAL

Se accede al radio enlace por el navegador con la ip por defecto la cuales 192.168.0.1, estando con el computador en red como se explica en el numera 1.

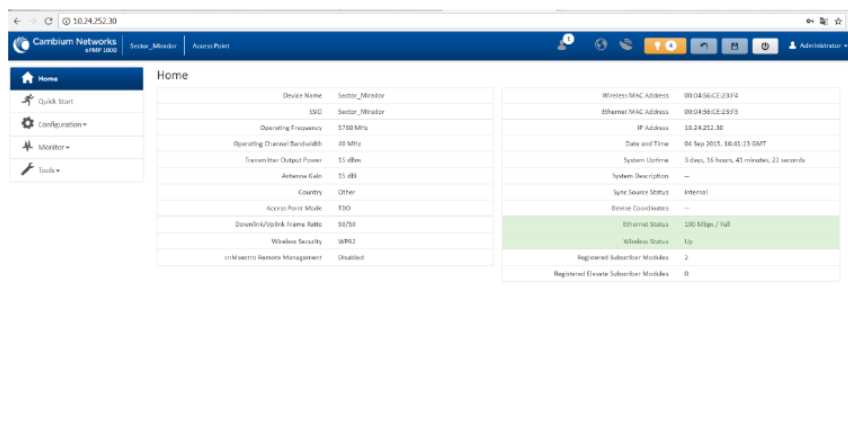


Ilustración 13 Ingreso a radio enlace sectorial.

*Fuente: (EPM, 2021)*

## Anexo 11. Instructivo de configuración e instalación de cámaras de CCTV

### Cómo asignar una dirección IP y acceder al dispositivo

#### Procedimientos iniciales

#### Procedimientos iniciales

Para localizar dispositivos de Axis en la red y asignarles direcciones IP en Windows®, utilice AXIS IP Utility o AXIS Device Manager. Ambas aplicaciones son gratuitas y pueden descargarse desde [axis.com/support](http://axis.com/support)

Con AXIS IP Utility, podrá:

- Buscar dispositivos en la red
- Cambiar direcciones IP estáticas

Con AXIS Device Manager, podrá:

- Buscar dispositivos en la red
- Asignar direcciones IP
- Configurar contraseñas
- Ver el estado de la conexión
- Realizar operaciones en varios dispositivos a la vez
- Gestionar actualizaciones de firmware
- Configurar parámetros de dispositivos

¿Desea información acerca de otros métodos? Consulte *Otros métodos en la página 7*.

#### Compatibilidad con navegadores

Puede utilizar el dispositivo con los siguientes navegadores:

	Chrome™	Firefox®	Edge®	Safari®
Windows®	recomendado	x	x	
OS X®	recomendado			x
Otros sistemas operativos	x	x		

Si necesita más información acerca de los navegadores recomendados, visite [axis.com/browser-support](http://axis.com/browser-support)

#### Acerca de las direcciones IP predeterminadas

Los dispositivos de Axis se han diseñado para utilizarse en una red Ethernet. Para acceder a la página web del dispositivo, necesita una dirección IP. La mayoría de las redes cuentan con un servidor DHCP que asigna automáticamente direcciones IP a los dispositivos conectados.

Si su red no dispone de servidor DHCP, la dirección IP predeterminada será 192.168.0.90.

## Cómo asignar una dirección IP y acceder al dispositivo

### AXIS IP Utility

---

#### AXIS IP Utility

**Nota**

El ordenador donde esté instalada la utilidad AXIS IP Utility debe estar en el mismo segmento de red (subred física) que el dispositivo de Axis.

#### Acceso al dispositivo en la red

1. Conecte la alimentación y la red al dispositivo de Axis.
2. Inicie AXIS IP Utility. Todos los dispositivos disponibles en la red se mostrarán en la lista automáticamente.
3. Para acceder al dispositivo desde un navegador, haga doble clic en el nombre en la lista.

#### Cambio de la dirección IP de un dispositivo

1. Inicie AXIS IP Utility. Todos los dispositivos disponibles en la red se mostrarán en la lista automáticamente.
2. Haga clic con el botón derecho en el dispositivo de la lista y seleccione **Assign new IP address to selected device** (Asignar nueva dirección IP al dispositivo seleccionado).
3. Introduzca una dirección IP disponible y haga clic en **Assign** (Asignar).
4. Para acceder al dispositivo desde un navegador, haga doble clic en el nombre en la lista.

## Cómo asignar una dirección IP y acceder al dispositivo

### AXIS Device Manager


#### AXIS Device Manager

#### Acceso al dispositivo en la red

1. Conecte la alimentación y la red al dispositivo de Axis.
2. Inicie AXIS Device Manager.
3. Para conectar con un servidor, vaya a **Main menu > Servers > New connection (Menú Principal > Servidores > Nueva conexión)**:
  - Si el servidor está en la red, seleccione **Remote server (Servidor remoto)** y elija un servidor en la lista desplegable o introduzca la dirección IP o DNS en el campo **Remote server (Servidor remoto)**.
  - Si el servidor se está ejecutando localmente en el equipo, seleccione **This computer (Este equipo)**.
4. Para iniciar sesión como el usuario de Windows actual, haga clic en **Log in (Iniciar sesión)**.  
Si borra **Log on as current user (Iniciar sesión como usuario actual)**, necesitará introducir un nombre de usuario y una contraseña en el siguiente paso.
5. Agregue dispositivos:
  - AXIS Device Manager busca dispositivos de Axis automáticamente en la red y los agrega a la lista de dispositivos.
  - Para agregar dispositivos manualmente, vaya a **Device management > Add devices (Gestión de dispositivos > Agregar dispositivos)**. Seleccione en la lista los dispositivos que desee agregar, haga clic en **Next (Siguiente)** y, a continuación, en **Finish (Finalizar)**.
  - Para agregar dispositivos de un rango de IP, vaya a **Device management > Add devices from IP range (Gestión de dispositivos > Agregar dispositivos del rango de IP)**.
  - Para agregar un dispositivo de una dirección IP específica, vaya a **Device management > Add device from address (Gestión de dispositivos > Agregar dispositivo desde dirección)**.
6. Para acceder al dispositivo desde un navegador, haga clic en el enlace de la dirección en la lista.

#### Cambio de las direcciones IP de varios dispositivos

Para acelerar el proceso de asignación de direcciones IP, AXIS Device Manager sugiere direcciones IP de un rango específico.


1. En AXIS Device Manager, vaya a **Device management (Gestión de dispositivos)**.
2. Seleccione los dispositivos que desee configurar y, a continuación, haga clic en **Assign IP address to selected devices (Asignar dirección IP a dispositivos seleccionados)** .
3. En el cuadro de diálogo **Device maintenance (Mantenimiento de dispositivo)**, haga clic en **Yes (Sí)**.
4. Seleccione **Assign the following IP address range (Asignar el siguiente rango de direcciones IP)**.
5. Para cambiar el rango de direcciones IP sugerido, introduzca el rango de direcciones IP en el campo de texto **IP range (Rango IP)**.
6. Haga clic en **Next (Siguiente)**.
7. Para cambiar cualquier dirección IP, seleccione un dispositivo y haga clic en **Edit IP (Editar IP)**.
8. Haga clic en **Finish (Finalizar)**.



## Cómo asignar una dirección IP y acceder al dispositivo

### AXIS Device Manager

#### Cambio de la dirección IP de un dispositivo

1. Seleccione el dispositivo que desee configurar y, a continuación, haga clic en **Assign IP address to selected devices** (Asignar dirección IP a los dispositivos seleccionados) .
2. Seleccione **Assign the following IP address** (Asignar la siguiente dirección IP).
3. Introduzca la dirección IP, la máscara de subred y el router predeterminado.
4. Haga clic en **OK** (Aceptar).

#### PROCEDIMIENTO INSTALACIÓN DE CAMARAS DE CCTV DEL CMT

- Configuración de la cámara, asignación de dirección IP, máscara y Gateway
- Evaluación de conexión de red (Selección SW, medio físico FO o Cableado estructurado con Conversores de medios)
- Selección método de anclaje y soporte
- Solicitud punto de alimentación 120 VAC por medio de la Interventoría con nota de campo.
- Instalación de la conexión de red por parte del personal de Montajes EPM o el Contratista ELITE.
- Configuración y disponibilidad del puerto de comunicaciones SW donde se conectará el equipo en coordinación con el NOC (Adminstran los SW de la red de EPM).
- Instalación de soporte y anclaje.
- Conexión de alimentación 120 VAC.
- Conexión de red medio físico FO o Cableado estructurado con Conversores de medios.
- Pruebas de comunicaciones (Validación por comando PING).
- Pruebas de funcionamiento de la cámara de CCTV (Imagen, movimiento, posición).
- Integración al aplicativo SECUROS o VERINT.

*Fuente: (AXIS, 2021)*

## Anexo 12. Ficha técnica piezómetro resistencia eléctrica

<b>Datos técnicos</b>	
<b>Transmisores SITRANS LH100 (sonda de inmersión)</b>	
<b>Modo de funcionamiento</b>	
Principio de medición	piezorresistivo
<b>Entrada</b>	
Magnitud medida	Nivel hidrostático
Rango de medida	Presión de servicio máx. adm.
• 0 ... 3 mH <sub>2</sub> O (0 ... 9 ftH <sub>2</sub> O)	• 1,5 bar (21.8 psi) (equivale a 15 mH <sub>2</sub> O (45 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 4 mH <sub>2</sub> O (0 ... 12 ftH <sub>2</sub> O)	• 1,5 bar (21.8 psi) (equivale a 15 mH <sub>2</sub> O (45 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 5 mH <sub>2</sub> O (0 ... 15 ftH <sub>2</sub> O)	• 1,5 bar (21.8 psi) (equivale a 15 mH <sub>2</sub> O (45 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 6 mH <sub>2</sub> O (0 ... 18 ftH <sub>2</sub> O)	• 1,5 bar (21.8 psi) (equivale a 15 mH <sub>2</sub> O (45 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 10 mH <sub>2</sub> O (0 ... 30 ftH <sub>2</sub> O)	• 3,0 bar (43.5 psi) (equivale a 30 mH <sub>2</sub> O (90 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 20 mH <sub>2</sub> O (0 ... 60 ftH <sub>2</sub> O)	• 5,0 bar (72.5 psi) (equivale a 50 mH <sub>2</sub> O (150 ftH <sub>2</sub> O))
• 0 ... 0,3 bar	• 1,5 bar
• 0 ... 0,4 bar	• 1,5 bar
• 0 ... 0,5 bar	• 1,5 bar
• 0 ... 0,6 bar	• 1,5 bar
• 0 ... 1 bar	• 3,0 bar
• 0 ... 2 bar	• 5,0 bar
<b>Salida</b>	
Señal de salida	4 ... 20 mA
Precisión de medida	Según IEC 60770-1
Desviación de medida en caso de ajuste de punto límite, incl. histéresis y repetibilidad	
Rango de medida	
• 0 ... 3 mH <sub>2</sub> O (0 ... 9 ftH <sub>2</sub> O o 0 ... 0,3 bar)	0,5 % del valor superior del rango de medida (típico) 1,0 % del valor superior del rango de medida (máximo)
• para todos los restantes rangos de medida	0,3 % del valor superior del rango de medida (típico) 0,6 % del valor superior del rango de medida (máximo)
<b>Influencia de la temperatura ambiente</b>	
Rango de medida	Cero y alcance
• 3 mH <sub>2</sub> O (9 ftH <sub>2</sub> O o 0,3 bar)	0,45 %/10 K del valor superior del rango de medida
• 4 ... 6 mH <sub>2</sub> O (12 ... 18 ftH <sub>2</sub> O o 0,4... 0,6 bar)	0,45 %/10 K del valor superior del rango de medida
• > 6 mH <sub>2</sub> O (> 18 ftH <sub>2</sub> O o > 0,6 bar)	0,3 %/10 K del valor superior del rango de medida
<b>Estabilidad a largo plazo</b>	
Rango de medida	Cero y alcance
• 3 mH <sub>2</sub> O (9 ftH <sub>2</sub> O o 0,3 bar)	0,4 % del valor superior del rango de medida por año
• 4 ... 6 mH <sub>2</sub> O (12 ... 18 ftH <sub>2</sub> O o 0,4... 0,6 bar)	0,25 % del valor superior del rango de medida por año
• > 6 mH <sub>2</sub> O (> 18 ftH <sub>2</sub> O o > 0,6 bar)	0,2 % del valor superior del rango de medida por año
<b>Condiciones de funcionamiento</b>	
Condiciones ambientales	

• Temperatura de proceso	-10 ... +80 °C (14 ... 176 °F)
• Temperatura de almacenamiento	-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)
Grado de protección según IEC 60529	IP68
<b>Diseño mecánico</b>	
<b>Peso</b>	
• Transmisor de presión	≈ 0,2 kg (≈ 0.44 lb)
• Cable; longitud máxima de cable 100 m (330 ft)	0,025 kg/m (≈ 0.015 lb/ft)
Conexión eléctrica	Cable de 3 conductores y tubo de purga de aire con filtro de humedad integrado
<b>Material</b>	
• Membrana separadora	Cerámica Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (96%)
• Carcasa	Acero inox., n° de mat. 1.4404 / 316L
• Junta anular	FPM (estándar) EPDM (opcional)
• Cable de conexión	PE-HD (estándar) PE-LD (en versiones con junta de EPDM, apto para agua potable)
<b>Alimentación auxiliar</b>	
Tensión en bornes del transmisor de presión (U <sub>B</sub> )	10 ... 33 V DC 10 ... 30 V DC para transmisor con protección contra explosión "Seguridad intrínseca"
<b>Certificados y aprobaciones</b>	
Homologación para agua potable (ACS)	15 ACC NY 360
EAC	№ TC RU C-DE.ГБ05.В.00732 OC HAHHO «ЛЦБЭ»
Underwriters Laboratories (UL)	2014-11-17 - E344532
El equipo no está sujeto a la Directiva de equipos a presión (DEP 2014/68/UE)	
<b>Protección contra explosión</b>	
• Seguridad intrínseca "I"	IECEX SEV 14.0003 SEV 14 ATEX 0109
- Marcado	II 1 G Ex ia IIC T4 Ga
• EAC Ex	TC RU C-DE.AA87.B.00324
<b>Caja de conexiones de cables</b>	
Campo de aplicación	Para la conexión del cable del transmisor
<b>Diseño mecánico</b>	
Peso	0,2 kg (0.44 lb)
Conexión eléctrica	2 x triple (28 ... 18 AWG)
Entrada de cables	2 x Pg 9
Material de la carcasa	Policarbonato
Tubería de purga de aire para presión atmosférica	
<b>Condiciones de funcionamiento</b>	
Grado de protección según IEC 60529	IP65
<b>Pinza de retención</b>	
Campo de aplicación	Para la fijación del transmisor
<b>Diseño mecánico</b>	
Peso	0,16 kg (0.35 lb)
Material	Acero galvanizado, poliamida

*Fuente: (SIEMENS, 2021)*

### Anexo 13. Ficha técnica piezómetro de hilo vibrátil

APLICACIÓN	PIEZÓMETROS ESTÁNDAR		PIEZÓMETROS HD Y TRANSDUCTORES DE PRESIÓN		
	PK20S	PK20A	PK45S	PK45A	PK45H
APLICACIÓN	Adecuado para la mayoría de aplicaciones. El pequeño diámetro es apropiado para la instalación en sondeos, tubos verticales y pozos de observación.		Los piezómetros HD de alta resistencia se recomiendan para la instalación en rellenos y terraplenes de presas y se suelen suministrar con cable armado.		Unión de tubos en T de 3 vías con cabeza roscada M10x1
MODELO	PK20S	PK20A	PK45S	PK45A	PK45H
Descripción	Piez. estándar con filtro LAE	Piez. estándar con filtro HAE	Piezómetro HD con filtro LAE	Piezómetro HD con filtro HAE	transductor de presión
Rangos (FS)	0-170 kPa hasta 0-5.0 MPa 0-25 psi hasta 0-725 psi		0-170 kPa hasta 0-5.0 MPa 0-25 psi hasta 0-725 psi		0-350 kPa hasta 0-30 MPa 0-50 psi hasta 0-4350 psi
Sobrecarga	2 x FS		2 x FS		
Sensibilidad	0.025% FS		0.025% FS		
Exactitud <sup>(1)</sup>					
MEP Lin.	< ±0.4% FS		< ±0.4% FS		
MEP Pol.	< ±0.25% FS		< ±0.25% FS		
	(< ±0.1% FS a petición, dejando fuera 170 kPa FS)		(< ±0.1% FS a petición, dejando fuera 170 kPa FS)		
Rango de frecuencia típico <sup>(2)</sup>	2250 - 3000 Hz		2250 - 3000 Hz		
Desplazamiento térmico del cero	0.01 ÷ 0.03 % FS /°C		0.01 ÷ 0.03 % FS /°C		
Aislamiento eléctrico	< 50 MΩ		< 50 MΩ		
Temperatura operativa	-20 to +80 °C		-20 to +80 °C		
Sensor de temperatura	termistor integrado		termistor integrado		
Material	acero inoxidable		acero inoxidable		
Diámetro y peso	Ø 20 mm (0.8"), 0.4 kg (0.9 lb)		Ø 27 mm (1.1"), 0.5 kg (1.1 lb)		
UNIDAD DE FILTRO					
Tipo	Filtro LAE	Filtro HAE	Filtro LAE	Filtro HAE	-
Material	acero inoxidable o Vyon®	cerámico	acero inoxidable o Vyon®	cerámico	-
Tamaño del poro	40-50 µm	0.25 µm	40-50 µm	0.25 µm	-
CABLE					
Cable de señal	0WE104K00ZH (cable LSZH estándar) 0WE104K00PV (cable PVC estándar)		0WE104X20ZH (cable LSZH armado) 0WE104X20PV (cable PVC armado) 0WE104K00ZH (cable LSZH estándar) 0WE104K00PV (cable PVC estándar)		
Max. distancia a datalogger <sup>(3)</sup>	1000 m (para más información ver <a href="#">FAQ#77</a> )		1000 m (para más información ver <a href="#">FAQ#77</a> )		

(1) MEP es el Máximo Error Permitido en el rango de medición(FSR). En el informe de calibración, la exactitud del sensor se calcula utilizando tanto regresión lineal (≤ MEP Lin.) como corrección polinómica (≤ MEP Pol.)

(2) El rango de frecuencia indicado puede variar +/- 10%.

(3) Consulte la sección de preguntas frecuentes de la página web de Sisgeo: [www.sisgeo.com/products/faq.html](http://www.sisgeo.com/products/faq.html)

Fuente: (SISGEO, 2021)

**Anexo 14.** Listado de cámaras del CMT con sus respectivas características


Nº	Nombre	Marca	Referencia	Nº	Ubicación	Altura	Observaciones para el funcionamiento	Presentación de alarmas	Control de Alarmas	Alcance del Monitoreamiento	Visualización	Rango o ángulo de monitoreo en la horizontal y vertical	Resolución	Características	Prioridad de alarmas
1	Protección Capotripa y Vehículos	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.07	Vehículos	3.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Tubo de protección Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
2	Estacionamiento 101	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Bosque 474 10	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
3	Parque Bello	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.07	Vista al Estero de la Piedad	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
4	Total Via Y	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.08	Total Via 12	4.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
5	Módulo Protectorial	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Módulo protectorial	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
6	Protección Casa Magnosol - Climatiza	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Protección casa climatizadora	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
7	Cámara de transformadores 217	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Cámara de transformadores	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
8	Casa Magnosol Norte	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Casa de magnosol norte	3.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
9	Pista Nueva	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.08	Torre Via 12	4.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
10	Pista Sur	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Torre Via 12	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
11	Salida Construcción Interior Sur - Nieve	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Gabarría 4	5.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
12	Casa Magnosol Sur	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Casa de magnosol sur	13.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
13	Chiclagua Intermedia	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.08	Sendero chiclagua	5.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
14	Cámara de Transformadores 227	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Cámara de transformadores	4.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
15	Estacionamiento Sur	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Estacionamiento sur	5.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
16	Vehículos - Vehículos	AXIS	P3821-E MJA PZ2 Dome Network Camera	10.8481.07	Estacionamiento sur	6.10	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
17	Casa Magnosol Norte - Climatiza 1	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Clima de magnosol norte	10.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
18	Casa de operador 1	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Clima de magnosol norte	5.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
19	Estaciona	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Sector norte Estaciona	3.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	
20	Salida Auxiliar Despeje 1	IKM VISION ALTA DEFINICIÓN	Network Speed Dome DS-2DF8240C-AE	10.8481.08	Sector chiclagua 4	5.14	Señales de alarma	Manual	CT-2019-00036	LINIEKAM, QUANTUMVISION, VITAL	Temperatura: 50°C, humedad: 80% Alcance horizontal: 360° (sin obstáculos) Alcance vertical: 2.5° a 17.5° (dependiendo de la resolución)	1080 x 1920 (pixel) 1280 x 1024 (pixel)	Resolución de imagen: 1080 x 1920, 50 FPS Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA Señales de alarma: 12 V, 2 A, 24 V, CA	Alta	

Fuente: Elaboración propia

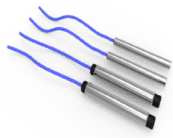
Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas  
tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango  
enero de  
2021


## Anexo 15. Hojas de vida instrumentos de Hidrometria

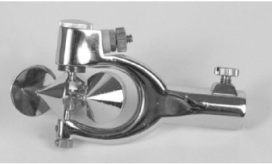
epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-TDI-TDVD-687	Número de canal	U9		
Serial	WTG3TYUN45	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
Observaciones:					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro cuerda vibrante	Referencia	PP22SSVW50		
Marca	GLÖTZL	Datalogger	CR6		
Código	PZ-TDI-TDVD-858	Número de canal	U1		
Serial	XSJTYU76	Precisión	< ±0.5% v.E.		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	10 Segundos		
Rango de medición máximo	20 Bar	Fuente de alimentación	Tensión de excitación Pulso de 50V		
Interfaz de salida	Digits				
Observaciones:					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




		<b>HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA</b>			
<b>Código</b>				<i>Fecha de instalación del equipo</i>	
<i>Fecha de creación</i>		<i>Versión</i>	0	<i>Revisión</i>	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
<i>Tipo</i>	Correntómetro		<i>Referencia</i>		
<i>Marca</i>	RICKLY		<i>Datalogger</i>	CR6	
<i>Código</i>	MO-TDI-TDVD-1082		<i>Número de canal</i>	U11-U12	
<i>Serial</i>	400951		<i>Precisión</i>	Según ISO 3455	
<i>Rango de medición mínimo</i>	0.034 m/s		<i>Frecuencia de muestreo</i>	10 Segundos	
<i>Rango de medición máximo</i>	5886 m/s		<i>Fuente de alimentación</i>	12 VDC	
<i>Interfaz de salida</i>	pulsos X 10 segundos				
<b>Observaciones:</b> <i>Formula V= (2.2048 * n + 0.0178) * 0.3048 como la frecuencia de muestreo del datalogger es de 10 Segundos, se toma como base esta medida para realizar el conteo de pulsos.</i>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
<i>Localización</i>	Túnel de Desviación Derecha		<i>Frente de trabajo</i>	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




		<b>HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA</b>			
<b>Código</b>				<i>Fecha de instalación del equipo</i>	
<i>Fecha de creación</i>		<i>Versión</i>	0	<i>Revisión</i>	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
<i>Tipo</i>	Piezómetro		<i>Referencia</i>	LH100	
<i>Marca</i>	Siemens		<i>Datalogger</i>	CR6	
<i>Código</i>	PZ-TDI-TDVD-913		<i>Número de canal</i>	U7	
<i>Serial</i>	WTG3TYXB48		<i>Precisión</i>	Según IEC 60770-1	
<i>Rango de medición mínimo</i>	0		<i>Frecuencia de muestreo</i>	1 Segundo	
<i>Rango de medición máximo</i>	1 Bar		<i>Fuente de alimentación</i>	10 ... 33 V DC	
<i>Interfaz de salida</i>	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
<i>Localización</i>	Túnel de Desviación Derecha		<i>Frente de trabajo</i>	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		



epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-TDI-TDVD-1085	Número de canal	U5		
Serial	WTG3TYXB49	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	VEGAWELL 52		
Marca	VEGA	Datalogger	CR800		
Código	PZ-U5	Número de canal	1		
Serial	YUKDF89M	Precisión	0,1 %		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	60 bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		







epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código				Fecha de instalación del equipo	
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Sensor de nivel tipo radar		Referencia	'05106	
Marca	YOUNG		Datalogger	CR800	
Código	AN-VE		Número de canal	C1	
Serial	GFROK56L87		Precisión	±0.3 m/s	
Rango de medición mínimo	0		Frecuencia de muestreo	1 Segundo	
Rango de medición máximo	100 m/s		Fuente de alimentación	12 VDC	
Interfaz de salida	VAC (three pulses X revolución)				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código				Fecha de instalación del equipo	
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Sensor de nivel tipo radar		Referencia	FMR533	
Marca	Endress+Hauser		Datalogger	CR800	
Código	LI-VE		Número de canal	3	
Serial	RQJHAXV39		Precisión	± 3 mm	
Rango de medición mínimo	0		Frecuencia de muestreo	1 Segundo	
Rango de medición máximo	40 m		Fuente de alimentación	9.6 ... 16 VDC	
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Nivel Embalse - Presa		Frente de trabajo	Vertedero	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-RI	Número de canal	1		
Serial	WTG3TYUN45	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha	Frente de trabajo	Descarga Intermedia		
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código		Fecha de instalación del equipo			
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-RD	Número de canal	2		
Serial	WTG3TYUN55	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha	Frente de trabajo	Descarga Intermedia		
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		





epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código			Fecha de instalación del equipo		
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del Instrumento</b>					
Tipo	Sensor de nivel tipo radar	Referencia	QHR104		
Marca	VAISALA	Datalogger	CR800		
Código	LI-PM	Número de canal	3		
Serial	RQJHSW23	Precisión	± 3 mm		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	35 m	Fuente de alimentación	9.6 ... 16 VDC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA - SDI-12				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Puente El Beso		Frente de trabajo	Estación de Hidrometría Rio Cauca	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		




epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código			Fecha de instalación del equipo		
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del Instrumento</b>					
Tipo	Sensor de nivel tipo radar	Referencia	QHR104		
Marca	VAISALA	Datalogger	CR800		
Código	LI-PB	Número de canal	2		
Serial	RQJHSTF26	Precisión	± 3 mm		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	35 m	Fuente de alimentación	9.6 ... 16 VDC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA - SDI-12				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Puente El Beso		Frente de trabajo	Estación de Hidrometría Rio Cauca	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		



epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código			Fecha de instalación del equipo		
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Sensor de nivel tipo radar	Referencia	QHR104		
Marca	VAISALA	Datalogger	CR800		
Código	LI-RI	Número de canal	1		
Serial	RQJHAXV36	Precisión	± 3 mm		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	35 m	Fuente de alimentación	9.6 ... 16 VDC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA - SDI-12				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Nivel Embalse - Presa		Frete de trabajo	Vertedero	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		

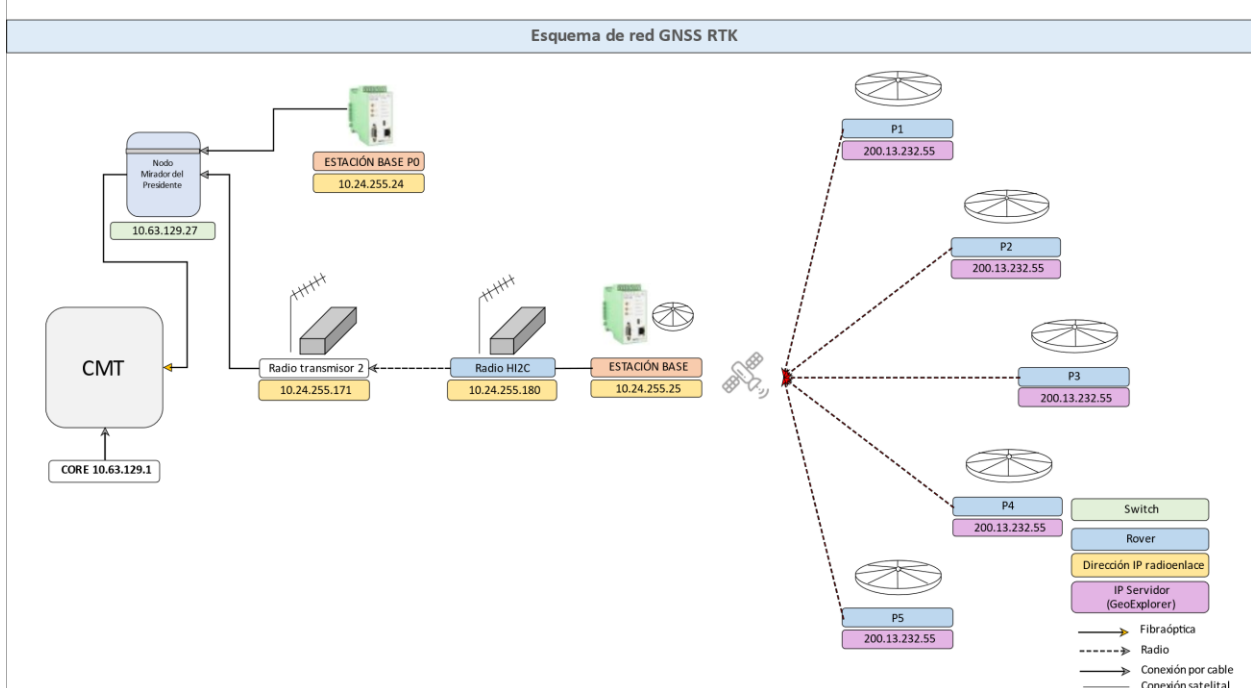
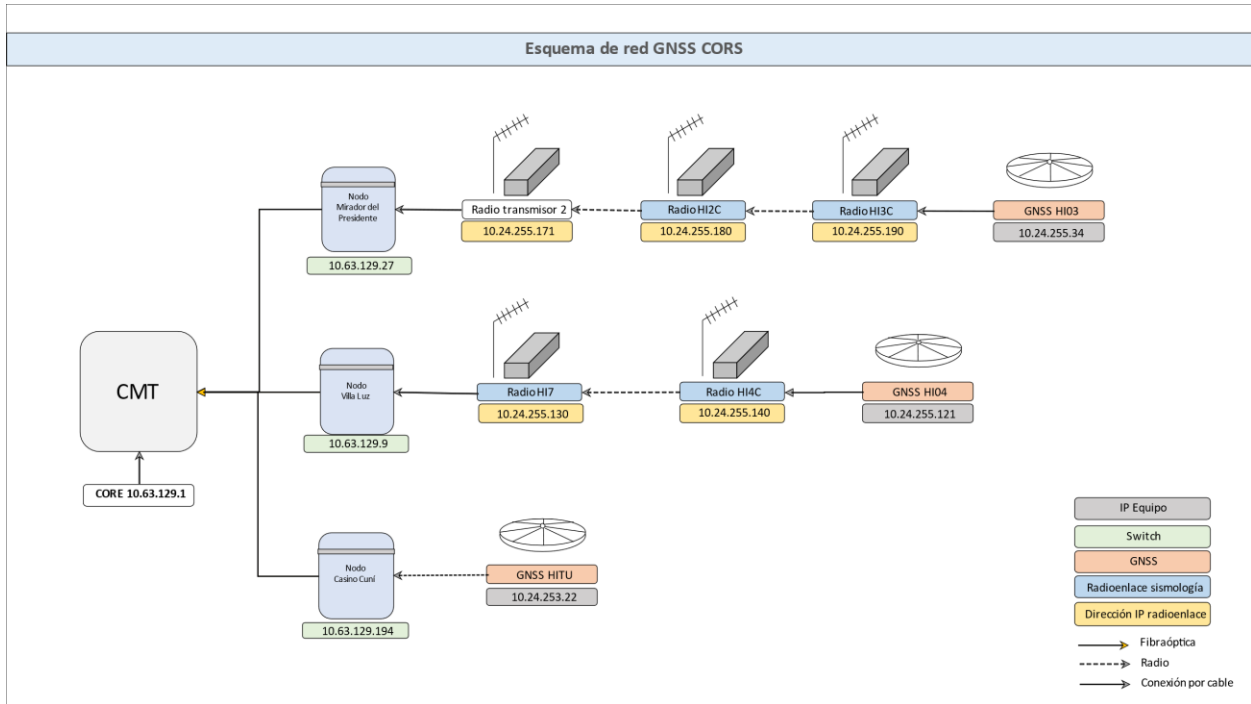
epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código			Fecha de instalación del equipo		
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-1	Número de canal	1		
Serial	WTG3TYUN62	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frete de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		

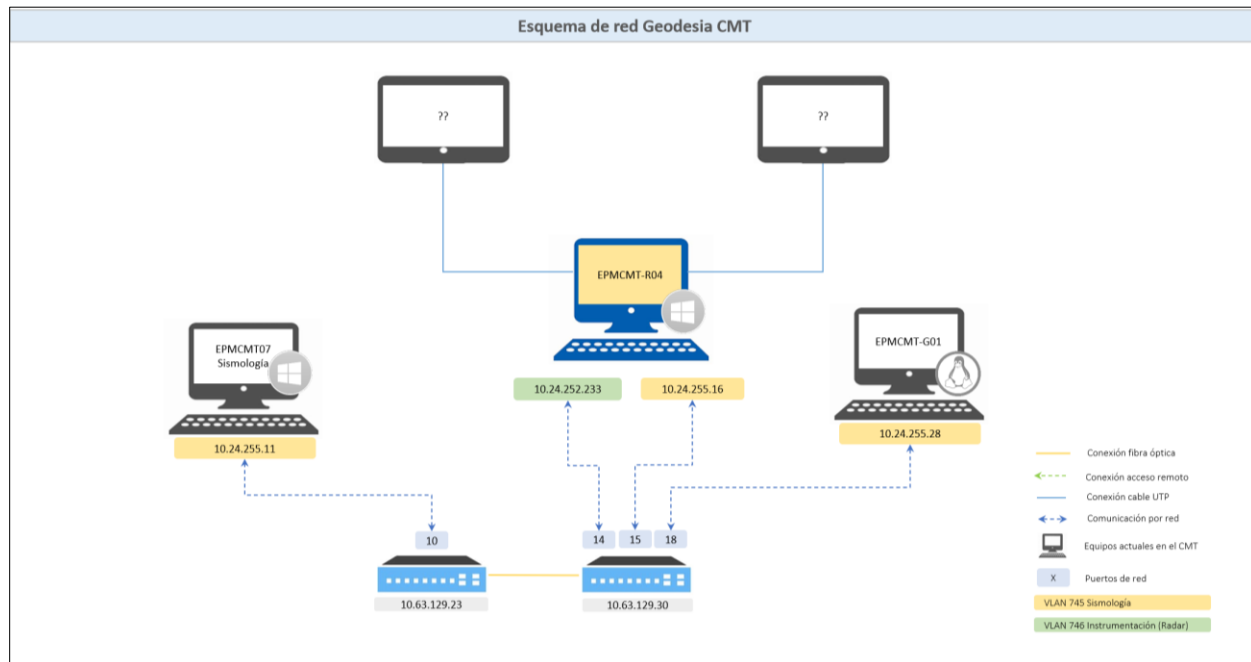
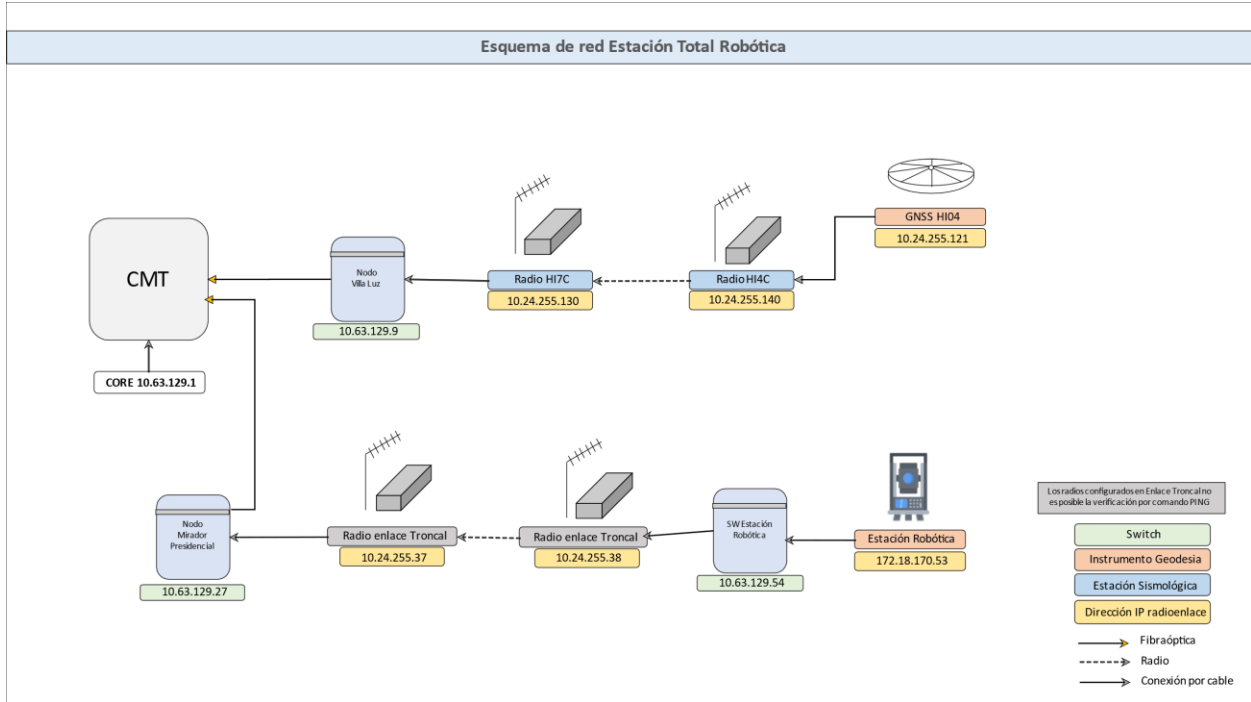
epm <sup>®</sup>		HOJA DE VIDA INSTRUMENTOS DE HIDROMETRIA			
Código			Fecha de instalación del equipo		
Fecha de creación		Versión	0	Revisión	0
<b>Identificación del instrumento</b>					
Tipo	Piezómetro	Referencia	LH100		
Marca	Siemens	Datalogger	CR6		
Código	PZ-2	Número de canal	2		
Serial	WTG3TYUN63	Precisión	Según IEC 60770-1		
Rango de medición mínimo	0	Frecuencia de muestreo	1 Segundo		
Rango de medición máximo	1 Bar	Fuente de alimentación	10 ... 33 V DC		
Interfaz de salida	4 ... 20 mA				
<b>Observaciones:</b>					
<b>Ubicación del equipo</b>					
Localización	Túnel de Desviación Derecha		Frente de trabajo	Descarga Intermedia	
<b>Esquema de localización</b>			<b>Instalación del equipo en campo</b>		



*Fuente:* Elaboración propia

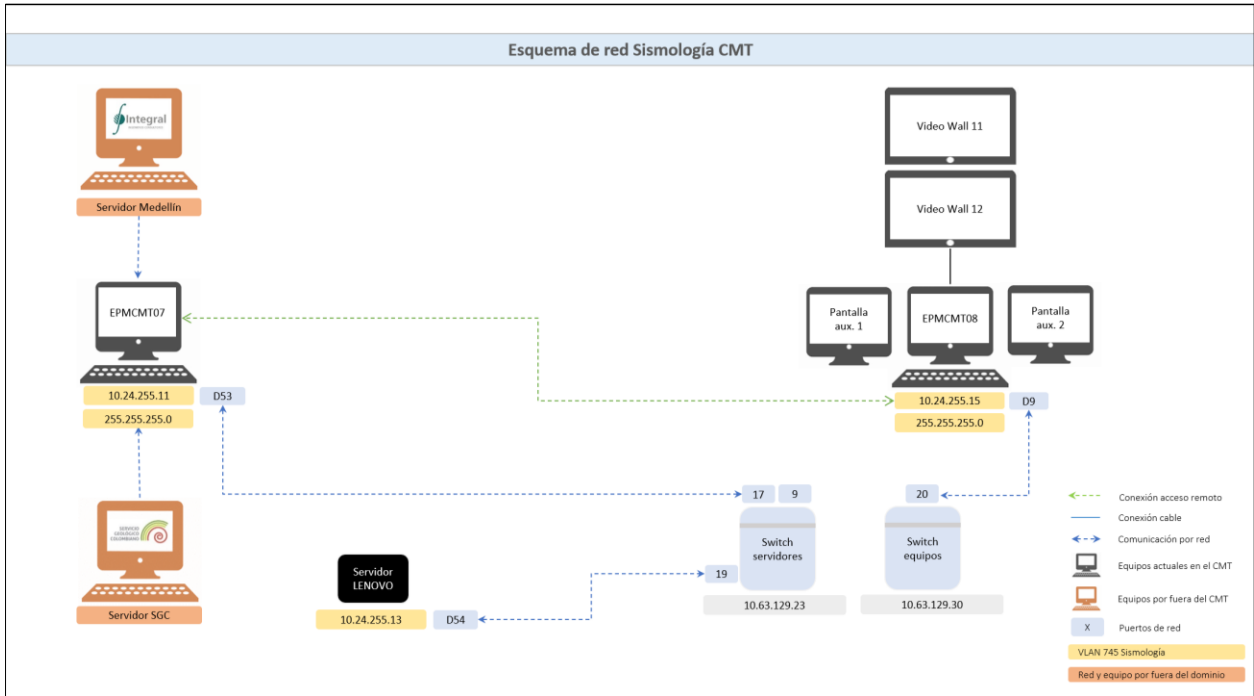
**Anexo 16. Diagrama de red estación de Geodesia detallado**





Fuente: Elaboración propia

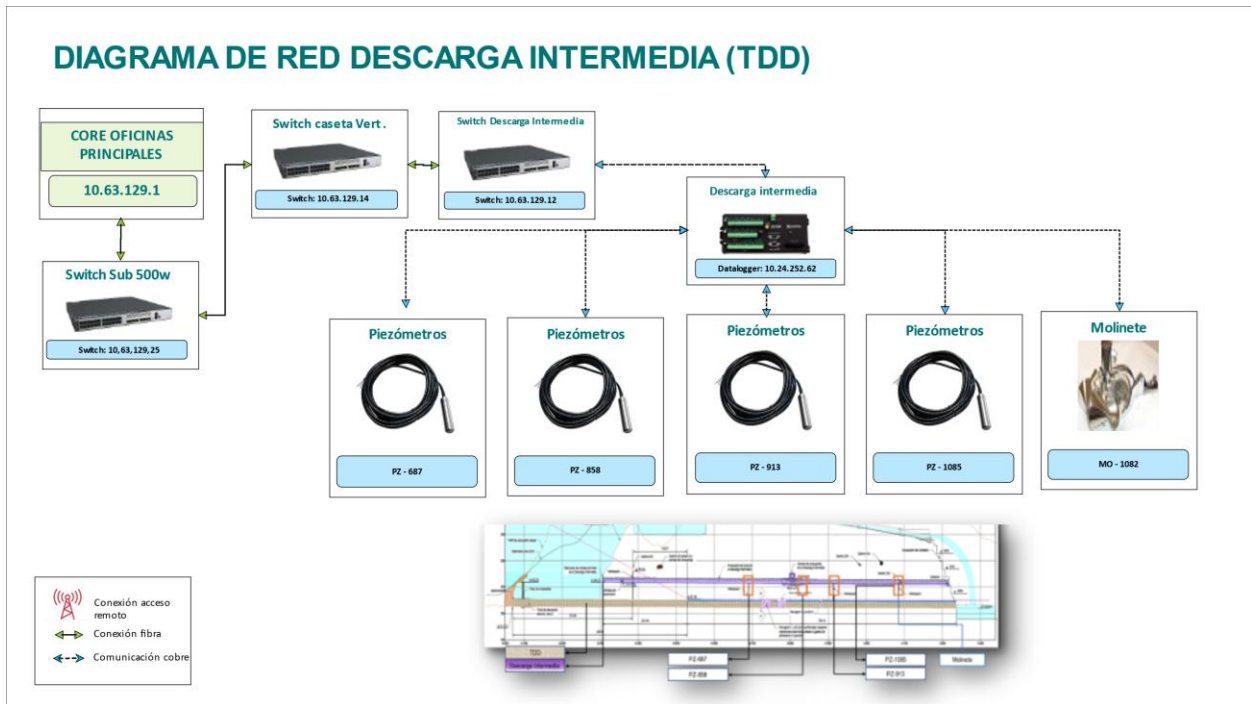
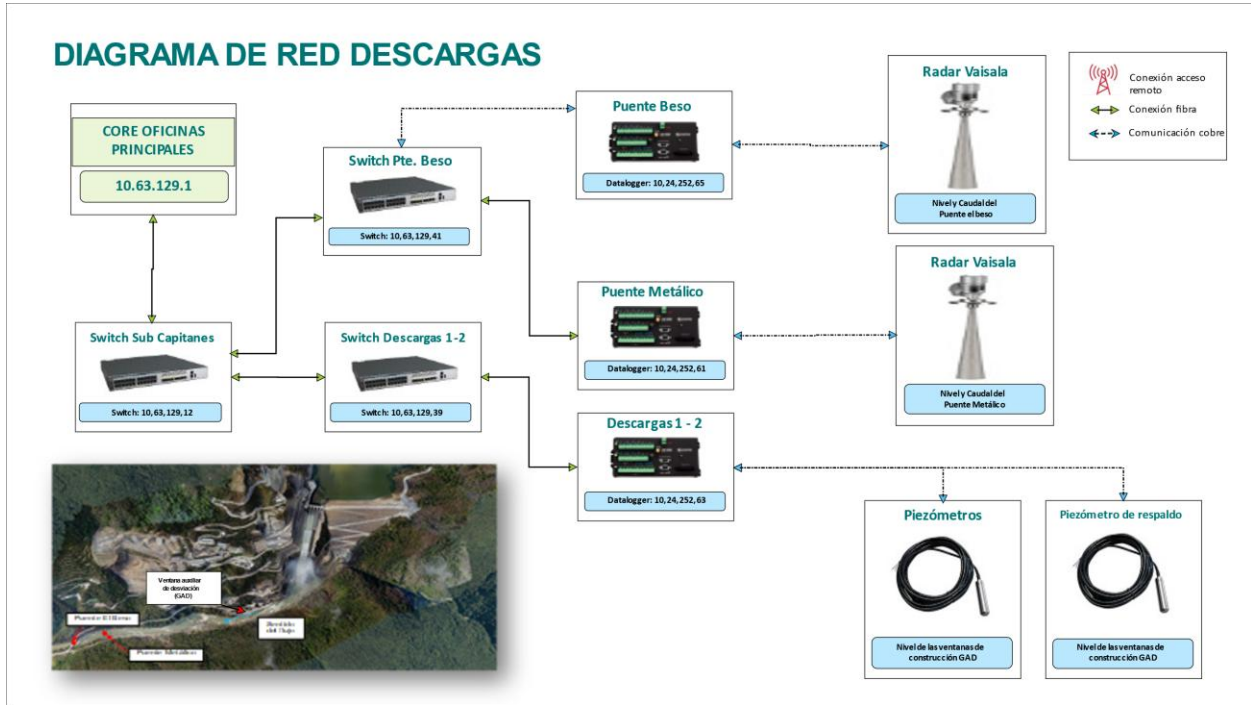
**Anexo 17.** Diagrama de red equipos de sala estación de Sismología

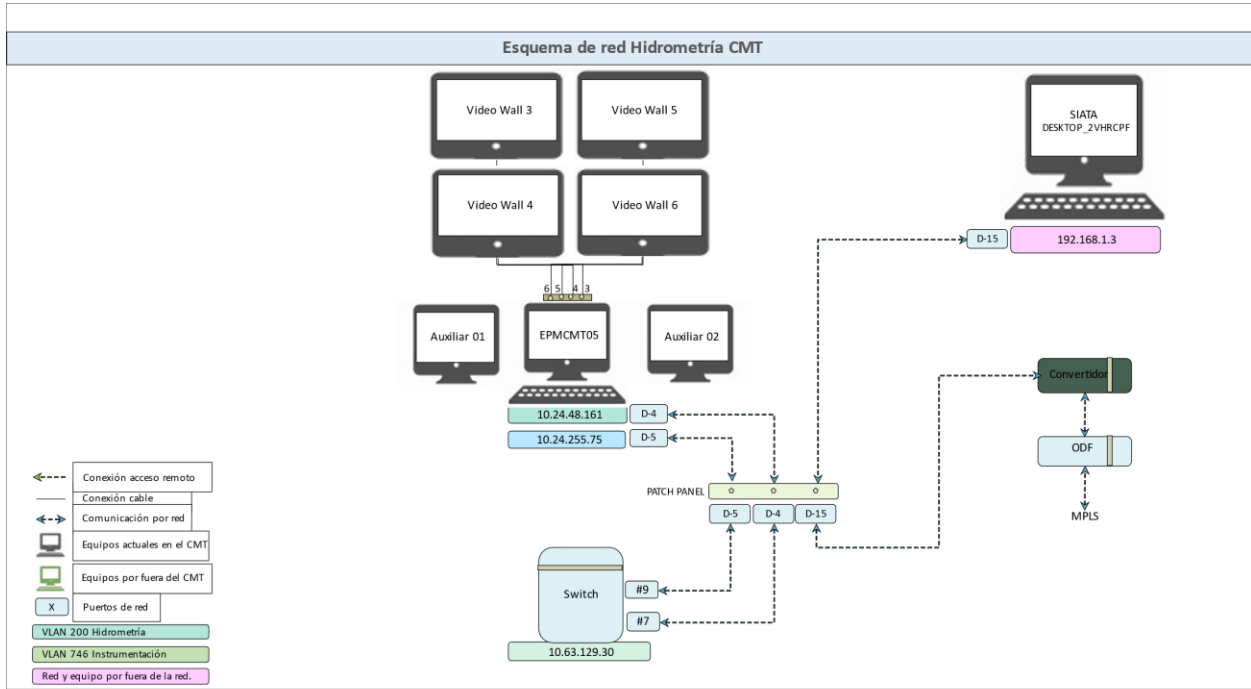
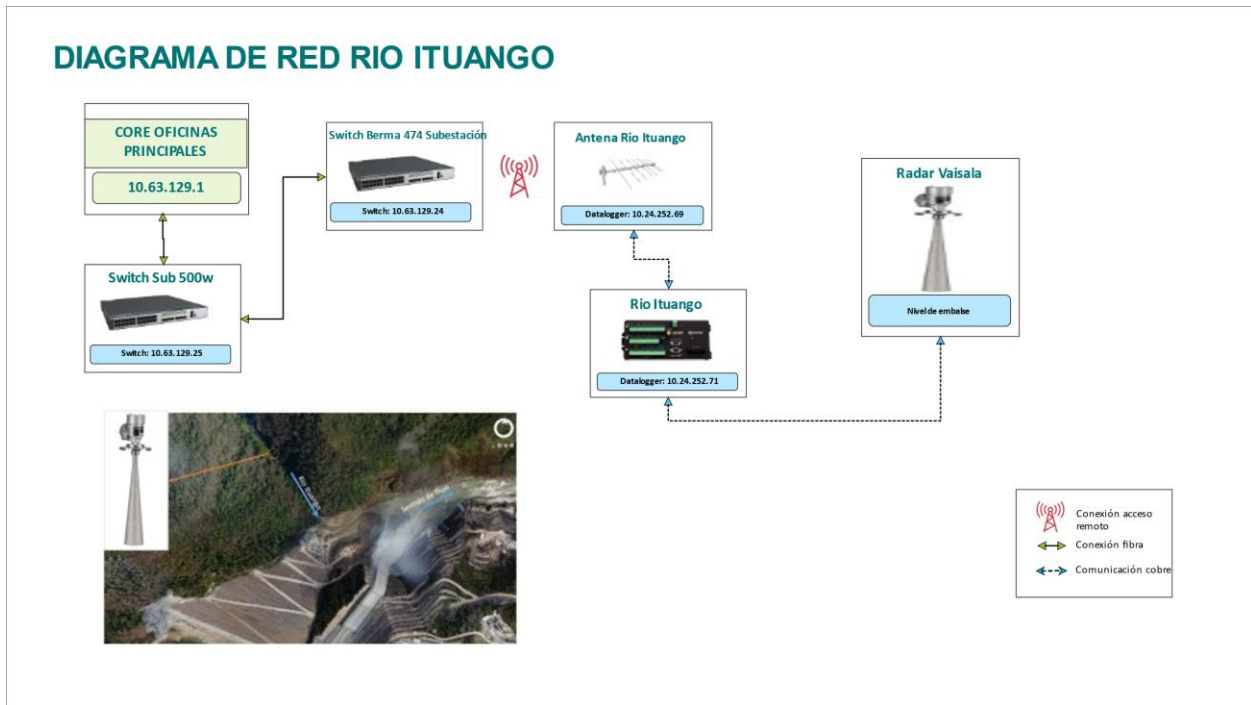


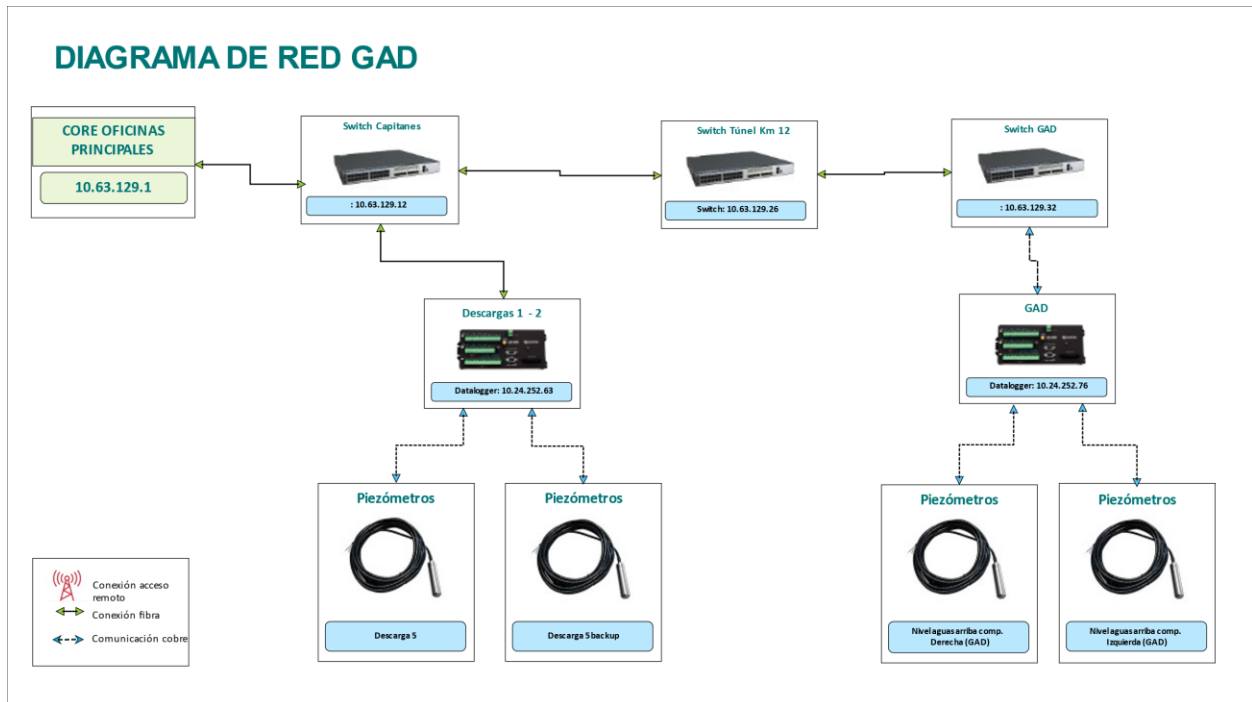
*Fuente:* Elaboración propia



Anexo 18. Diagrama de red estación de Hidrometría detallado







*Fuente:* Elaboración propia

## Anexo 19. Programa CRBasic de los Instrumentos del TDD

```

CRBasic Editor - [Molinete_ITUANGO_VEL_S3_4-20mA_VW_V20190906 (2).CRB for the CR800]
File Edit View Search Compile Template Instruction Goto Window Tools Help
1 | LECTURA MOLINETE
2 | FECHA ULTIMA MODIFICACION 18 DE JULIO DE 2019
3 | AUTOR ISMAEL ANAYA
4 | FUNCION MONITOREO DE CAUDAL CON MOLINETE, TABLA PUBLIC CENSA CADA 40 SEGUNDOS Y ALMACENA EN ALL DATA CADA 40 SEGUNDOS EL CAUDAL
5
6 StationName MOLINETE_CR800
7 ///////////////////////////////////////////////////////////////////DECLARACION DE CONSTANTES/////////////////////////////////////////////////////////////////
8
9 Const SCAN_PER=10 'PERIODO DE ESCANEO
10 Const SCAN_UNIT=SEC 'UNIDAD DE PERIODO DE ESCANEO
11
12 Const REG_PER=10 'PERIODO DE REGISTRO DE DATOS(EN MEMORIA Y SATELITE)
13 Const REG_UNIT=SEC
14
15 Const REG_PER_RT=1 'PERIODO DE REGISTRO DE DATOS(EN MEMORIA, TIEMPO REAL)
16 Const REG_UNIT_RT=SEC
17
18 Const SOPORTE_PER=60 'PERIODO REVISION DE ESTADO INTERNO DEL DATALOGGER
19 Const SOPORTE_UNIT=MIN
20
21 Const BUFFER_SIZE=33000
22
23
24 'DEFINICION DE CONSTANTES PARA EL MOLINETE
25 Const MOL_PORT_1=1 'PUERTO DE ADQUISICION DE LA SENAL DE PULSOS
26 Const MOL_N_1=1 'MULTIPLICADOR DEL MOLINETE
27 Const MOL_OFFSET=0 'OFFSET MOLINETE
28 Const PROF_POZO_1=0.93 'CONSTANTES PARA CALCULAR EL AREA
29 Const ANCHO_POZO_1=1
30
31
32 'DEFINICION DE CONSTANTES PARA EL MOLINETE 2
33 Const MOL_PORT_2=1 'PUERTO DE ADQUISICION DE LA SENAL DE PULSOS
34 Const MOL_N_2=1 'MULTIPLICADOR DEL MOLINETE
35 Const MOL_OFFSET_2=0 'OFFSET MOLINETE
36 Const PROF_POZO_2=0.93 'CONSTANTES PARA CALCULAR EL AREA
37 Const ANCHO_POZO_2=1
38
39 'DEFINICION DE CONSTANTES PARA SENSOR 4-20mA
40 Const Num_Sens=4
41 Const INI_CH=1
42 Public Cero(Num_Sens)= (224.97, 225.28, 226.65, 226.85)

```

```

CRBasic Editor - [Molinete_ITUANGO_VEL_S3_4-20mA_VW_V20190906 (2).CRB for the CR800]
File Edit View Search Compile Template Instruction Goto Window Tools Help
55 Public V2
56 'Public Q_MG 'VARIABLE QUE ALMACENA EL CAUDAL
57 'Public AREA 'VARIABLE QUE ALMACENA EL AREA CALCULADA
58 'Public PTemp, Batt_Volt 'TEMPERATURA INTERNA Y BATERIA
59 Public contador
60 Public S_4_20mA(3) 'Arreglo Medidores Infiltracion en mA
61 Public S_4_20mA_Ing(3) 'Arreglo nivel de mira de Medidores Infiltracion en cms
62 Public AWRC
63 Public VW(1,6)
64 Public S_VW_Ing
65
66
67 Alias S_VW = F2-TDI-IDVD-010_VW 'Nombre del sensor leído en esta posición
68 Alias S_VW_Ing = F2-TDI-IDVD-010_Ing 'Nombre del sensor leído en esta posición
69
70 Alias S_4_20mA(1) = F2-TDI-IDVD-020_mA 'Nombre del sensor leído en esta posición
71 Alias S_4_20mA(2) = F2-TDI-IDVD-030_mA 'Nombre del sensor leído en esta posición
72 Alias S_4_20mA(3) = F2-TDI-IDVD-040_mA 'Nombre del sensor leído en esta posición
73
74 Alias S_4_20mA_Ing(1) = F2-TDI-IDVD-020_Ing 'Nombre del sensor leído en esta posición
75 Alias S_4_20mA_Ing(2) = F2-TDI-IDVD-030_Ing 'Nombre del sensor leído en esta posición
76 Alias S_4_20mA_Ing(3) = F2-TDI-IDVD-040_Ing 'Nombre del sensor leído en esta posición
77
78
79 Alias Cero(1) = Cero_F2-TDI-IDVD-020 'Nombre del sensor leído en esta posición
80 Alias Cero(2) = Cero_F2-TDI-IDVD-030 'Nombre del sensor leído en esta posición
81 Alias Cero(3) = Cero_F2-TDI-IDVD-040 'Nombre del sensor leído en esta posición
82 Alias Cero(4) = Cero_F2-TDI-IDVD-010 'Nombre del sensor leído en esta posición
83
84 Alias Rango_Max(1) = Rango_Max_F2-TDI-IDVD-020 'Nombre del sensor leído en esta posición
85 Alias Rango_Max(2) = Rango_Max_F2-TDI-IDVD-030 'Nombre del sensor leído en esta posición
86 Alias Rango_Max(3) = Rango_Max_F2-TDI-IDVD-040 'Nombre del sensor leído en esta posición
87 Alias Rango_Max(4) = Rango_Max_F2-TDI-IDVD-010 'Nombre del sensor leído en esta posición
88
89
90 Alias Rango_Min(1) = Rango_Min_F2-TDI-IDVD-020 'Nombre del sensor leído en esta posición
91 Alias Rango_Min(2) = Rango_Min_F2-TDI-IDVD-030 'Nombre del sensor leído en esta posición
92 Alias Rango_Min(3) = Rango_Min_F2-TDI-IDVD-040 'Nombre del sensor leído en esta posición
93 Alias Rango_Min(4) = Rango_Min_F2-TDI-IDVD-010 'Nombre del sensor leído en esta posición
94
95
96 Alias Offset_Rel(1) = Offset_Rel_F2-TDI-IDVD-020 'Nombre del sensor leído en esta posición

```

Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. enero de 2021

```

CRBasic Editor - [Molinete_ITUANGO_VEL_S3_4-20mA_VW_V20190906 (2).CRB for the CR800]
File Edit View Search Compile Template Instruction Goto Window Tools Help
260 Sub Medir_Sens_4_20mA()
261 VoltDiff (S_4_20mA(1),3,autorange,INT_CN,True,0,_60Hz,0.01,0)
262
263 For contador = 1 To 3
264   S_4_20mA_Inj(contador)=(Cero(contador)+(((S_4_20mA(contador)-4)/14)*(Rango_Max(contador)-Rango_Min(contador))+Rango_Min(contador))*10.19744)
265   IF S_4_20mA(contador)<4 Then 'Si el nivel del medidor de infiltracion es menor que cero entonces 1
266     S_4_20mA_Inj(contador) = Cero(contador)
267   End If
268   Next contador
269 EndSub
270
271 Sub Medir_Sens_VW()
272 AVW200(AVWRC,ComRS232,0.5,VW(1,1),1,1,1,450,4000,2,_60Hz,1,0)
273 S_VW=((VW(1,1)/1000)*2)*1000
274 S_VW_Inj = (Cero(4)+(((9079-S_VW)/183.6)*10.197442889))+Offset_Rel(4) 'Ecuacion para pasar de VW a mts.
275 EndSub
276
277 '////////////////////////////////////////////////////////////////PROGRAMA PRINCIPAL////////////////////////////////////////////////////////////////
278 BeginProg
279 Bajo_Volt=Bajo_Volt_Reg
280 Lit_Batt_Flag=0
281 SerialOpen(ComRS232,38400,0,0,10000)
282 Inicio_Vbles_Estado_DataLogger()
283 Scan (SCAN_PER_SCAN_UNIT,3,0)
284 'PROCESO DE MEDICION DE DATOS MOLINETE
285 PulseCount(PULSOS,MOL_K_MOL_PORT_1,0,1,MOL_K_MOL_OFFSET)
286 PulseCount(PULSOS2,MOL_K_2_MOL_PORT_2,1,MOL_K_2_MOL_OFFSET_2)
287 calculo_caudal()
288 calculo_caudal_2()
289 'Q_MD=V*AREA
290 Medir_Sens_4_20mA() 'CALCULA EL CAUDAL TOTAL
291 Medir_Sens_VW()
292 'PROCESO DE LECTURA DE STATUS
293 Estado_DataLogger() 'MEDICION VARIABLES INTERNAS DATALOGGER
294 Signature_24Hrs() 'REVISION SIGNATURE CADA 24 HR
295 Delay (0,20,mSec)
296 CallTable All_Data 'TABLA DE REGISTRO DE SOPORTE DATALOGGER
297 CallTable Soporte_DataLogger
298 NextScan
299 EndProg

```

```

CRBasic Editor - [Molinete_ITUANGO_VEL_S3_4-20mA_VW_V20190906 (2).CRB for the CR800]
File Edit View Search Compile Template Instruction Goto Window Tools Help
276 '////////////////////////////////////////////////////////////////PROGRAMA PRINCIPAL////////////////////////////////////////////////////////////////
277 BeginProg
278 Bajo_Volt=Bajo_Volt_Reg
279 Lit_Batt_Flag=0
280 SerialOpen(ComRS232,38400,0,0,10000)
281 Inicio_Vbles_Estado_DataLogger()
282 Scan (SCAN_PER_SCAN_UNIT,3,0)
283 'PROCESO DE MEDICION DE DATOS MOLINETE
284 PulseCount(PULSOS,MOL_K_MOL_PORT_1,0,1,MOL_K_MOL_OFFSET)
285 PulseCount(PULSOS2,MOL_K_2_MOL_PORT_2,1,MOL_K_2_MOL_OFFSET_2)
286 calculo_caudal()
287 calculo_caudal_2()
288 'Q_MD=V*AREA
289 Medir_Sens_4_20mA() 'CALCULA EL CAUDAL TOTAL
290 Medir_Sens_VW()
291 'PROCESO DE LECTURA DE STATUS
292 Estado_DataLogger() 'MEDICION VARIABLES INTERNAS DATALOGGER
293 Signature_24Hrs() 'REVISION SIGNATURE CADA 24 HR
294 Delay (0,20,mSec)
295 CallTable All_Data 'TABLA DE REGISTRO DE SOPORTE DATALOGGER
296 CallTable Soporte_DataLogger
297 NextScan
298 EndProg

```

*Fuente: (EPM, 2021)*

Metodología de soporte y mantenimiento para los equipos que intervienen el monitoreo de variables del sistema de alertas tempranas del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. enero de 2021