



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE CAMPO
UTILIZADOS EN LA PLANTA DE ÓXIDOS DE PLATA DE LA
COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JONY ALFREDO ADUVIRI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Para Antolín Alfredo y Frida Yolanda.

Jony A. Aduviri.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi familia y especialmente a todos mis maestros e ingenieros de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la UNA-Puno.

Jony A. Aduviri



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 17

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS: 19

2.1.1. Sensor o elemento primario 19

2.1.2. Transmisor 20

2.1.3. Transductor 21

2.2. MEDICIÓN 22

2.2.1. Rango 22

2.2.2. Alcance 23

2.2.3. Error 23



2.2.4. Banda muerta.....	24
2.2.5. Histéresis	24
2.3. INSTRUMENTOS DE POSICIÓN – SWITCH DE DESALINEAMIENTO	25
2.4. INSTRUMENTOS DE SEGURIDAD – PULL CORD	27
2.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PROXIMIDAD – SWITCH DE VELOCIDAD CERO	29
2.5.1. Sensor de proximidad inductivo	29
2.6. INSTRUMENTO DE NIVEL – TILT SWITCH	31
2.7. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	33
2.7.1. RTD (Detector de temperatura resistivo)	33
2.8. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL	35
2.8.1. Medidor de nivel ultrasónico.....	36
2.9. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PH	40
2.9.1. Medición de ph.....	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. RECURSOS HUMANOS	46
3.2. RECURSOS MATERIALES	46
3.3. RECURSOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	47
3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.4.1. Tipo de investigación	47



3.4.2. Enfoque de la investigación.....	48
3.4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	48
3.5. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DISCRETOS.....	48
3.5.1. Switch de desalineamiento de faja	51
3.5.2. Switch pull cord.....	55
3.5.3. Switch de velocidad cero.....	58
3.5.4. Tilt switch.....	61
3.6. METODOLOGÍA PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA PT-100	65
3.7. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE NIVEL ULTRASÓNICO.....	70
3.8. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS ANALIZADORES DE PH	74

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SWITCH DE DESALINEAMIENTO DE FAJA - ZDSH/L	81
4.2. SWITCH PULL CORD - HSS	81
4.3. SWITCH DE VELOCIDAD CERO - SSL	82
4.4. TILT SWITCH - LSH	82
4.5. INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA - TE, TT, TIT.....	82
4.6. INSTRUMENTOS DE NIVEL ULTRASÓNICO - LE, LT, LIT	82



4.7. INSTRUMENTOS ANALIZADORES DE PH – AE, AT, AIT.....	83
V. CONCLUSIONES	85
VI. RECOMENDACIONES	86
VII. REFERENCIAS.....	87
ANEXOS.....	89

Área: Ingeniería y tecnología

Línea: Automatización e Instrumentación

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de diciembre de 2021.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Correspondencia entre temperatura y resistencia en el PT-100	66
Tabla 2: Tabla comparativa para el precomisionamiento de instrumentos de nivel.....	71
Tabla 3: Parámetros para prueba de Megado en cables de control y fuerza.....	74
Tabla 4: Correspondencia de mV con pH.....	76



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Funcionamiento de elemento	19
Figura N° 2: Conversión de variable física a señal compatible.....	20
Figura N° 3: Conversión de variable física a señal estándar	20
Figura N° 4: Transmisores de temperatura y nivel.....	21
Figura N° 5: Funcionamiento del transductor	21
Figura N° 6: Transductor de presión	21
Figura N° 7: Rango de un manómetro 0 a 100 mbar	23
Figura N° 8: Span del manómetro $250 - 0 = 250\text{kPa}$	23
Figura N° 9: Cálculo de error	24
Figura N° 10: Histéresis de una señal de medición de temperatura	25
Figura N° 11: Switch de desalineamiento de faja	26
Figura N° 12: Dimensiones y montaje de switch	26
Figura N° 13: Pull cord.....	27
Figura N° 14: Activación del pull cord	28
Figura N° 15: Interior del pull cord	28
Figura N° 16: Sensor de proximidad inductivo	29
Figura N° 17: Tipos de sensores inductivos.....	30
Figura N° 18: Esquema de conexionado de un detector de proximidad inductivo	30



Figura N° 19: Diagrama del switch de velocidad cero.....	31
Figura N° 20: Tilt Switch + Controlador de campo	32
Figura N° 21: Instalaciones del Tilt Switch	32
Figura N° 22: Gráfica de respuesta del Pt-100.....	34
Figura N° 23: Partes del RTD	34
Figura N° 24: Comparación de RTD de cerámica y RTD con filamentos de Pt.....	35
Figura N° 25: Distribución de Frecuencias para transductores de nivel	36
Figura N° 26: Transmisor de nivel, tipo ultrasónico	37
Figura N° 27: Distancias del trasmisor.....	38
Figura N° 28: Medidor de nivel ultrasónico.....	40
Figura N° 29: Escala de pH.....	41
Figura N° 30: Medición de pH método Potenciométrico.....	43
Figura N° 31: Tipos de electrodos combinados	44
Figura N° 32: Bulbo de un pH-metro de vidrio.....	44
Figura N° 33: Distribución de instrumentos discretos	49
Figura N° 34: Inspección del switch de desalineamiento.....	52
Figura N° 35: Diagrama de lazo del ZDSH/L (Ver plano Nro 1).....	53
Figura N° 36: Pull Cord.....	55
Figura N° 37: Diagrama de lazo del HSS (Ver plano Nro 2).....	56
Figura N° 38: Instalación de switch de velocidad cero	58



Figura N° 39: Diagrama de lazo del SSL (ver plano Nro 3)	59
Figura N° 40: Esquema de instalación del tilt switch.....	61
Figura N° 41: Activación del tilt switch.....	62
Figura N° 42: Placa electrónica del tilt switch	62
Figura N° 43: Diagrama de lazo del LSL (Ver plano Nro 4)	63
Figura N° 44: Gráfico de Temperatura - intensidad de corriente	67
Figura N° 45: Diagrama de lazo del TE y TT (Ver plano 5).....	68
Figura N° 46: Gráfico de relación de corriente y nivel	71
Figura N° 47: Diagrama de lazo del LIT.....	72
Figura N° 48: Gráfica de relación de voltaje con pH	77
Figura N° 47: Diagrama de lazo del AIT	78
Figura N° 48: Distancias entre elemento de nivel y pared	83
Figura N° 49: Relación de mV por cambio de pH	84



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	: grado centígrado
ANSI	: American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
ATS	: Acceptance Testing Standard (Estándar de Aceptación de pruebas)
cm	: centímetro
CMVSAA	: Compañía Minera Volcan Sociedad Anónima Abierta
CNE	: Código Nacional de Electricidad.
DPDT	: Doble pole doble throw (doble polo y doble corte)
EPP	: Equipo de protección personal
GHz	: Giga Hertz
IEC	: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
ISA	: International Society of Automation (Sociedad Internacional de Automatización)
Layout	: Planos en vista de planta que muestra la ubicación de equipos.
LBS	: Libras
LOTO	: Lock out tag out
LRV	: Lower range value – Valor de rango inferior
m	: metro
mA	: mili amperios
MCC	: Centro de control de motores
mm	: milímetro
mV	: mili voltios



MVSA	: Minera Volcan Sociedad Anónima
MΩ	: Mega ohmios
NA	: Normalmente abierto
NC	: Normalmente cerrado
NEMA	: National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)
NETA	: InterNational Electrical Testing Association (Asociación internacional de pruebas eléctricas)
ns	: Nano segunda
P&ID	: Planos de tuberías e instrumentos.
Red line	: marcación realizada en planos donde se modifica el diseño de ingeniería.
RGS	: Rigid Galvanized Steel
RTD	: Resistance Temperature Detector (Detector térmico resistivo)
SAA	: Sociedad Anónima Abierta
SPDT	: Single pole doble throw (un polo y doble corte)
URV	: Upper range value – Valor de rango superior
VAC	: Voltaje en corriente alterna
VDC	: Voltaje en corriente continua



RESUMEN

El presente trabajo de tesis se desarrolló entre noviembre del 2013 y abril del 2014 en la región de Pasco, distrito de Paragsha, en la planta industrial de Óxidos de Plata de la unidad minera Volcan S.A.A, tiene como objetivo desarrollar una guía sobre el precomisionamiento de instrumentos de campo, documentando las buenas prácticas y lecciones aprendidas durante su aplicación en el proyecto previo a la puesta en marcha de la planta. El problema que se identificó es que luego del proceso constructivo de una planta minera el funcionamiento y medición de los instrumentos no concordaban con la filosofía de operación del proceso, es por ello que se propuso realizar pruebas “sin carga” para analizar estas respuestas de situaciones simuladas en condiciones de operación con los comportamientos esperados de cada instrumento. Para realizar este trabajo se utilizaron métodos aplicativos y prácticos de ensayo y error, las entradas que se utilizaron en el presente proceso de precomisionamiento fueron los documentos de inspección y liberación calidad constructiva, la filosofía de control de la planta y los estándares de la empresa, como principal salida se consiguió la secuencia de pruebas de precomisionamiento para cada tipo de instrumento, en el presente trabajo de tesis se analizaron las variables de proceso de posición, temperatura, nivel y pH. Se concluye que el precomisionamiento de instrumentos de campo reduce notablemente las fallas de operación e incrementa la seguridad del personal operativo de la planta y de los propios instrumentos

Palabras Clave : precomisionamiento, instrumentación, pruebas, minería, inspección.



ABSTRACT

The present thesis work was developed between November 2013 and April 2014 in the Pasco region, Paragsha district, in the mining plant of Silver Oxides of the Volcan SAA mining company, it aims to develop a guide on the pre-commissioning of field instrumentation, documenting the good practices and lessons learned during its application in the project prior to the start-up of the plant. The problem identified was that after the construction process of a mining plant, the operation and measurement of the instruments did not agree with the operating philosophy of the process, which is why it was proposed to carry out tests with “no load” to analyze these responses of simulated situations in operating conditions with the expected behaviors of each instrument. To carry out this work it was used applicative and practical methods of test and error, the inputs used in the present pre-commissioning process were the construction quality inspection data sheets and release documentation, the plant control philosophy and the standards of the company, the main output gotten was the sequence of the pre-commissioning tests for each type of instrument, in this thesis work it was analyzed process variables such as position, temperature, level and pH. It concludes that the pre-commissioning of field instrumentation reduces significantly the failure of operations and increases safety of operative personnel of the plant and even the instruments themselves.

Keywords: Pre-commissioning, instrumentation, tests, mining, inspection.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se realiza como parte del informe de trabajo de precomisionamiento de instrumentos (actividades destinadas a verificar que las instalaciones han sido construidas según la ingeniería de detalles, realizando para ello las pruebas funcionales de operación de los instrumentos en vacío. Esta actividad se realiza después de la etapa de construcción) en la planta de óxidos de plata de la compañía minera Volcan S.A.A.

El precomisionamiento de instrumentos se realiza inmediatamente después de la etapa de construcción de la planta de óxidos de plata, con esto se busca verificar la operatividad de los instrumentos y así también el funcionamiento de los mismos sin carga. Para la ejecución del precomisionamiento se recopila toda la información del proyecto generada desde la etapa de diseño hasta las pruebas de calidad, dentro de estos documentos se recopilan documentos como: Filosofía de control de la planta, estándares de la empresa minera, planos redline (planos en línea roja, donde se dibujan las modificaciones que se realizaron durante la etapa de construcción al diseño original durante la etapa de ingeniería), diagramas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram – Diagramas de Instrumentos y Tubería), planos de localización de instrumentos, planos layout de las áreas de la planta, diagramas unifilales, diagramas esquemáticos, diagramas de conexionado, registros del control de calidad, especificaciones del proyecto, normas nacionales CNE (Código Nacional de Electricidad), normas internacionales ANSI/ISA, ANSI/NETA-ATS.

La etapa de precomisionamiento de instrumentos de campo se realizará en dos fases: la primera corresponde a la prueba inicial de energización y la segunda corresponde



a las pruebas funcionales de los instrumentos, esta última etapa se realiza sin carga de material de proceso.

Las labores de precomisionamiento incluyen todas las pruebas de funcionamiento sin carga o en seco para confirmar que los elementos apropiados para la seguridad del proceso han sido cubiertos satisfactoriamente y la instalación se encuentra en condiciones seguras de operar.

El presente trabajo de tesis propone una metodología aplicada y tecnológica para ejecutar el precomisionamiento de instrumentos de campo utilizados en la planta de óxidos de plata de la compañía minera Volcan S.A.A con el objetivo de reducir los errores de funcionamiento durante el arranque de la planta y de esta forma garantizar un entorno seguro para las personas, instrumentos y el proceso propiamente. El presente documento será una base teórica de consulta para los estudiantes y egresados de la escuela profesional de ingeniería electrónica que quieran conocer y ampliar sus conocimientos sobre cómo realizar el precomisionamiento de instrumentos en plantas mineras y conocer más sobre el entorno laboral de la industria minera, donde los profesionales de ingeniería electrónica pueden laborar como ingenieros/supervisores de pre-comisionamiento, calidad o mantenimiento.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el método óptimo y seguro de precomisionamiento de instrumentos de campo utilizados en la planta de óxidos de plata de la compañía minera Volcan S.A.A.



1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de operatividad que mejoran el funcionamiento de los instrumentos de campo utilizados en el proceso de obtención de plata.
- Evaluar los resultados del precomisionamiento de instrumentos de campo.
- Establecer una estructura de dossier entregable de pruebas y documentos de precomisionamiento.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Las variables de proceso industrial estudiados en el presente trabajo de tesis son:

- Posición
- Temperatura
- Nivel
- pH

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS:

2.1.1. Sensor o elemento primario

Convierte una variable física (presión, temperatura, caudal, etc.) en otra señal compatible con el sistema de medida o control.



Figura N° 1: Funcionamiento de elemento

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

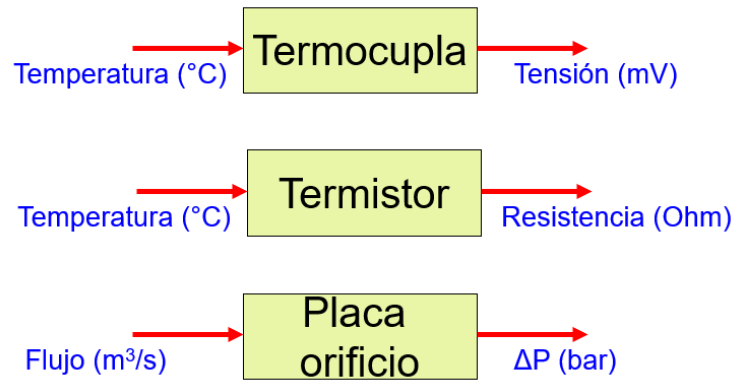


Figura N° 2: Conversión de variable física a señal compatible

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

2.1.2. Transmisor

Capta la variable de proceso a través del elemento primario y la convierte a una señal de transmisión estándar

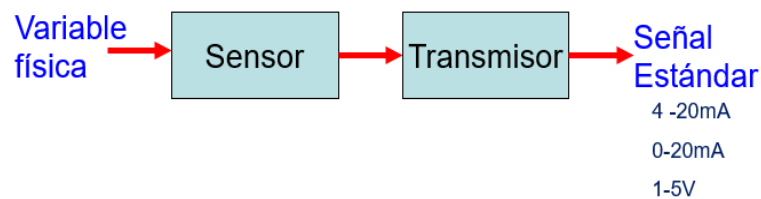


Figura N° 3: Conversión de variable física a señal estándar

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo



Figura N° 4: Transmisores de temperatura y nivel

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

2.1.3. Transductor

Es el conjunto sensor-transmisor que toma la magnitud del proceso y la traduce a una variable normalizada para el sistema de control o medición.

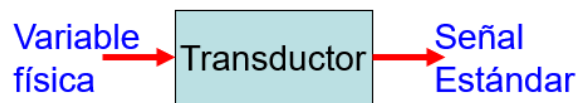


Figura N° 5: Funcionamiento del transductor

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo



Figura N° 6: Transductor de presión

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo



2.2. MEDICIÓN

Algunos de los factores que afectan la medición son:

- El rango
- El alcance o span
- El error
- La banda muerta

2.2.1. Rango

Es el conjunto de valores en la escala de medición dentro de los límites superior e inferior denota la capacidad del equipo, puede expresarse en unidades físicas.

LRV: lower range value, es el valor mínimo de la variable medida que un dispositivo está ajustado para medir.

URV: upper range value, es el valor máximo de la variable medida que un dispositivo está ajustado para medir.



Figura N° 7: Rango de un manómetro 0 a 100 mbar

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

2.2.2. Alcance

También se denomina span, es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del rango del equipo.



Figura N° 8: Span del manómetro $250 - 0 = 250\text{kPa}$

Fuente: TECSUP PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

2.2.3. Error

Es la diferencia algebraica entre la medición actual y el valor verdadero de una magnitud medida. A menudo expresado como un porcentaje del SPAN.

$$\text{error} = \text{Valor indicado} - \text{Valor verdadero}$$

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{\text{Valor indicado} - \text{Valor verdadero}}{\text{Máximo valor de la escala}} * 100\%$$

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{\text{Valor indicado} - \text{Valor verdadero}}{\text{Valor verdadero}} * 100\%$$

$$\text{Porcentaje de error} = \frac{\text{Valor indicado} - \text{Valor verdadero}}{\text{Span}} * 100\%$$

Figura N° 9: Cálculo de error

Fuente: PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

2.2.4. Banda muerta

Rango a través del cual la señal de entrada al dispositivo puede variar sin que éste inicie respuesta. Se expresa como un porcentaje del rango de operación

2.2.5. Histéresis

Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento para un mismo valor del campo de medida cuando la variable recorre toda la escala en forma ascendente y luego en forma descendente.

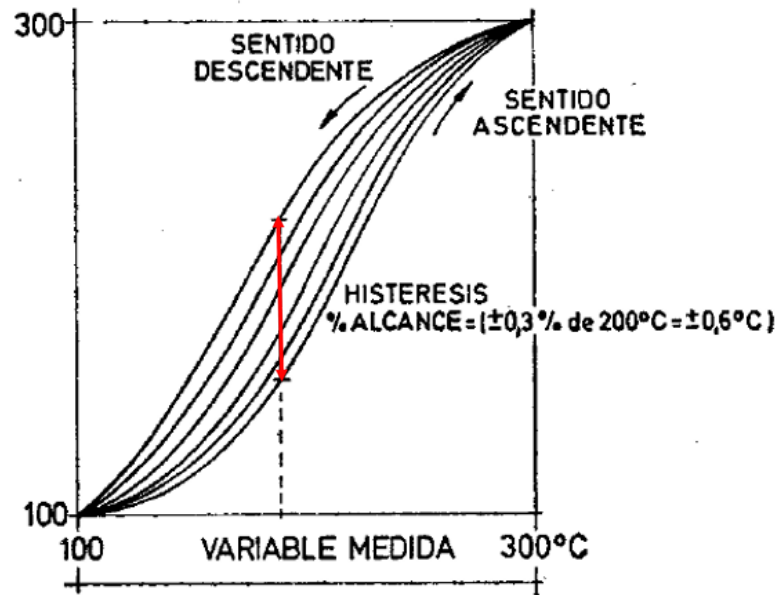


Figura N° 10: Histéresis de una señal de medición de temperatura

Fuente: Instrumentación Industrial - (Creus Solé, 2010)

2.3. INSTRUMENTOS DE POSICIÓN – SWITCH DE DESALINEAMIENTO

Los instrumentos de desalineamiento o switch de desalineamiento son instrumentos discretos que se instalan en las fajas transportadoras para proteger las fajas de daños por desalineamiento o deslizamientos inesperados. Estos instrumentos se instalan en pares, en cada lado de la faja a en ambos extremos de la misma. (Company, 2013)



Figura N° 11: Switch de desalineamiento de faja

Fuente: Vendor Conveyor Components Company

Cada switch de desalineamiento contiene dos micro interruptores que indican dos estados de desviación, alarma de posición bajo y alarma de alto; la primera posición es configurada como alarma de ligero desalineamiento y la segunda posición es una parada de emergencia por excesivo deslizamiento de la faja transportadora. (Huanacuni, 2021)

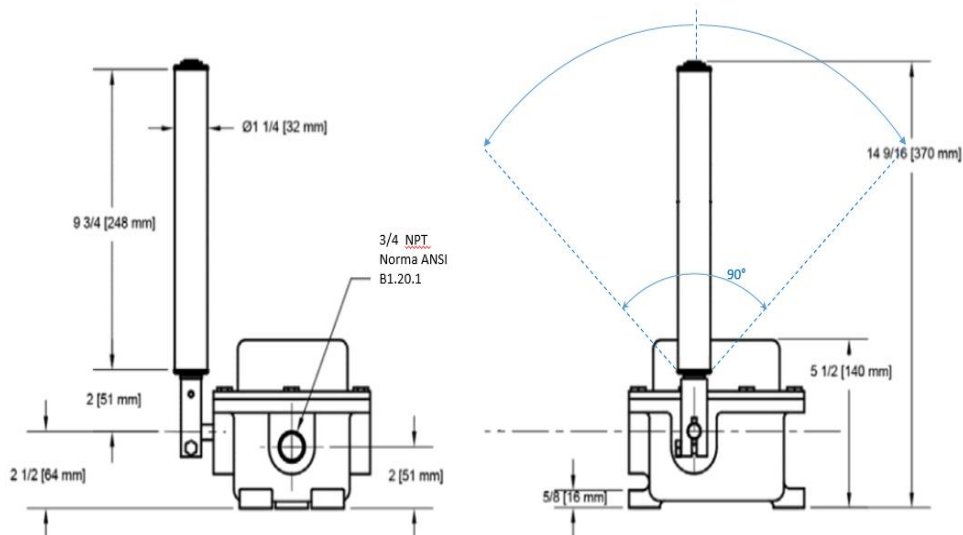


Figura N° 12: Dimensiones y montaje de switch

Elaboración propia

2.4. INSTRUMENTOS DE SEGURIDAD – PULL CORD

El interruptor de seguridad tipo “pull cord” por accionamiento bidireccional es un instrumento que protege a los equipos y al personal operador de las fajas transportadoras ya que puede activarse por atrapamientos o fallas de funcionamiento, éste activa la parada de emergencia que detiene todo el sistema.

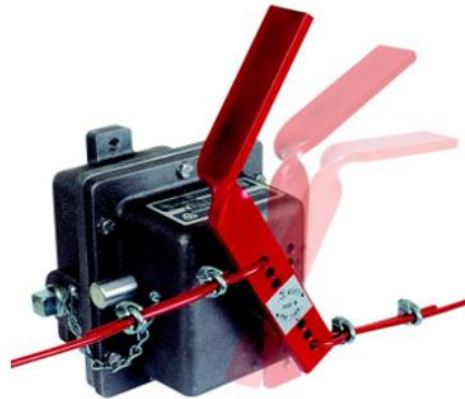


Figura N° 13: Pull cord

Fuente: Vendor Conveyor Components Company

El brazo de activación tiene una movilidad de 60° y posterior a la activación es fácilmente visible desde la distancia. El instrumento se instala con dos cables en ambas direcciones del brazo de activación, hasta máximo 30m por lado, este cable tiene diámetro de 3/16” y pesa 45g/m

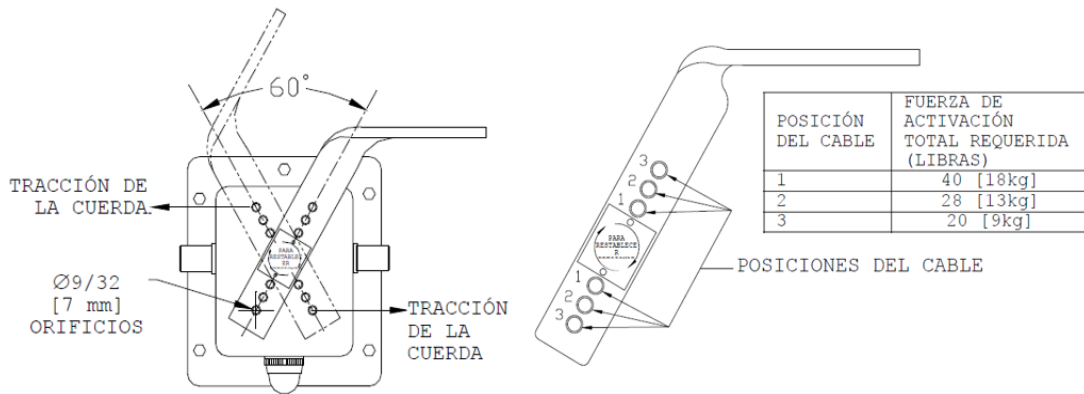


Figura N° 14: Activación del pull cord

Fuente: Vendor Conveyor Components Company

Interiormente el instrumento cuenta con dos microswitches tipo SPDT (single pole doble throw) de los cuales uno envía una señal al PLC y el otro envía una señal al circuito de control del motor principal de la faja transportadora. (Intruments, 2020)

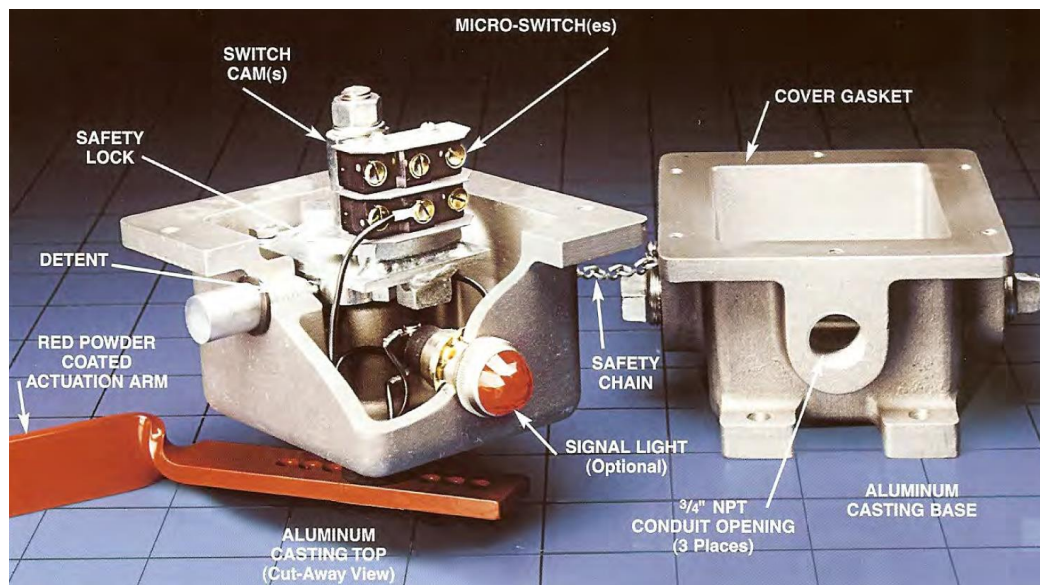


Figura N° 15: Interior del pull cord

Fuente: Vendor Conveyor Components Company

2.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PROXIMIDAD – SWITCH DE VELOCIDAD CERO

Los sensores de proximidad utilizados en la planta de óxidos de plata de la CMVSAA (Compañía Minera Volcan S.A.A) son instalados en las fajas transportadoras de mineral para detectar la velocidad de las mismas.

2.5.1. Sensor de proximidad inductivo

Estos sensores generan un campo de radiofrecuencia invisible y oscilante, cuando un objeto metálico ingresa a este campo, éste es afectado.



Figura N° 16: Sensor de proximidad inductivo

Elaboración propia

Existen dos tipos de sensores inductivos: blindados y no blindados, en el presente trabajo de tesis se utilizan los sensores inductivos blindados.

SENSOR NO BLINDADO

SENSOR BLINDADO



Figura N° 17: Tipos de sensores inductivos.

Elaboración propia

Un sensor de proximidad inductivo detecta la presencia de cualquier objeto de material conductor sin necesidad de contacto físico, consta de dos etapas: un oscilador y una etapa de salida. Los sensores utilizados en la planta de óxidos de plata de MVSA son de 3 hilos y su conexionado se detalla en la siguiente imagen. (Device, 2020)

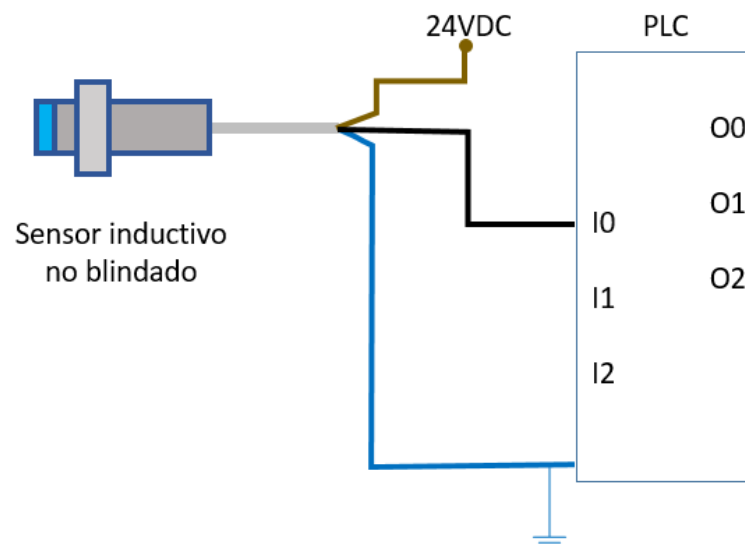


Figura N° 18: Esquema de conexionado de un detector de proximidad inductivo

Fuente: Vendor Conveyor Components Company

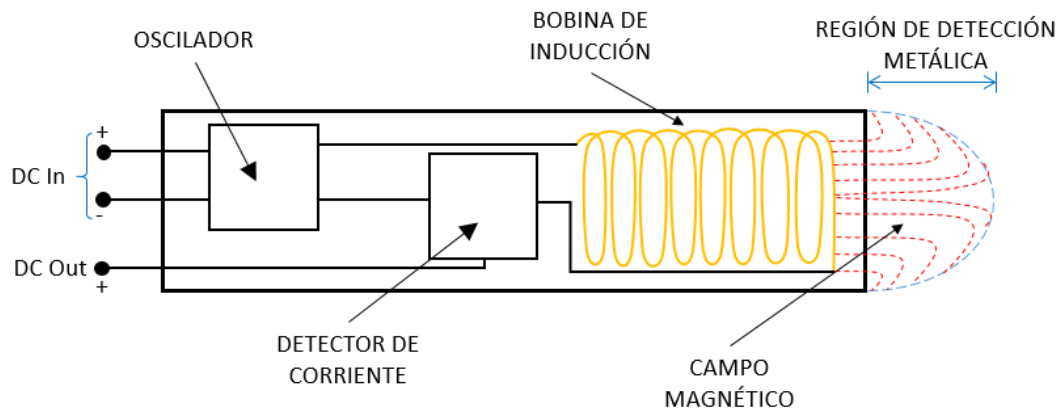


Figura N° 19: Diagrama del switch de velocidad cero

Elaboración propia

2.6. INSTRUMENTO DE NIVEL – TILT SWITCH

Este tipo de instrumento de medición de nivel está compuesto por una unidad de control y una sonda suspendida desde un soporte fijo el cual se activa al inclinarse 25°.

En la planta de óxidos de plata este instrumento se utiliza para controlar el nivel alto en los chutes de descarga, detección de nivel en las pilas de acumulación de material y para detectar bloqueos al final de las fajas transportadoras. (Control, 2020)

La unidad de control del tilt switch tiene un relé de salida configurable por el usuario, lo cual se puede hacer usando los contactos normalmente cerrados, normalmente abiertos o ambos, este relé se acciona por la presencia o ausencia de material. El relé proporciona un cambio en los contactos a medida que la sonda se mueve de posición vertical a inclinada y viceversa.

La unidad de control tiene un interruptor selector lógico y un retardo de tiempo ajustable de 0.1 a 35 segundos el cual retrasará la acción del relé de salida para evitar

señales falsas, tras llegar al final del periodo de retardo, el relé conmuta a la posición desenergizado. (Huayta Arroyo, 2020)



Figura N° 20: Tilt Switch + Controlador de campo

Elaboración propia

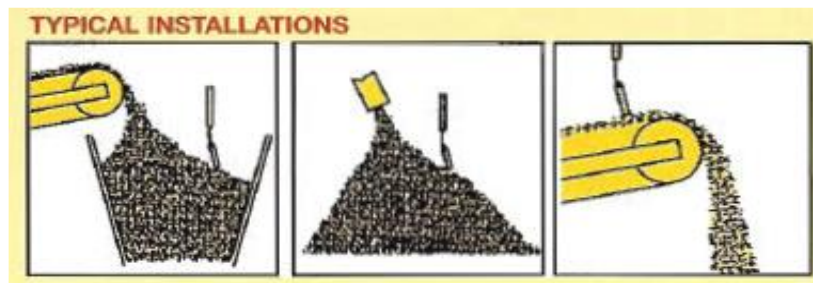


Figura N° 21: Instalaciones del Tilt Switch

Fuente: Vendor Conveyor Components Company



2.7. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

2.7.1. RTD (Detector de temperatura resistivo)

Es un instrumento que mide la temperatura en función de la variación de la resistencia de un alambre bobinado de metal puro, que permita tener una resistencia alta y cuya resistividad varía de acuerdo a la temperatura a la que se expone.

La ecuación que lo rige, de acuerdo a Siemens en 1871, es:

$$R_t = R_0(1 + \alpha T + bT^2 + cT^3)$$

Donde R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia en ohms (Ω), R_t es la resistencia a la temperatura en Ω , α es el coeficiente de temperatura del material y b, c son coeficientes calculados. Para efectos de cálculo se toma la ecuación hasta solo el coeficiente α .

A diferencia del Níquel (poco lineal) y cobre (bajo rango), el platino (Pt) presenta una relación resistencia-temperatura altamente estable y lineal. El RTD de platino de platino, llamado PT 100, presenta una resistencia de 100 Ω a 0°C, tiene una precisión de 0.01 °C y opera en un rango de -200 °C a 800 °C. Su ecuación es:

$$R = 100(1 + \alpha T)$$

$$\alpha = 0.00392^\circ\text{C}^{-1}$$

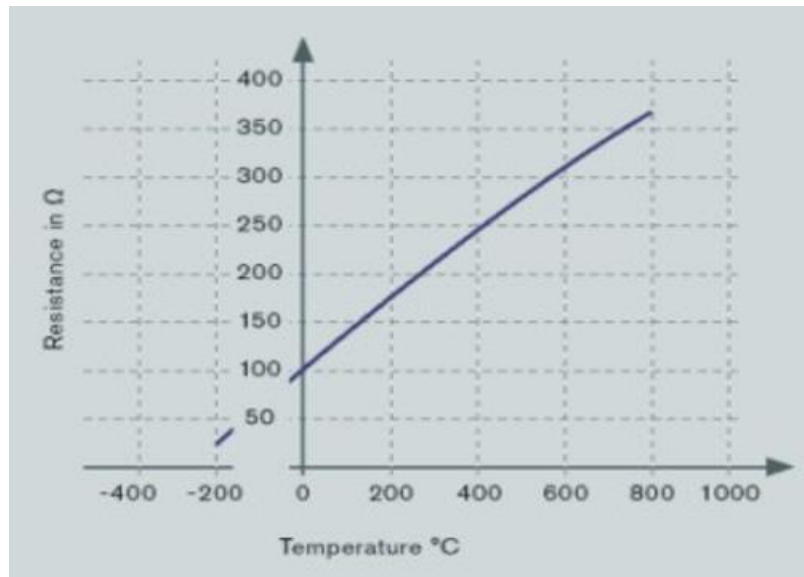


Figura N° 22: Gráfica de respuesta del Pt-100

Fuente: PEP 2012 – Curso Instrumentación de campo

Adicionalmente se debe considerar la resistencia del cable, para el caso razonable sería un cable 18 AWG, que tiene resistencia de 0.0193 ohm por metro.

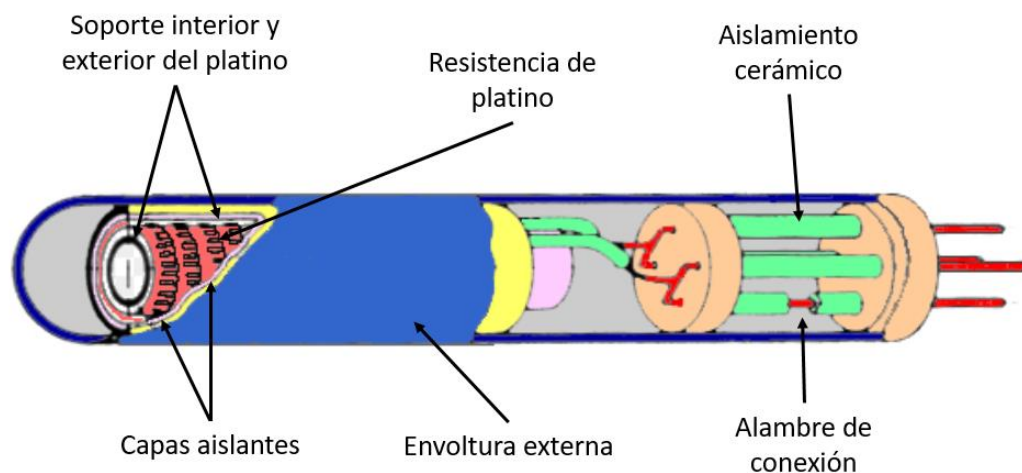


Figura N° 23: Partes del RTD

Elaboración propia

Actualmente el rango de medición de los RTD de cerámica con arrollamiento de platino es de -200 a 600 °C; sin embargo, existen también RTD de vidrio que contienen pequeños filamentos de platino en su interior, cuyo rango de medición es de -50 a 450 °C y la tendencia es /ampliar el rango de medición de estos últimos ya que por su tamaño reducido y el fino filamento de platino utilizado en su interior reduce los costos de producción de los sensores.

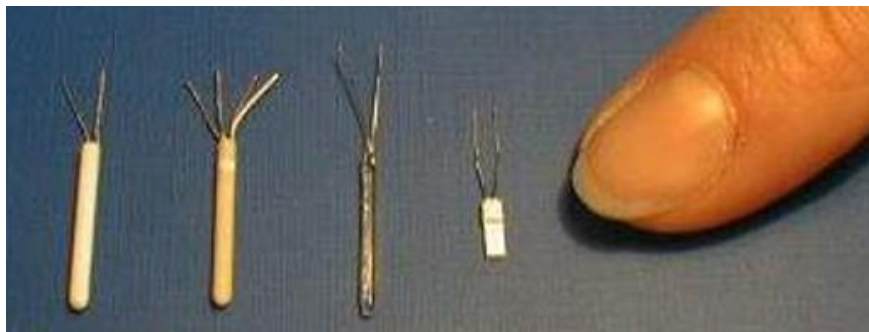


Figura N° 24: Comparación de RTD de cerámica y RTD con filamentos de Pt

Fuente: Endress + Hauser Consult AG Sales Support

2.8. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

La variable de proceso NIVEL se mide y controla durante las etapas de acumulación de material prima (stokpile), tanques de agua de proceso, contenedores de pulpa de concentrado, etc.

Dentro de los criterios para la medición de nivel se considera el tipo del material a medir; que puede ser corrosivo, abrasivo, radioactivo, etc. El entorno donde se realiza la medición que puede contener, altas presiones, vapores, espumas; así mismo se

considera el tipo de recipiente o contenedor del producto a medir que puede ser abierto, cerrado.

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis, se explicará el funcionamiento del medidor de nivel ultrasónico.

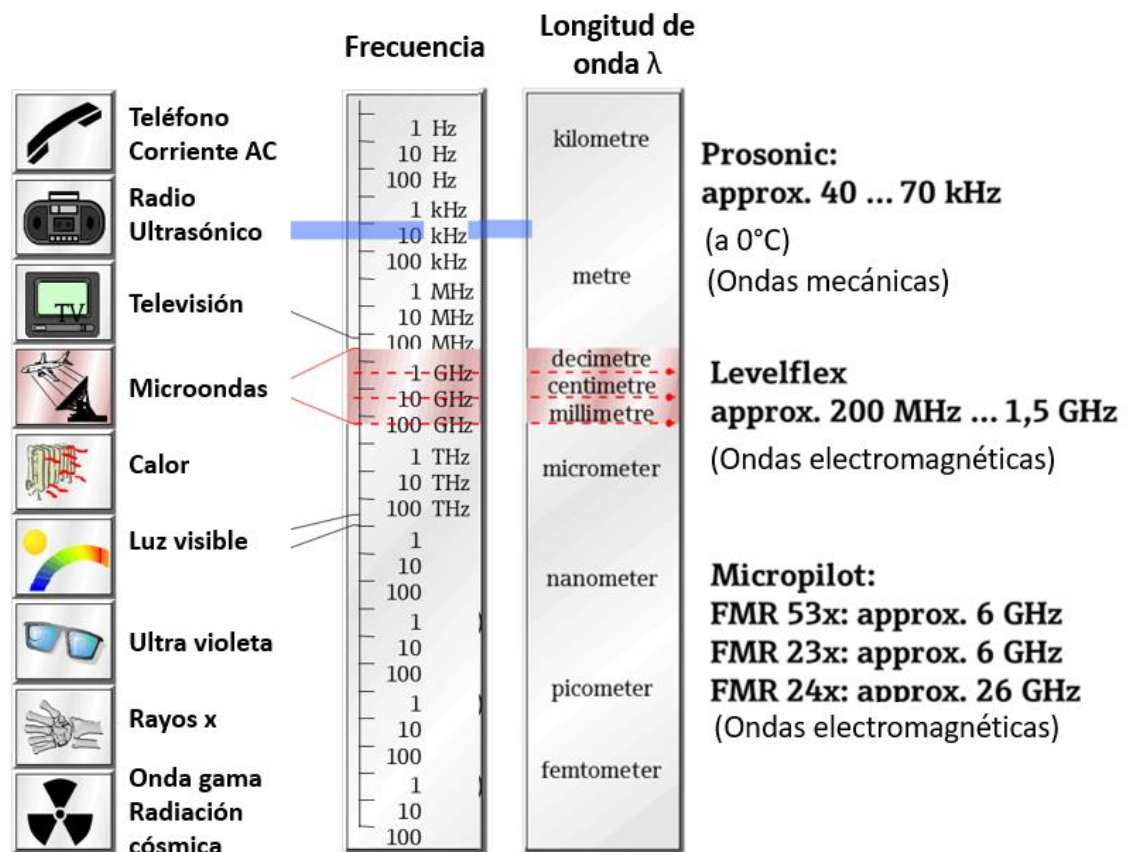


Figura N° 25: Distribución de Frecuencias para transductores de nivel

Fuente: Endress + Hauser Consult AG Sales Support

2.8.1. Medidor de nivel ultrasónico

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo receptor. La reflexión de las ondas ultrasónicas depende del

cambio de densidad en el material a diferencia de las microondas que dependen del cambio de la constante eléctrica o impedancia de la onda.

El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. Los sensores trabajan a una frecuencia aproximadamente de 40 KHz a 70 KHz. El tiempo entre la emisión y recepción es inversamente proporcional al nivel del líquido y se recomienda evitar cualquier tipo de obstrucción en el recorrido de las ondas. Los medidores de nivel ultrasónico son sensibles a la espuma de líquidos, no se recomienda su uso en lugares con mucho polvo y pueden usarse en tanques abiertos como también cerrados.

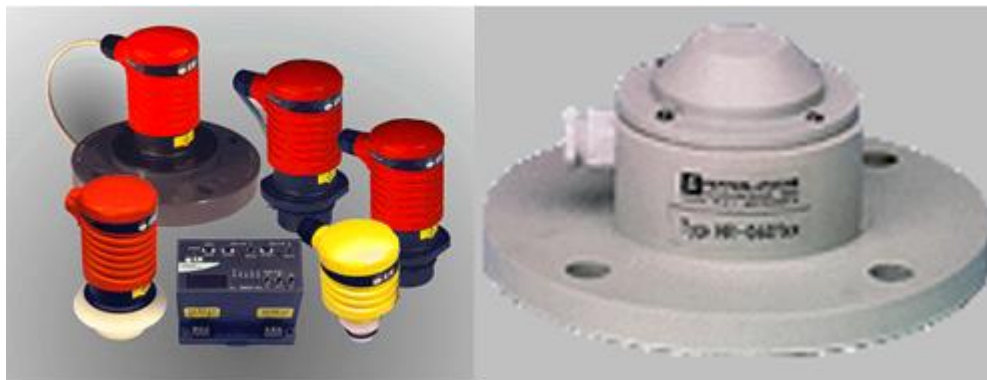


Figura N° 26: Transmisor de nivel, tipo ultrasónico

Elaboración propia

La ecuación de cálculo para el nivel ultrasónico es la siguiente:

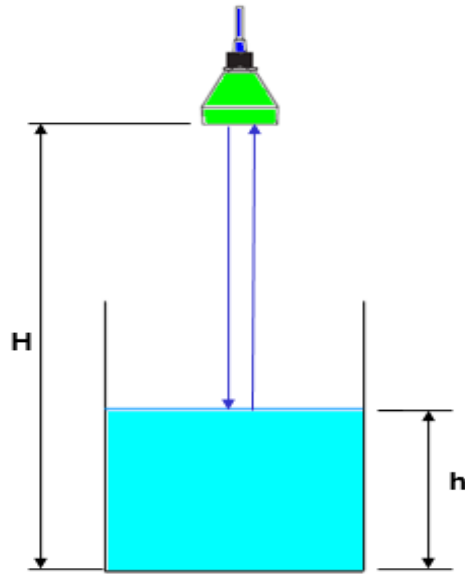


Figura N° 27: Distancias del trasmisor

Elaboración propia

$$h = H - \frac{v \cdot t}{2}$$

Donde:

h: Nivel

H: Distancia del emisor hasta el fondo del depósito

v: Velocidad del sonido en el aire o gas sobre el líquido

t: Tiempo de ida y vuelta del sonido

La velocidad del sonido, es directamente proporcional a la temperatura del ambiente, incrementando 0.6 m/s por cada grado centígrado.

La velocidad del sonido está definida por la siguiente ecuación:



$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

Donde:

$\gamma = 1,4$ para el aire \rightarrow (coeficiente de dilatación adiabática)

$R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol.K}) \rightarrow$ (constante universal de los gases)

$T = 293,15 \text{ K}$ (20°C) \rightarrow (temperatura en kelvin)

$M = 0,029 \text{ kg/mol}$ para el aire \rightarrow (masa molar del gas)

Para temperatura $T = 0^\circ\text{C}$ Se considera $v=331,4 \text{ m/s}$

Además, la velocidad se incrementa en $0.6 \cdot T$ (m/s) por cada grado incrementado

La temperatura promedio en la ciudad de Cerro de Pasco que es 8°C .

\Rightarrow la velocidad del sonido es:

$$v = 331,4 + 0,6(8)$$

$$v = 336 \text{ m/s}$$

Consideraciones para la medición de nivel ultrasónico.

- La granulación del producto influencia en las propiedades de reflexión.
- Los productos suaves absorben la señal a diferencia de los productos “duros” que reflejan la señal,
- La medición mediante ultrasonido no es afectada por la densidad, abrasión, constante dieléctrica o contenido de humedad.
- El medidor es usado como emisor y receptor a la vez.

- La velocidad de propagación de la señal es $v=336$ m/s en un rango de frecuencia de 40 kHz en los transductores de la marca Prosonic.
- Compensación del cambio en el tiempo de recorrido mediante la medición integrada de temperatura.

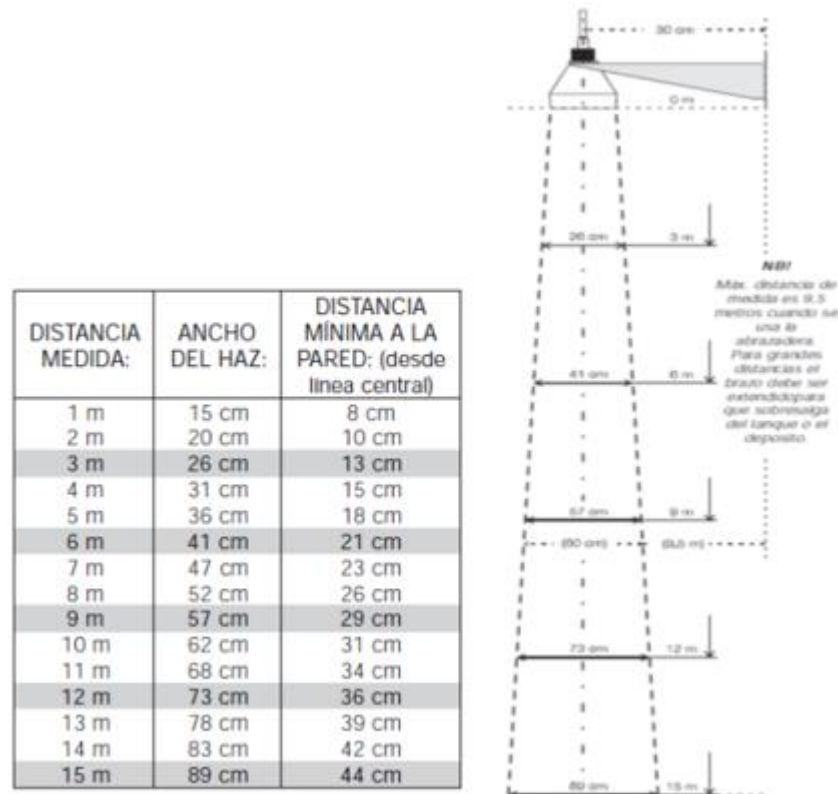


Figura N° 28: Medidor de nivel ultrasónico

Fuente: Tecsup PEP-2012, Curso instrumentación de campo

2.9. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PH

El pH es el grado de acidez o alcalinidad que presenta una solución y se mide de acuerdo a la concentración de iones hidrógeno presentes en una escala del 0 al 14, siendo 7 el punto neutro. Se representa por la siguiente ecuación:

$$pH = -\log [aH^+]$$

Donde:

a_{H^+} : actividad de los iones de hidrógeno

En la Planta de óxidos de plata de MVSA, los ph-metros se utilizan como parte del sistema de control de alcalinidad de la pulpa en los tanques de almacenamiento del material triturado de plata.

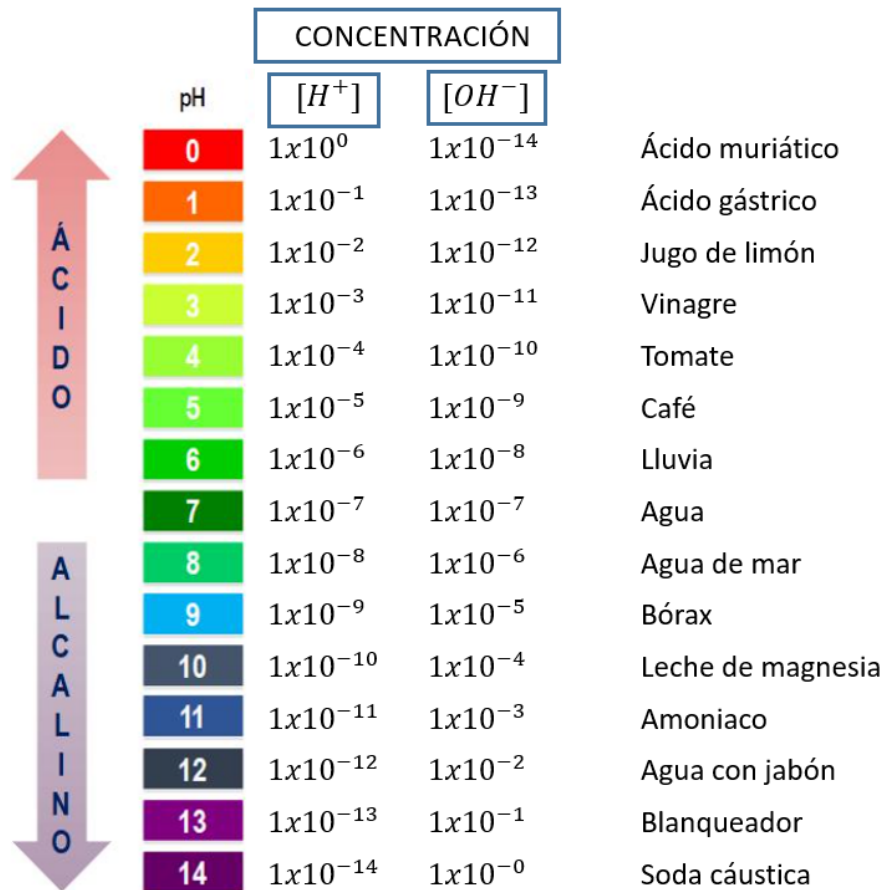


Figura N° 29: Escala de pH

Elaboración propia



2.9.1. Medición de pH

Para la medición de pH se utiliza el método potenciométrico, el cual calcula la diferencia de potencial existente entre un electrodo indicador y uno de referencia sumergidos en la solución, este ΔV es función lineal del pH, según la ley de Nernst de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_{medido} = E_{referencia} + \left(2.3 \frac{RT}{nF}\right) pH$$

Donde:

- R : Constante de gases
- T : Temperatura (°K)
- n : Carga del ion
- F : Constante de Faraday

$$E_{medido} = E_{referencia} + (F_{Nernst})pH$$

El comportamiento del electrodo depende de la temperatura, por ello es importante que al momento de calibrar el pH-metro las soluciones patrón se pongan a temperatura ambiente.

Como a 25°C el factor de Nernst vale aproximadamente 0.06 y el potencial de referencia se considera igual a cero, entonces la ecuación de Nernst se reduce a:

$$E_{medido} = -0.06pH$$

Y de acuerdo a la temperatura ambiente de la ciudad de Cerro de Pasco que es 8°C, se tiene que:

$$E_{medido} = -0.0192pH$$

La medición del potencial generado por una celda electroquímica a corriente cero. El potencial generado es proporcional a la actividad termodinámica del ion que se está midiendo.

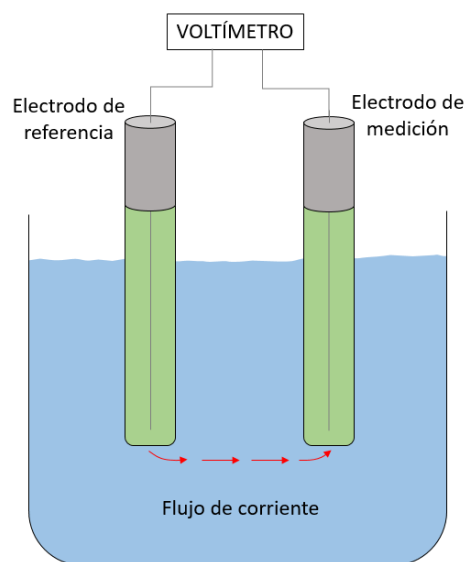


Figura N° 30: Medición de pH método Potenciométrico

Fuente: Hanna Instruments sales support

Actualmente los electrodos más usados son combinados, donde ambos electrodos, indicador y de referencia se encuentran en un solo cuerpo. Existen dos tipos de electrodos combinados: de unión simple y de unión doble.

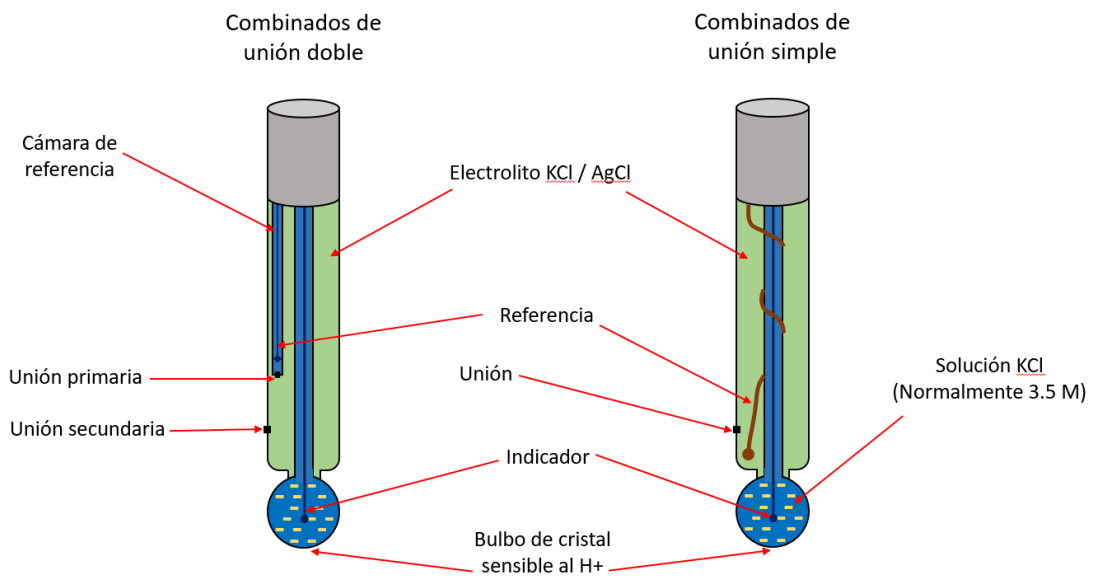


Figura N° 31: Tipos de electrodos combinados

Elaboración Propia & Hanna Instruments sales support



Figura N° 32: Bulbo de un pH-metro de vidrio

Fuente: Hanna Instruments sales support

El ph-metro más usado es el cuerpo de vidrio, la única desventaja es su fragilidad, aunque también hay ph-metros de cuerpo de resina ultem, Kynar (PVDF), PVC, Acero inoxidable y titanio.



Con el fin de verificar la operatividad del pH-metro se debe verificar que el porcentaje de pendiente del instrumento cumple la siguiente ecuación:

$$\%Pendiente = \frac{mVpH4 - mVpH7}{1.7748} (\%)$$

Criterio de aceptación según el % de pendiente:

- % pendiente > 96% : Electrodo nuevos óptimos
- % pendiente > 90% : Electrodo en buenas condiciones
- 85% < % pendiente < 90% : Se requiere tratamiento de limpieza
- % pendiente < 85% : Malas condiciones



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del precomisionamiento de instrumentos de campo instalados en la planta de óxidos de plata se requirieron técnicas, recursos humanos y materiales para cada uno de los objetivos específicos:

3.1. RECURSOS HUMANOS

El personal involucrado para el precomisionamiento de los instrumentos instalados en la planta de óxidos de plata (POP) de la compañía minera volcán S.A.A. (MVSA) fueron los siguientes:

- 01 ingeniero supervisor de precomisionamiento con formación en Ingeniería electrónica y/o instrumentación y control de procesos.
- 03 capataz o jefe de grupo de campo con formación en electrónica industrial o instrumentación y control de procesos.
- 18 técnicos instrumentistas con formación en electrónica industrial o instrumentación industrial.
- 01 supervisor de seguridad con formación en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional

3.2. RECURSOS MATERIALES

- 03 Field Communicator Hand Held - Emerson 475.



- 06 Multímetros Fluke modelo 87V
- 01 Pirómetro marca Fluke modelo 62max.
- 01 Generador 4 – 20 mA marca Altek modelo 334A
- 01 Megohmetro marca Fluke modelor 1507
- 8 Kit de herramientas para instrumentistas (Perilleros, llaves allen, destornillador estrella, destornillador plano, juego de llaves mixtas, alicate de corte, alicate de punta, pelacables, prensa-terminales, cinta aislante M33)

3.3. RECURSOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

- 23 kit de EPP Básico (Protectores Craneales, lentes de seguridad, guantes highflex, zapatos de seguridad dieléctricos, barbiquejo) Norma ANSI de cada uno.
- 06 Equipo de protección contra caídas (Arnés de cuerpo entero, línea de anclaje de doble vía)
- 23 Equipos de LOTO (candado de bloqueo, tarjeta personal de bloqueo)
- Andamios Certificados para Trabajos en altura.

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Tipo de investigación

Es del tipo descriptivo, ya que se fundamenta a partir de actividades metódicas y técnicas establecidas, así mismo es empírico porque se basa en la experiencia y en la observación de los hechos. (Hernández Sampieri, 2014)



3.4.2. Enfoque de la investigación

Es de enfoque cualitativo ya que para llegar a las hipótesis no se requiere de material estadístico, únicamente es validada mediante la observación.

El enfoque cualitativo es recomendable cuando el tema del estudio ha sido poco explorado. (Hernández Sampieri, 2014)

3.4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es descriptivo ya que se selecciona una serie de aspectos y se mide cada una de ellas, es decir se busca especificar las propiedades más relevantes del fenómeno el cual se está analizando. (Hernández Sampieri, 2014)

3.5. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DISCRETOS

En este apartado se detalla el precomisionamiento de los instrumentos discretos instalados en las fajas transportadoras de la planta de óxidos de plata de MVSA, estos instrumentos pueden ser del tipo:

- Desalineamiento de faja
- Pull cord
- Switch de velocidad cero
- Tilt switch

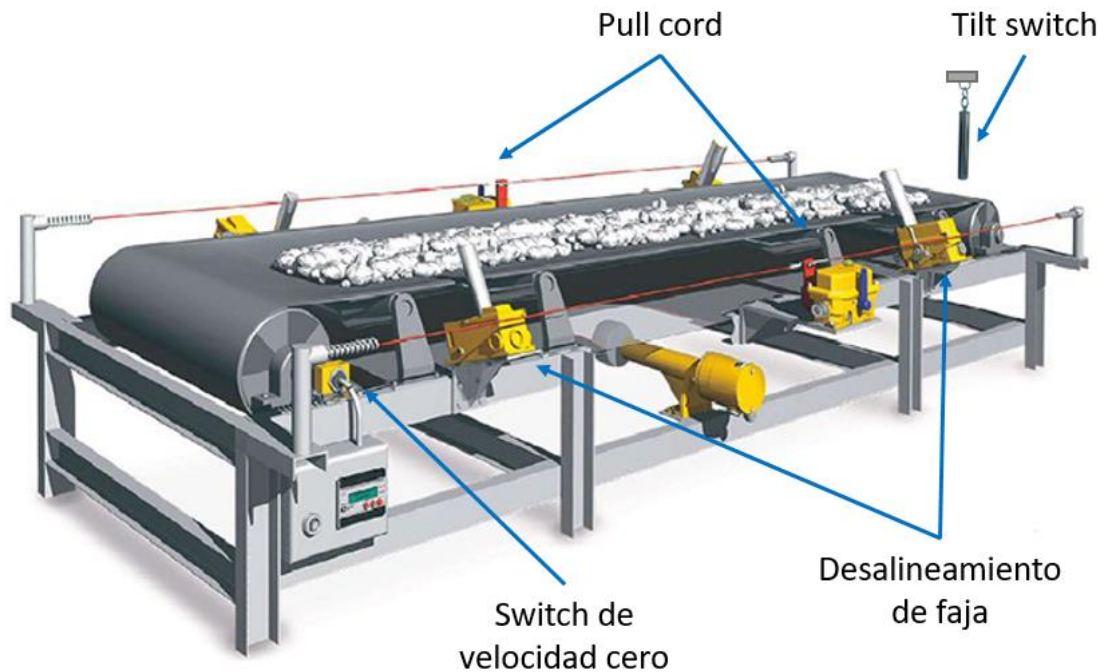


Figura N° 33: Distribución de instrumentos discretos

Elaboración propia

Los instrumentos instalados en la faja transportadora están enlazados mediante una conexión física con el MCC (centro de control de motores) de tal forma que cualquier alerta en nivel alto de estos instrumentos detendrán el funcionamiento del motor principal por consiguiente se detiene el proceso de esa etapa. (Patroni Minamy, 2014)

El precomisionamiento se realizó en la siguiente secuencia:

- a) Verificación de la entrega formal de los instrumentos por parte de los responsables de la etapa de construcción hacia el área de precomisionamiento, entre los controles documentarios están los documentos de recepción firmados que incluyen planos, protocolos de calidad, etc.



- b) Proceder a identificar todos los instrumentos que son custodia de precomisionamiento, usando tarjetas de identificación posicionadas en la carcasa de cada instrumento.

- c) Inspección de los instrumentos: revisión de planos P&ID y layout para verificar su ubicación, soporte adecuado, no hay interferencias con otros elementos en el área del proceso, especificaciones de instalación de acuerdo al Vendor.

- d) Apertura de tapa de conexiones, verificación del conexionado de acuerdo a planos en última revisión as-built y estándares eléctricos y de instrumentación del proyecto.

- e) Se realizaron pruebas de continuidad a cada cable de los lazos de señal y alimentación que van desde el propio instrumento hacia el tablero de unión o junction box (en adelante JB). El extremo del cable que está en el JB se desconecta, con el multímetro se realiza la prueba de continuidad conectando un terminal del multímetro a un cable y el otro terminal a un punto de referencia de tierra, en el extremo del instrumento se realiza un corto circuito o “jumper” (cable para pruebas o puente para cortocircuito entre el cable bajo prueba y el punto de tierra referencial del instrumento).

- f) Se repite el paso “e” entre cada cable con tierra y luego entre cables también. Con ello se garantiza la integridad del cable y se descartan fallas a tierra por todo su recorrido.

- g) Se realizó la prueba de resistencia de aislamiento (comúnmente llamado megado) a cada cable entre líneas con tierra, así como también entre líneas.



- h) Luego de la prueba de continuidad y resistencia de aislamiento se normalizaron las conexiones en los instrumentos y se simularon los estados de los mismos, para esto se forzó físicamente el estado “abierto - open” del instrumento calibrando el desplazamiento mínimo de los accionadores o vástagos de los switches, posteriormente se verificó esa señal en la JB, lo mismo se realizó con el estado “cerrado – close” del instrumento.
- i) Se verificaron las respuestas en el PLC y se procedió al marcado o amarillado de los planos en los lazos conformes. El paso “h” es adaptable para cada instrumento y se explica detalladamente en los siguientes subtítulos de cada instrumento.

3.5.1. Switch de desalineamiento de faja

Marca: Conveyor components

Modelo: TA-2

- Se verificó la energización del equipo con 120 VAC en el instrumento, para iniciar las pruebas de precomisionado.
- Se verificó que entre el rodillo del instrumento y la faja transportadora haya una separación de 1 pulgada aproximadamente y que éste último esté ubicado a la mitad del cuerpo del rodillo o vástago como se observa en la siguiente imagen.

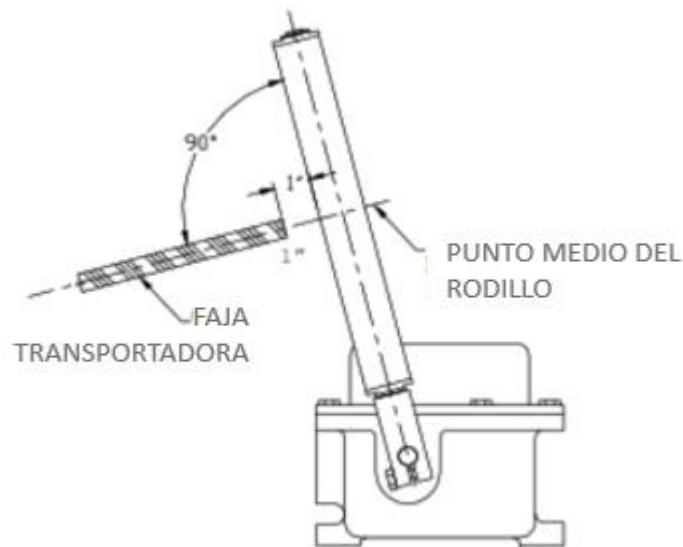


Figura N° 34: Inspección del switch de desalineamiento

Elaboración propia

- Se verificó el accionamiento de las señales alto y bajo, verificar que las señales de los estados alto y bajo del instrumento tengan estatus de 0 lógico (abierto) en el PLC; posteriormente desplazar el rodillo del instrumento de forma manual hasta activar el microswitch del estado “bajo” y verificar que el PLC recibe un 1 lógico (“cerrado) en el slot correspondiente (ver plano 1). Posterior a ello volver el rodillo al estado inicial y anotar resultados
- Se verificó la operatividad del estado “alto”, se desplaza el rodillo del instrumento hasta activar el segundo microswitch y se confirmó que la señal de éste microswitch en el PLC es 1 lógico, se retornó el rodillo a la posición inicial.

- En caso no se tengan las comprobaciones de señal, se procedió a probar entre tramos de acuerdo al plano

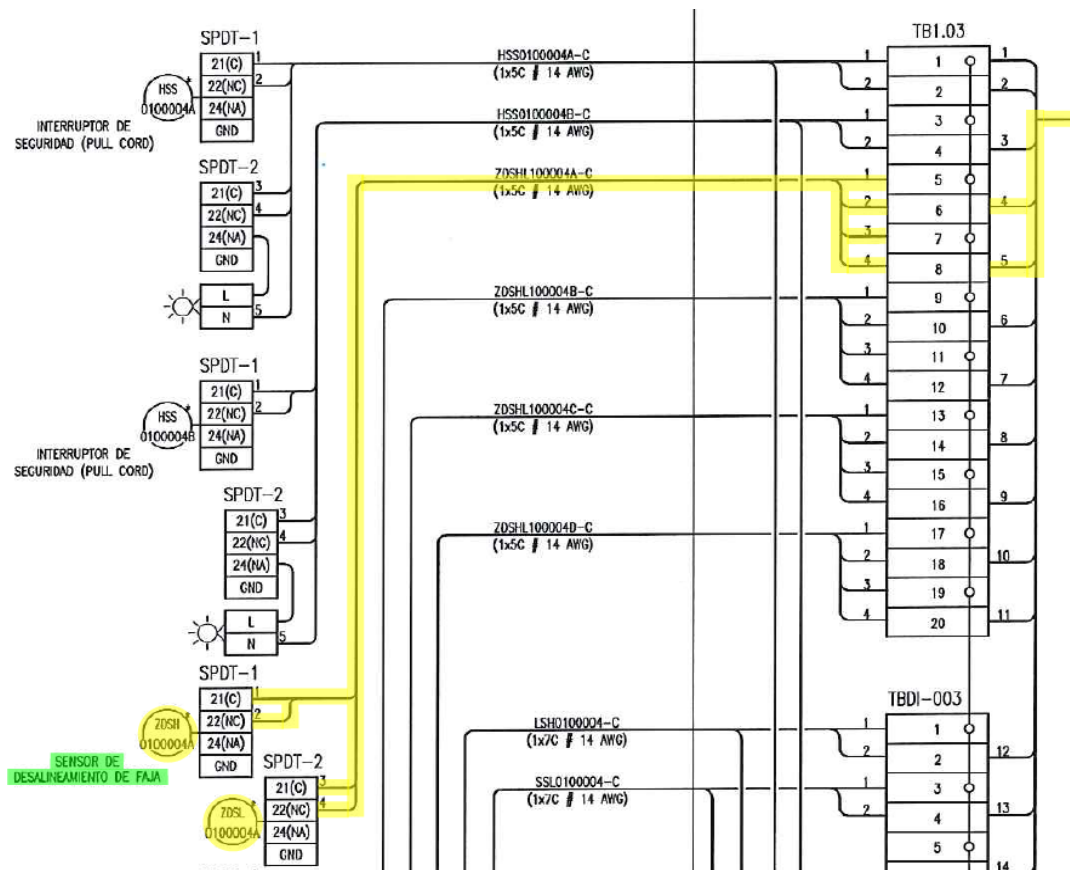


Figura N° 35: Diagrama de lazo del ZDSH/L (Ver plano Nro 1)

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 1: Diagrama de lazo del switch de desalineamiento

3.5.2. Switch pull cord

Marca: Conveyor components

Modelo: RS

- Se verificó la señal del pull cord 1 lógico (cerrado) en el PLC.
- Se activó el mecanismo del Pull Cord sujetando el cable de activación y jalándolo hasta que el brazo de activación del instrumento cambiara de posición.
- Por último se verificó la señal de 0 lógico (abierto) en la entrada digital del PLC.

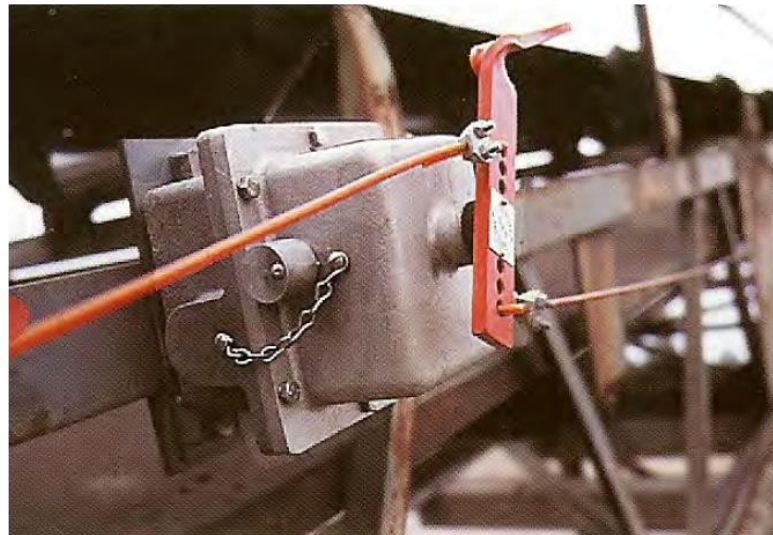


Figura N° 36: Pull Cord

Elaboración propia

Interiormente el instrumento cuenta con dos microswitches tipo SPDT (single pole doble throw) uno de los cuales envía una señal al PLC y el otro envía una señal al circuito de control del motor principal de la faja transportadora. (ver plano 2)

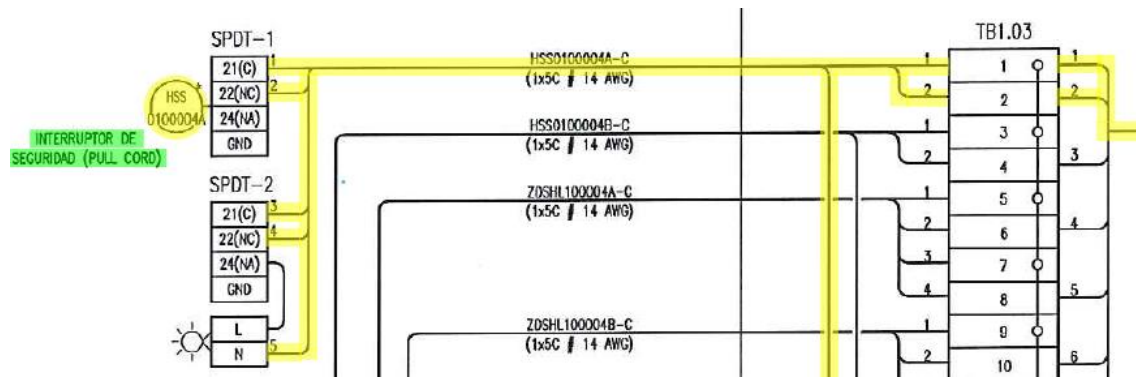


Figura N° 37: Diagrama de lazo del HSS (Ver plano Nro 2)

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 2: Diagrama de lazo del switch de seguridad - Pull Cord

Al finalizar las pruebas de precomisionamiento, resaltar los planos esquemáticos respectivos.

3.5.3. Switch de velocidad cero

Marca: Automationdirect

Modelo: PFT

- Con la faja en funcionamiento, se inspeccionó la señal de 120 VAC del interruptor por baja velocidad en la entrada digital del controlador.
- Se verificó la conexión entre el elemento inductivo y el controlador de campo propio.
- Se verificó que la operatividad del switch de velocidad cero se realiza desde la entrada digital AC en el PLC.
- Se realizó en frenado de la faja y se validó la conmutación de 1 y 0.

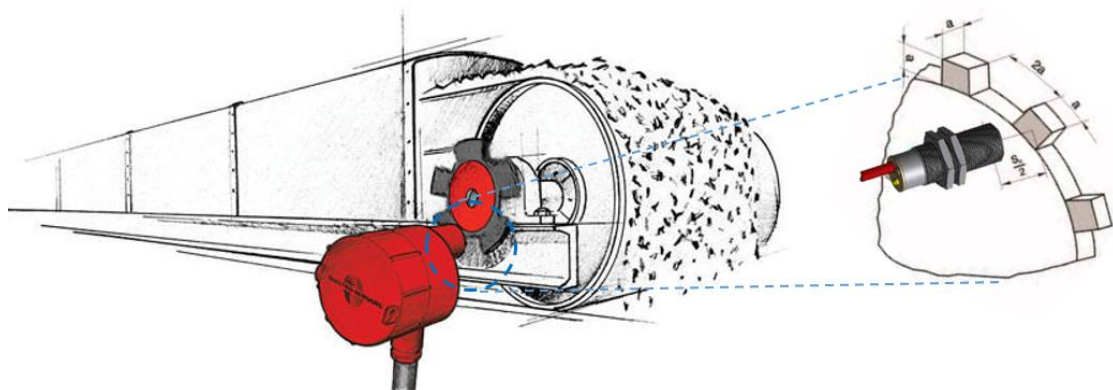


Figura N° 38: Instalación de switch de velocidad cero

Elaboración propia

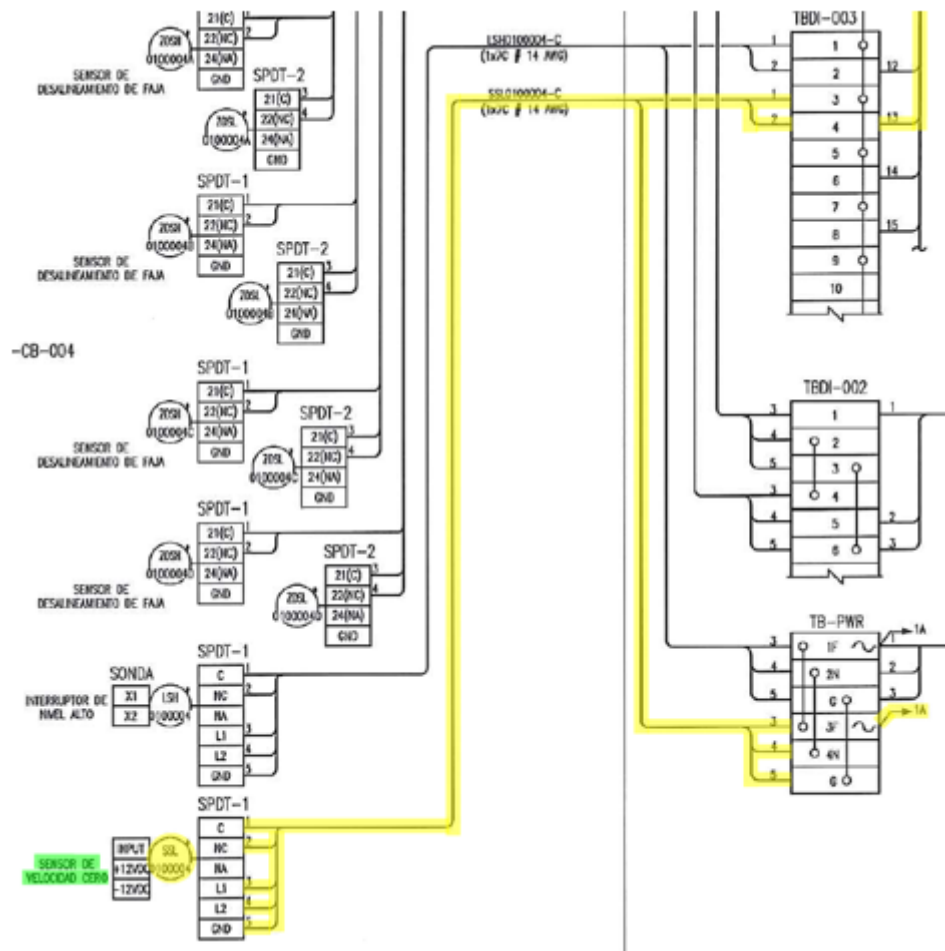


Figura N° 39: Diagrama de lazo del SSL (ver plano Nro 3)

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 3: Diagrama de lazo del switch de velocidad cero

3.5.4. Tilt switch

Marca: Conveyor components

Modelo: CT-105

- Se verificó que la unidad de control del tilt switch esté instalado a nivel de terreno, con facilidad de acceso para el operador y línea de vista hacia la ubicación de la sonda. El soporte de instalación debe estar libre de vibraciones y la temperatura ambiente no debe superar los 40°C. (Electro-Sensors, 2021)

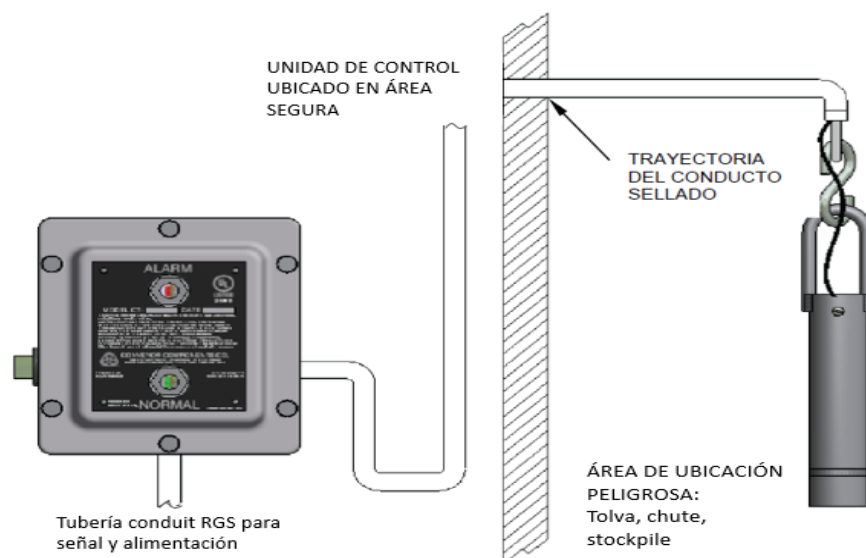


Figura N° 40: Esquema de instalación del tilt switch

Fuente: Pagina de Electro- Sensors

- Se verificó la señal de conmutación del tilt switch en el PLC, ésta debe variar de 1 a 0 al inclinar la sonda 25° según la siguiente figura:

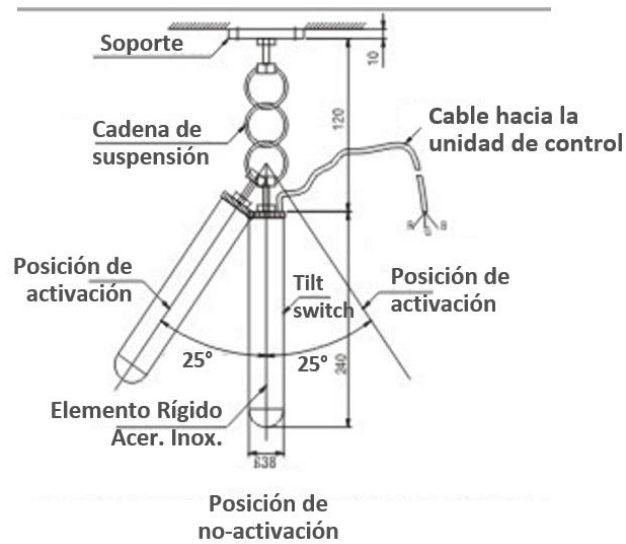


Figura N° 41: Activación del tilt switch

Elaboración propia

- Se realizó el ajuste de retardo con el interruptor VR1, para 3 segundos. Se simuló la inclinación de la sonda y verificó la conmutación de señal de 1 a 0.

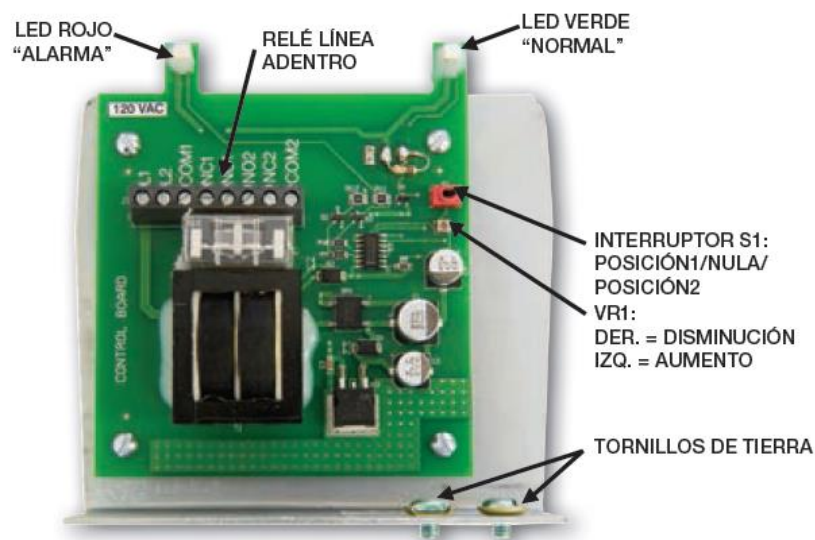


Figura N° 42: Placa electrónica del tilt switch

Fuente: Pagina de Electro- Sensors

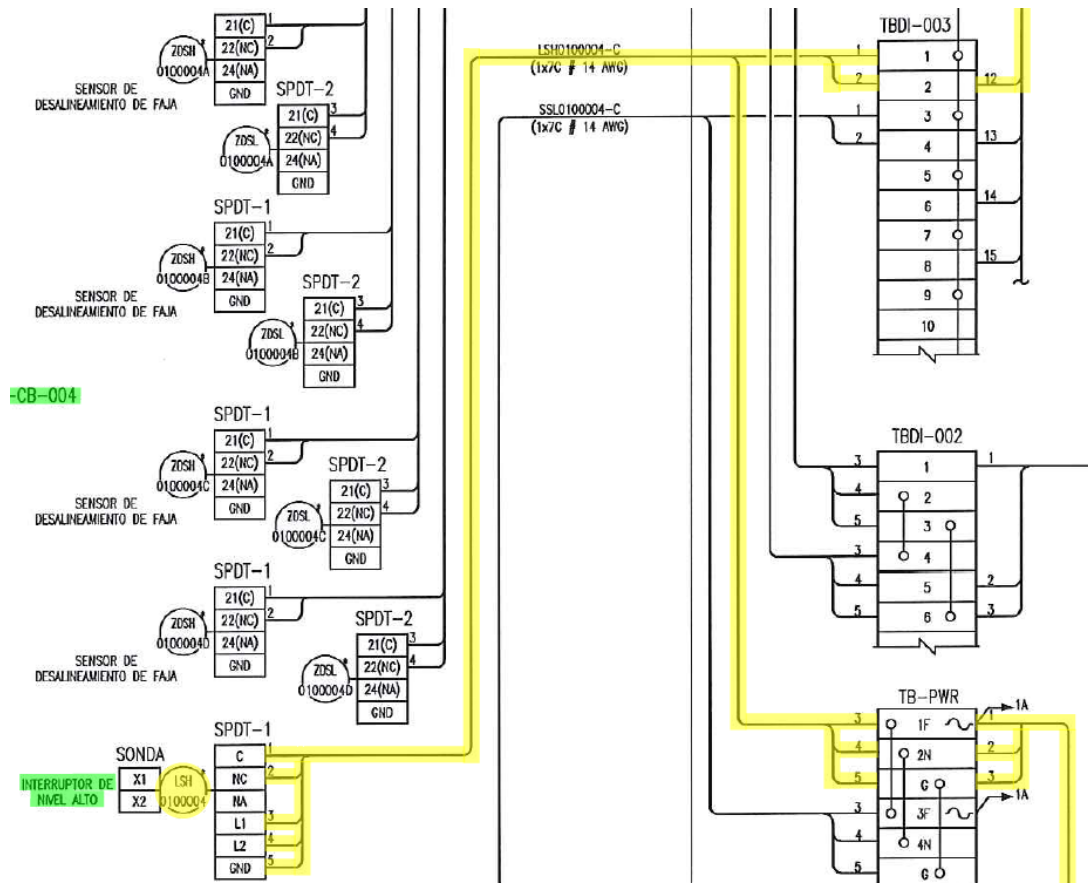


Figura N° 43: Diagrama de lazo del LSL (Ver plano Nro 4)

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 4: Diagrama de lazo del tilt switch



3.6. METODOLOGÍA PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA PT-100

- a) Se realizó la inspección visual del montaje basado en los planos, verificar de interferencia o exposición a daños en su posición final.
- b) Se verificó el estado inicial del instrumento, cableado conexionado y borneras.
- c) Se verificó la continuidad del lazo de comunicación así mismo del circuito de alimentación, posteriormente energizar el sistema.
- d) Se aplicó una fuente de calor al elemento de temperatura en campo y con apoyo de un pirómetro verificar que las lecturas de campo sean iguales con las lecturas en la sala de control (PLC). El pirómetro debe tener certificado de calibración vigente.

En los casos que existió discrepancias entre los valores de campo y valores en el PLC, procedió de la siguiente manera:

- e) Se apartó la tapa de puntos de conexión, y desconectó el elemento del transmisor.
- f) Se inspeccionó el estado del elemento de temperatura primario (PT-100) y se desconectó, posteriormente se conectaron las salidas del RTD al ohmímetro y simulando con una fuente de calor se verificó la correspondencia de temperatura y resistencia de acuerdo a la Tabla N° 1:

Tabla 1: Correspondencia entre temperatura y resistencia en el PT-100

Temperatura °C	Resistencia ohm	Temperatura °C	Resistencia ohm	Temperatura °C	Resistencia ohm	Temperatura °C	Resistencia ohm
0	100						
10	103.9022	110	142.2862	210	179.5097	310	215.5729
20	107.7928	120	146.0608	220	183.1683	320	219.1154
30	111.6718	130	149.8237	230	186.8152	330	222.6463
40	115.5392	140	153.5751	240	190.4505	340	226.1656
50	119.3951	150	157.3149	250	194.0743	350	229.6733
60	123.2392	160	161.043	260	197.6864		
70	127.0718	170	164.7596	270	201.2869		
80	130.8928	180	168.4645	280	204.8758		
90	134.7022	190	172.1579	290	208.4531		
100	138.5	200	175.8396	300	212.0188		

Fuente: Electronic Radio - (España, 2016)

Para la identificación de la temperatura aplicada al elemento se utilizó un pirómetro con certificado de calibración vigente.

g) Se conectó a la entrada del transmisor de temperatura “TT” el Hand Held y se simuló el valor de rango alto en grados °C, se verificó en la sala de control o PLC que su salida sea de 20 mA. De igual manera se simuló el valor de rango bajo en grados °C y se verificó que su salida sea de 4 mA en la sala de control o PLC.

h) Se debe verificar la linealidad del instrumento de la siguiente manera:

- 4 mA 0°C
- 8 mA 25°C
- 12 mA 50°C
- 16 mA 75°C
- 20 mA 100°C

- i) Se compararon los valores del simulador y en los casos de discrepancias entre campo y sala de control, se revisaron los lazos de control iniciando desde el transmisor hasta la entrada del controlador.
- j) Posterior a ello se desconectó el Hand Held.
- k) Por último, se comunicó a la sala de control la finalización del trabajo y se normalizaron las conexiones de los instrumentos.

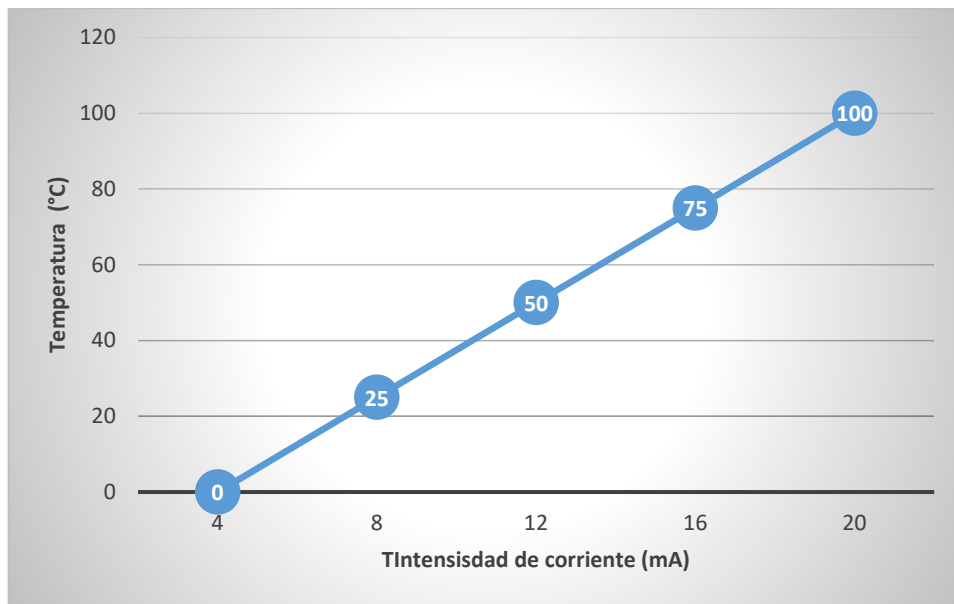


Figura N° 44: Gráfico de Temperatura - intensidad de corriente

Elaboración Propia

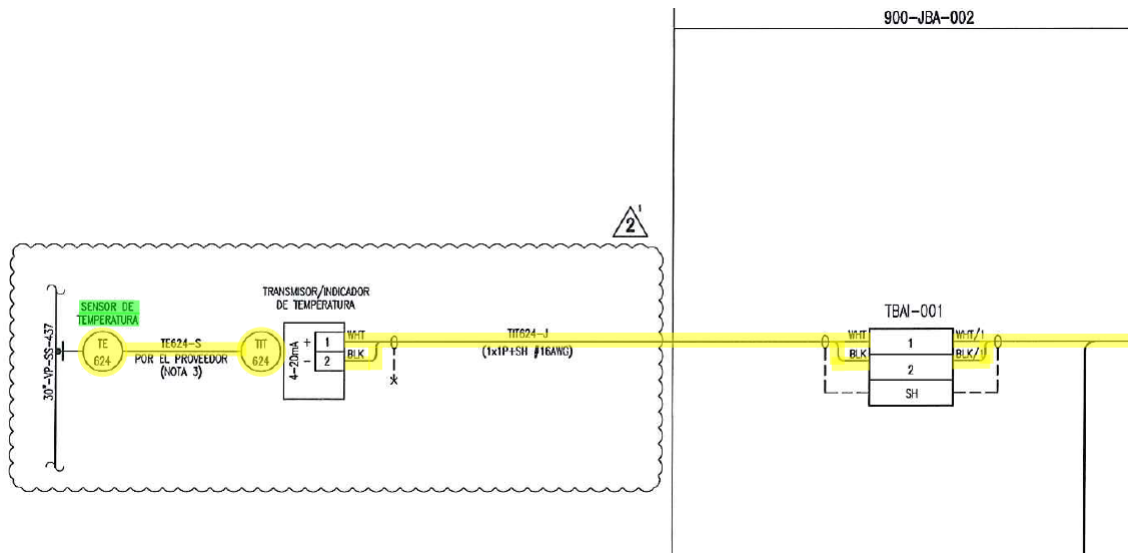


Figura N° 45: Diagrama de lazo del TE y TT (Ver plano 5)

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 5: Diagrama de lazo de los instrumentos de temperatura



3.7. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE NIVEL ULTRASÓNICO

- a) Se realizó la inspección visual del instrumento, se verificó de la instalación de los transmisores e indicadores de nivel, se inspeccionó la fuente de alimentación de 24 VDC desde el tablero de control remoto para empezar las pruebas de precomisionado.
- b) Se procedió a comunicar el hand held con el instrumento y tomar notas de los parámetros de configuración y los valores de LRV (Valor de rango inferior) y URV (Valor de rango superior).
- c) Se simuló el nivel bajo del instrumento (0 m) y se verificó con el Hand Held que la salida sea de 4 mA, en los casos contradictorios, se ingresó por el menú de calibración y se dio set a 4 mA.
- d) Se simuló el nivel alto del instrumento (12 m) y se verificó con el Hand Held que la salida sea de 20 mA, en los casos contrarios, se configuró mediante el menú de calibración a 20 mA.
- e) Se constató la linealidad del instrumento de la siguiente manera:
 - 0 m 4 mA
 - 3 m 8 mA
 - 6 m 12 mA
 - 9 m 16 mA
 - 12 m 20 mA
- f) Posterior a la verificación de la calibración del instrumento, se procedió a verificar la comunicación con sala de control.
- g) Con ayuda del Hand Held y ubicándose en el menú “loop test” se simuló valores de corriente dirigidas al instrumento:
 - 4 mA 0 m

- 8 mA 3 m
- 12 mA 6 m
- 16 mA 9 m
- 20 mA 12 m

Tabla 2: Tabla comparativa para el precomisionamiento de instrumentos de nivel

TABLA PARA EL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS DE NIVEL		
Prueba	Nivel (m)	Intensidad de corriente (mA)
1	0	4
2	3	8
3	6	12
4	9	16
5	12	20

Elaboración Propia

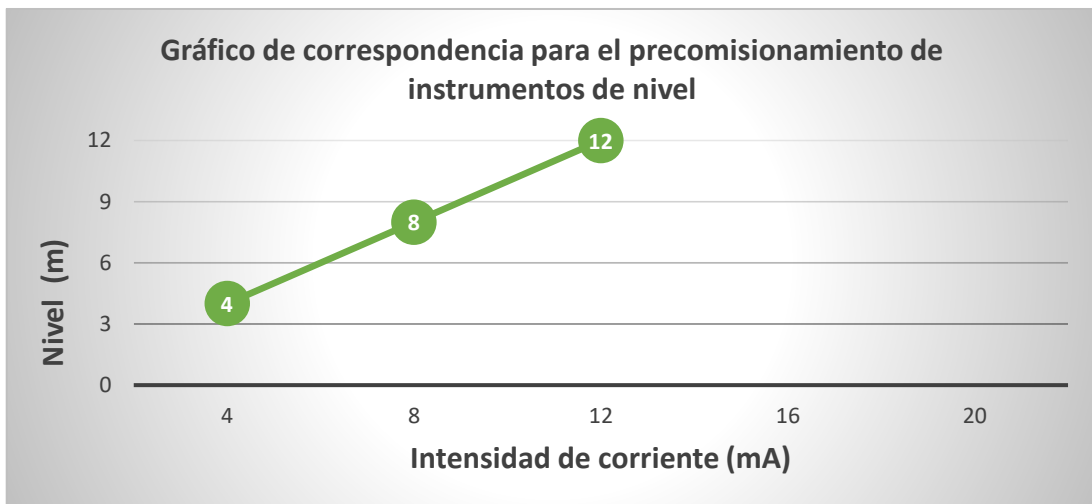


Figura N° 46: Gráfico de relación de corriente y nivel

Elaboración propia

- h) Se compararon estos valores y en caso de discrepancia entre campo y sala de control, se revisó el lazo de control desde el transmisor hasta la entrada del controlador.
- i) Posteriormente se desconectó el Hand Held.
- j) Se verificaron los puntos de conexión y se instaló la tapa.
- k) Por último, se comunicó a la sala de control la finalización del trabajo y se solicitaron indicaciones finales.

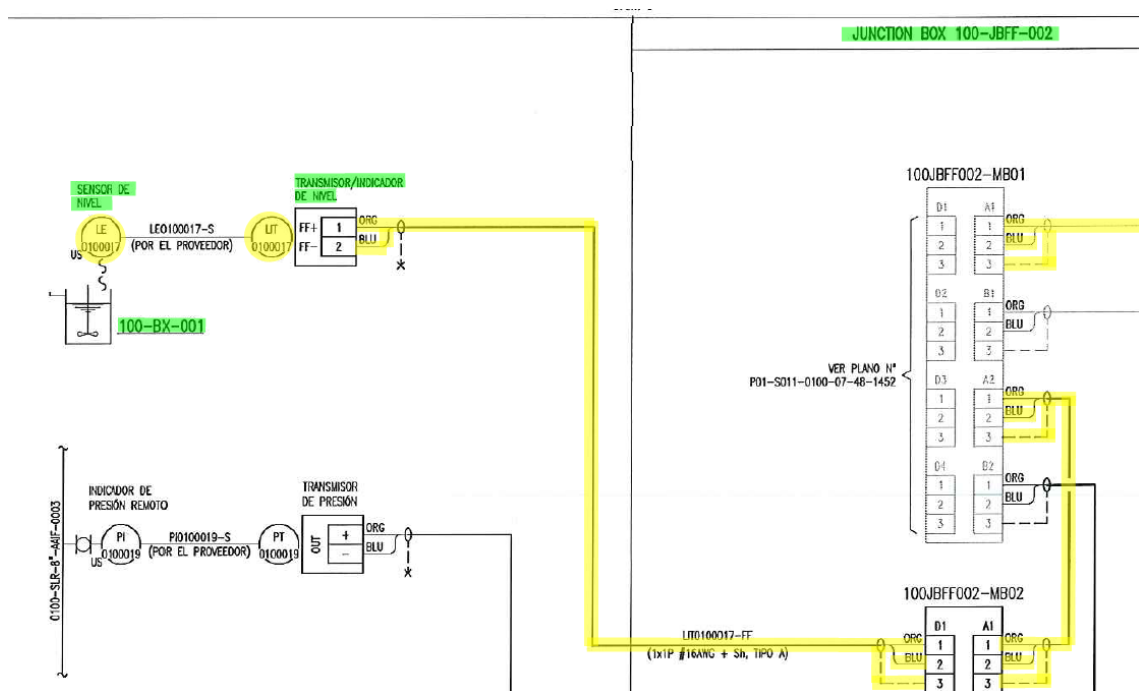


Figura N° 47: Diagrama de lazo del LIT

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 6: Diagrama de lazo de instrumentos de nivel ultrasónico

3.8. METODOLOGÍA DEL PRECOMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS

ANALIZADORES DE PH

- a) Previamente se realizó la inspección visual del instrumento, se verificaron interferencias o daños en su posición final, se verificó el estado inicial del cableado, conexionado y borneras.
- b) Se realizó la prueba de continuidad a los cables de control.
- c) Se realizó la prueba de resistencia de aislamiento al cable de alimentación, de acuerdo a la tabla NETA 100.1, ver ANEXO 2, según el nivel de voltaje de operación:

Tabla 3: Parámetros para prueba de Megado en cables de control y fuerza

Voltaje nominal del equipo en Voltios	Voltaje mínimo de prueba VDC	Resistencia de aislamiento mínima recomendada MΩ
250 VAC	500	25

Elaboración propia

- d) Se inspeccionó la fuente energética de electricidad de 120 VAC iniciando en el tablero de fuerza para empezar las pruebas de precomisionado.
- e) Se revisó el Datasheet del instrumento y verificó el potencial offset 7.01 = potencial cero (0V) en el display del ph-metro. El ancho de banda de mV normalmente aceptado es entre -25 a +25 mV, en los casos que el ph-metro no cumplió este parámetro, se reemplazó el instrumento.



f) Se configuró el transmisor desde el panel LCD puntualizando la salida de 4 mA con el valor más bajo de medición y la salida con 20 mA siendo el valor más alto de medición.

g) Se calibró el pH-metro de la solución en 2 puntos, utilizando muestras buffer pH7 y pH 4 ó pH 10. Para la verificación de funcionalidad del instrumento. En este paso se consideró lo siguiente:

Evaluación de Offset: Se introdujo el electrodo en la solución Buffer 7.01, se observó la lectura en la solución, la lectura fue aproximadamente $0mV \pm 25mV$

Evaluación de la pendiente: Se introdujo el electrodo en la solución buffer 4.01 se observó la lectura en mV, la cual aproximadamente fue 177.48mV.

Alternativamente, también, se introdujo el electrodo en solución buffer 10.01, se observó la lectura en mV aproximadamente de -177.48 mV

$$\%pendiente = \frac{mVpH4 - mVpH7}{1.7748}$$

$$\%pendiente = \frac{177.48 - 0}{1.7748} = 100\%$$

Con esos valores se desarrolló la ecuación lineal del pH (vs) mV



Tabla 4: Correspondencia de mV con pH

pH	mV
4,01	177,48
7	0
10,01	-177,48

Elaboración propia

Se conoce que la ecuación general:

$$y = mx + b$$

Reemplazando dos valores de medición en la ecuación general:

$$177,48 = m(4,01) + b \dots\dots\dots(1)$$

$$\underline{-177,48 = m(10,01) + b \dots\dots\dots(2)}$$

$$-354,96 = 6m$$

$$m = -59,16$$

Reemplazando “m” en la ecuación (1)

$$177,48 = (-59,16)(4,01) + b$$

$$b = 414,7116$$

Reemplazando “b” y “m” en la ecuación general

$$y = -59,16x + 414,7116$$

- h) La relación de cambio de milivoltios por pH es de acuerdo a la tabla del anexo D considerando el factor de corrección por temperatura (Electrode, 2015)
- i) Previa verificación de la calibración del instrumento, se procedió a la constatación de los valores con sala de control, se tuvo presente que los pH-metros de la planta se conectaron mediante Foundation FieldBus por lo que se tiene que coordinar con el equipo que realiza las pruebas en las redes de comunicación. (Huillca Ttito, 2019)
- j) Se compararon estos valores, en los casos donde hubo discrepancia entre el campo y la sala de control se revisaron los lazos de control desde el transistor hasta la entrada del controlador.

La gráfica de los mV en función del pH censado, estaban dentro de los siguientes márgenes con un ancho de banda de $\pm 25mV$

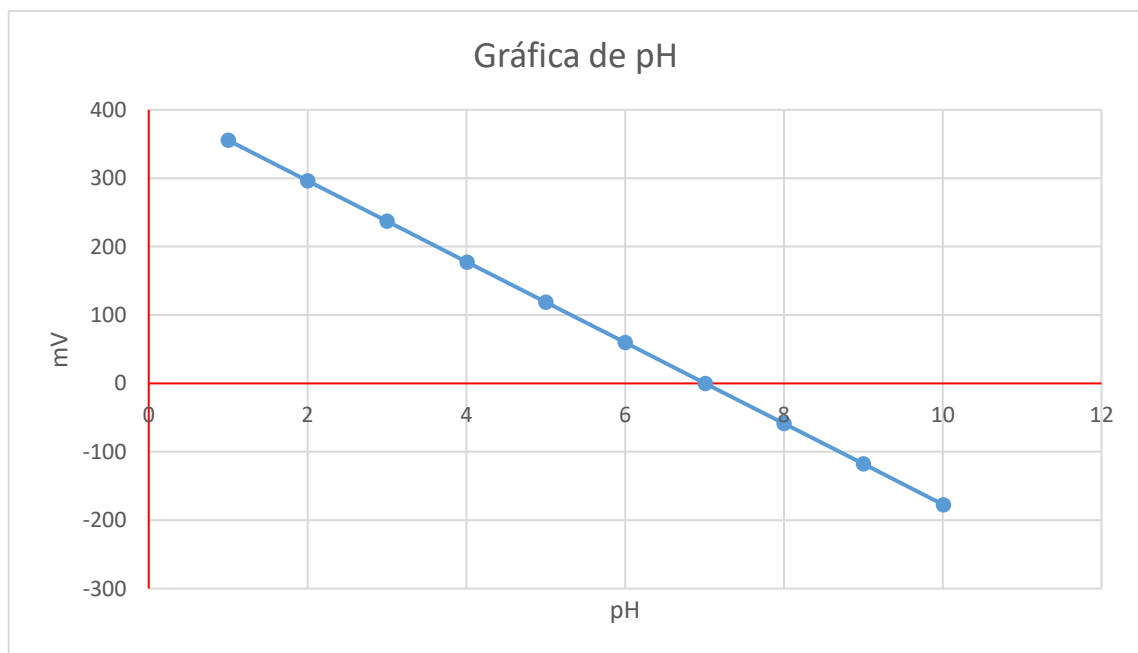


Figura N° 48: Gráfica de relación de voltaje con pH

Elaboración propia

- k) Por último, se comunicó a la sala de control la finalización del trabajo y se consultan indicaciones finales.

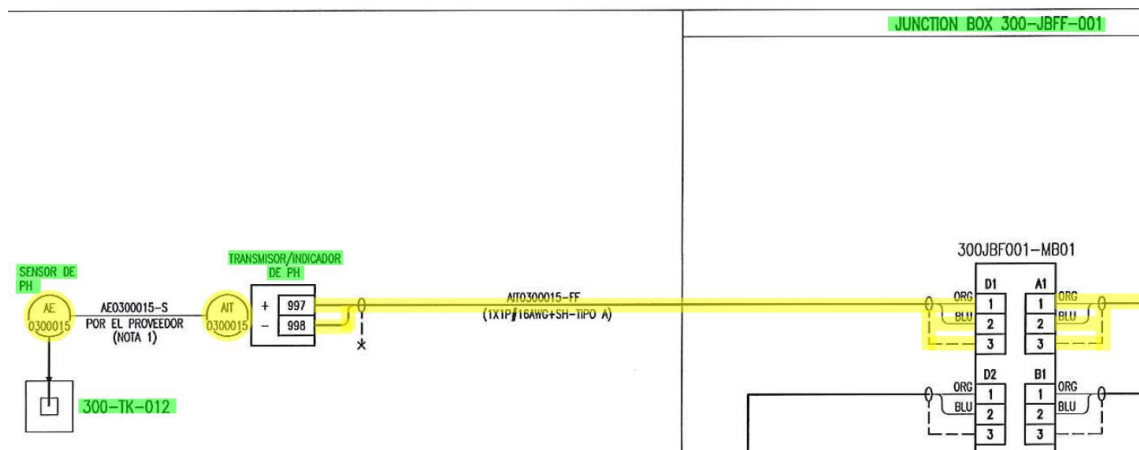


Figura N° 49: Diagrama de lazo del AIT

Fuente: Ingeniería de detalle, Planta de Óxidos Minera Volcan SAA



Plano N° 7: Diagrama de lazo de instrumentos analizadores de pH



Los resultados de las pruebas de precomisionamiento se documentaron en los formatos de precomisionamiento, se anotaron los registros solicitados, se integraron en el dossier de precomisionamiento y finalmente toda esta documentación ordenada fue el entregable para el área de comisionamiento y operaciones. (Reeves Goñi, 2016)



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del precomisionamiento de instrumentos de campo en la planta de óxidos de plata de la Unidad Minera Paragsha de Minera Volcan SAA, se obtuvo lo siguiente:

4.1. SWITCH DE DESALINEAMIENTO DE FAJA - ZDSH/L

El vástago o rodillo del switch fue instalado perpendicularmente al borde de la faja transportadora con una separación de 1" entre el borde de rodillo y el borde de faja. La resistencia de aislamiento del cable de alimentación fue superior a 25 M Ω cuando se aplican 500 VDC de prueba. El switch de desalineamiento tiene nivel alto y bajo; el nivel bajo se activó cuando el vástago se desplaza 20° y el nivel alto, cuando el vástago se desplazó 40° desde su punto de inercia. La activación de nivel bajo activó la alarma por desplazamiento de faja y el nivel alto implicó una parada de emergencia de todo el proceso, incluyendo la des-energización del motor principal de la faja.

4.2. SWITCH PULL CORD - HSS

El cable del pull cord se instaló al costado de las fajas transportadoras en cuyas zonas haya tránsito de personal. El cable tenía una longitud máxima de 30 m para cada lado del instrumento y fue conectado en el tercer orificio ya que así se activaba con un peso de 20 libras lo cual es suficiente para accionarlo con una sola mano. La resistencia de aislamiento del cable de alimentación fue mayor a 25 M Ω cuando se aplicaron 500 VDC de prueba. La activación de del pull cord detiene todo el proceso por parada de emergencia.



4.3. SWITCH DE VELOCIDAD CERO - SSL

El instrumento que se utilizó es de tipo inductivo cuyo cabezal se instaló a 1 pulgada de separación de las aletas giratorias acopladas al rodillo de la cola de la faja transportadora, el instrumento tiene un contacto normalmente cerrado que está en serie con el circuito de funcionamiento del motor de la faja transportadora, cuando el SSL conmutaba de estado todo el sistema de energización del motor de faja se detuvo por posible rotura de faja o pérdida de tensión mecánica en todo el sistema de traslación.

4.4. TILT SWITCH - LSH

El instrumento se instaló en el lado de descarga de las fajas transportadoras para detectar atollamientos en los chutes o bloqueos por causa de acumulación de material, la conmutación de 1 a 0 se consigue al inclinar 25° del eje vertical. No se realizaron pruebas de resistencia de aislamiento entre el elemento y el controlador de nivel.

4.5. INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA - TE, TT, TIT

En el precomisionamiento de los instrumentos de temperatura fue necesario usar un pirómetro calibrado para contrastar la temperatura simulada que se aplica al RTD. Durante las pruebas se midió la temperatura del cabezal del rtd y se compararon con las lecturas en la sala de control comparar la linealidad y ajustar el zero y span del transmisor según el rango de operación. En este caso no se aplicaron pruebas de resistencia de aislamiento a los cables.

4.6. INSTRUMENTOS DE NIVEL ULTRASÓNICO - LE, LT, LIT

Durante la inspección de los instrumentos de nivel fue importante verificar la distancia de separación entre el elemento de nivel y la pared del contenedor, ya que la onda de sonido no debió tener interferencias hasta llegar al material a medir. De acuerdo

a la altura del tanque el sensor de nivel requirió mayor separación de las paredes del mismo. Estas distancias de separación para la marca Prosonic fueron:

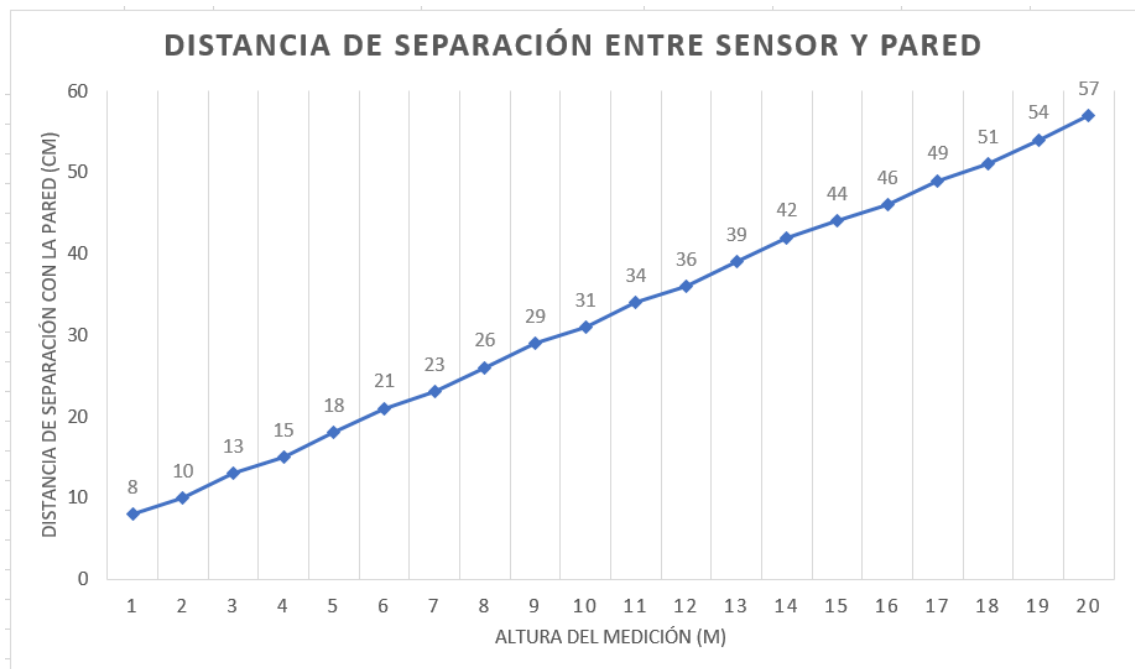


Figura N° 50: Distancias entre elemento de nivel y pared

Elaboración propia

4.7. INSTRUMENTOS ANALIZADORES DE PH – AE, AT, AIT

Durante la inspección de la instalación fue importante verificar y mantener la humedad en el bulbo del elemento para ello se utilizó un capuchón con agua destilada en todo momento. Durante el precomisionamiento fue importante corroborar la relación de pH con mV según la siguiente gráfica:

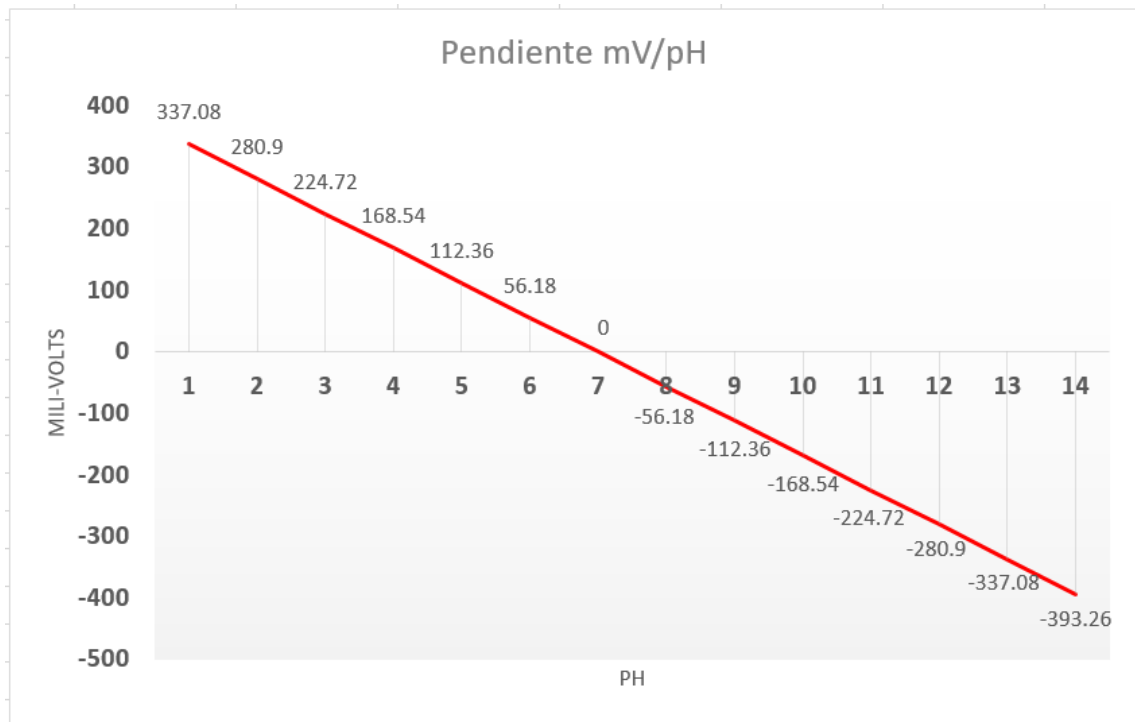


Figura N° 51: Relación de mV por cambio de pH

Elaboración propia

Para la correspondencia de mV y pH se utilizó la tabla de corrección de temperatura del anexo D (-56.18 mV/pH)



V. CONCLUSIONES

Se determinó que al verificar y corregir diferentes parámetros de los instrumentos tales como ubicación, voltajes de operación, valores de rango superior e inferior, integridad de los lazos por segmento, mejoraron el funcionamiento de los instrumentos de campo reduciendo significativamente los errores en el arranque de la planta.

Los resultados del precomisionamiento de instrumentos de campo en la planta de óxidos de plata de Minera Volcan SAA son referencia para futuros trabajos de precomisionamiento ya que se ha probado experimentalmente las condiciones y consideraciones que deben tener los instrumentos de campo para la puesta en marcha sin fallas y con óptimas mediciones durante el trabajo con carga en el proceso.

La documentación generada durante las pruebas es de gran importancia para las áreas de mantenimiento, operaciones e incluso ingeniería ya que todo el levantamiento de esta información de campo es fuente de una retroalimentación real sobre las condiciones de funcionamiento óptimo de los instrumentos de campo. Toda la información se documentó y archivó en el Dossier de precomisionamiento según la estructura del Anexo J. Este dossier es utilizado como fuente de consulta y trazabilidad por parte de profesionales relacionados con el comisionamiento, operaciones y mantenimiento, así mismo es fuente bibliográfica para estudiantes de escuelas profesionales relacionadas con los procesos mineros y automatización.



VI. RECOMENDACIONES

Para la óptima puesta en marcha de instrumentos de campo es altamente recomendado realizar el precomisionamiento de los mismos, ya que con ello se detectan errores de instalación ocurridos en la etapa de construcción, se identifican incompatibilidades de funcionamiento respecto a la ingeniería básica, se realizan mejoras a la ingeniería de detalle y sobre todo se garantiza la seguridad de los operadores, los instrumentos y del propio proceso.



VII. REFERENCIAS

- Company, C. C. (2013). *Conveyor Components Company*. Obtenido de Conveyor Components Company:
<https://www.conveyorcomponents.com/es/producto/control-de-alineamiento-de-correa>
- Control, P. (31 de 01 de 2020). *Proto Control*. Obtenido de Proto Control:
<http://www.processinstrument.in/catalaouge.html>
- Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación Industrial - 8va Edición*. Barcelona - España: Alfa-omega.
- Device, D. (2020). *DOLPHIN*. Obtenido de DOLPHIN:
<https://dolphindevice.com/product/m18-dc-inductive-proximity-switch-sn-5-mm-pnp-nc-make-dolphin-2/>
- Electrode, N. S. (2015). *Semantic scholar*. Obtenido de Semantic scholar:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Temperature-Compensation-in-pH-meter-A-Survey-Ali-Sharif/619b2dd790d329911885704ee7f748d1a0e15761>
- Electro-Sensors. (2021). *Electro-Sensors*. Obtenido de Electro-Sensors:
<https://www.directindustry.com/prod/electro-sensors/product-12082-406524.html>
- España, T. T. (01 de 04 de 2016). *Electronic... Radio!* Obtenido de Electronic... Radio!:
<https://ea4aqm.blogspot.com/2016/04/pirometro-digital-horno-de-lena.html>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.



- Huanacuni, G. M. (2021). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA AUTOMATIZAR*. Tacna.
- Huayta Arroyo, S. J. (2020). *MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA*. Huancavelica .
- Huillca Ttito, B. (2019). *Instrumentación para el control de procesos industriales y la tecnología de fieldbus en la comunicación inteligente*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Intruments, P. (01 de 31 de 2020). *Proto Control - WEATHER PROOF EQUIPMENTS*.
Obtenido de Proto Control - WEATHER PROOF EQUIPMENTS:
<http://www.processinstrument.in/pcat-docs/Junction-Box-LCS-PBS.pdf>
- Patroni Minamy, H. M. (2014). *Precomisionado y puesta en marcha de centros de control de motores con tecnologías Devicenet y Ethernet/IP en una empresa de alimentos*. Lima: UNI - Universidad Nacional de Ingeniería .
- Reeves Goñi, A. L. (2016). *Alicia - ConcyTec*. Obtenido de Alicia - ConcyTec:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_3d8e82e6a998ff8159c3ff41a9106a7d



ANEXOS

Anexo 1: Tabla “A” de equivalencia de RTD - PT100

Pt 100 ohms										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Anexo 2: Tabla “B” de equivalencia de RTD - PT100

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	212.03	212.39	212.74	213.10	213.45	213.81	214.16	214.52	214.88	215.23
310	215.59	215.94	216.29	216.65	217.00	217.36	217.71	218.07	218.42	218.77
320	219.13	219.48	219.84	220.19	220.54	220.90	221.25	221.60	221.96	222.31
330	222.66	223.01	223.37	223.72	224.07	224.42	224.77	225.13	225.48	225.83
340	226.18	226.53	226.88	227.24	227.59	227.94	228.29	228.64	228.99	229.34
350	229.69	230.04	230.39	230.74	231.09	231.44	231.79	232.14	232.49	232.84
360	233.19	233.54	233.89	234.23	234.58	234.93	235.28	235.63	235.98	236.32
370	236.67	237.02	237.37	237.72	238.06	238.41	238.76	239.11	239.45	239.80
380	240.15	240.49	240.84	241.19	241.53	241.88	242.23	242.57	242.92	243.26
390	243.61	243.95	244.30	244.65	244.99	245.34	245.68	246.03	246.37	246.72
400	247.06	247.40	247.75	248.09	248.44	248.78	249.12	249.47	249.81	250.16
410	250.50	250.84	251.19	251.53	251.87	252.21	252.56	252.90	253.24	253.58
420	253.93	254.27	254.61	254.95	255.29	255.64	255.98	256.32	256.66	257.00
430	257.34	257.68	258.02	258.37	258.71	259.05	259.39	259.73	260.07	260.41
440	260.75	261.09	261.43	261.77	262.11	262.45	262.78	263.12	263.46	263.80
450	264.14	264.48	264.82	265.16	265.49	265.83	266.17	266.51	266.85	267.18
460	267.52	267.86	268.20	268.53	268.87	269.21	269.54	269.88	270.22	270.55
470	270.89	271.23	271.56	271.90	272.24	272.57	272.91	273.24	273.58	273.91
480	274.25	274.58	274.92	275.25	275.59	275.92	276.26	276.59	276.93	277.26
490	277.60	277.93	278.26	278.60	278.93	279.26	279.60	279.93	280.26	280.60
500	280.93	281.26	281.60	281.93	282.26	282.59	282.93	283.26	283.59	283.92
510	284.25	284.58	284.92	285.25	285.58	285.91	286.24	286.57	286.90	287.23
520	287.56	287.90	288.23	288.56	288.89	289.22	289.55	289.88	290.21	290.54
530	290.86	291.19	291.52	291.85	292.18	292.51	292.84	293.17	293.50	293.82
540	294.15	294.48	294.81	295.14	295.47	295.79	296.12	296.45	296.78	297.10
550	297.43	297.76	298.08	298.41	298.74	299.07	299.39	299.72	300.04	300.37
560	300.70	301.02	301.35	301.68	302.00	302.33	302.65	302.98	303.30	303.63
570	303.95	304.28	304.60	304.93	305.25	305.58	305.90	306.22	306.55	306.87
580	307.20	307.52	307.84	308.17	308.49	308.81	309.14	309.46	309.78	310.11
590	310.43	310.75	311.07	311.40	311.72	312.04	312.36	312.68	313.01	313.33
600	313.65	313.97	314.29	314.61	314.93	315.26	315.58	315.90	316.22	316.54
610	316.86	317.18	317.50	317.82	318.14	318.46	318.78	319.10	319.41	319.73
620	320.05	320.37	320.69	321.01	321.33	321.65	321.96	322.28	322.60	322.92
630	323.24	323.55	323.87	324.19	324.51	324.82	325.14	325.46	325.78	326.09
640	326.41	326.73	327.04	327.36	327.67	327.99	328.31	328.62	328.94	329.25
650	329.57	329.89	330.20	330.52	330.83	331.15	331.46	331.78	332.09	332.41
660	332.72	333.04	333.35	333.66	333.98	334.29	334.61	334.92	335.23	335.55
670	335.86	336.17	336.49	336.80	337.11	337.43	337.74	338.05	338.36	338.68
680	338.99	339.30	339.61	339.92	340.24	340.55	340.86	341.17	341.48	341.79
690	342.11	342.42	342.73	343.04	343.35	343.66	343.97	344.28	344.59	344.90
700	345.21	345.52	345.83	346.14	346.45	346.76	347.07	347.38	347.68	347.99
710	348.30	348.61	348.92	349.23	349.53	349.84	350.15	350.46	350.77	351.07
720	351.38	351.69	352.00	352.30	352.61	352.92	353.22	353.53	353.84	354.14
730	354.45	354.75	355.06	355.37	355.67	355.98	356.28	356.59	356.89	357.20
740	357.51	357.81	358.12	358.42	358.72	359.03	359.33	359.64	359.94	360.25
750	360.55	360.85	361.16	361.46	361.77	362.07	362.37	362.68	362.98	363.28
760	363.59	363.89	364.19	364.49	364.80	365.10	365.40	365.70	366.01	366.31
770	366.61	366.91	367.21	367.51	367.81	368.12	368.42	368.72	369.02	369.32
780	369.62	369.92	370.22	370.52	370.82	371.12	371.42	371.72	372.02	372.32
790	372.62	372.92	373.22	373.52	373.82	374.12	374.42	374.71	375.01	375.31
800	375.61	375.91	376.21	376.50	376.80	377.10	377.40	377.70	377.99	378.29
810	378.59	378.88	379.18	379.48	379.77	380.07	380.37	380.66	380.96	381.26
820	381.55	381.85	382.14	382.44	382.74	383.03	383.33	383.62	383.92	384.21
830	384.51	384.80	385.10	385.39	385.69	385.98	386.27	386.57	386.86	387.16
840	387.45	387.74	388.04	388.33	388.62	388.92	389.21	389.50	389.79	390.09
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Anexo 3: Tabla NETA para pruebas de resistencia de aislamiento

TABLE 100.1

**Insulation Resistance Test Values
Electrical Apparatus and Systems Other Than Rotating Machinery**

Nominal Rating of Equipment in Volts	Minimum Test Voltage, DC	Recommended Minimum Insulation Resistance in Megohms
250	500	25
600	1,000	100
1,000	1,000	100
2,500	1,000	500
5,000	2,500	1,500
8,000	2,500	2,500
15,000	2,500	5,000
25,000	5,000	10,000
34,500	5,000	100,000
46,000 and above	5,000	100,000



Anexo 4: Tabla de compensación de temperatura para pH-metros

Nernst Slope for a Perfect Electrode

Temp. °C	Nernst slope (mV/pH)	Temp. °C	Nernst slope (mV/pH)
0	-54.20	50	-64.12
10	-56.18	60	-66.10
20	-58.17	70	-68.09
25	-59.16	80	-70.07
30	-60.15	90	-72.06
40	-62.14	100	-74.04

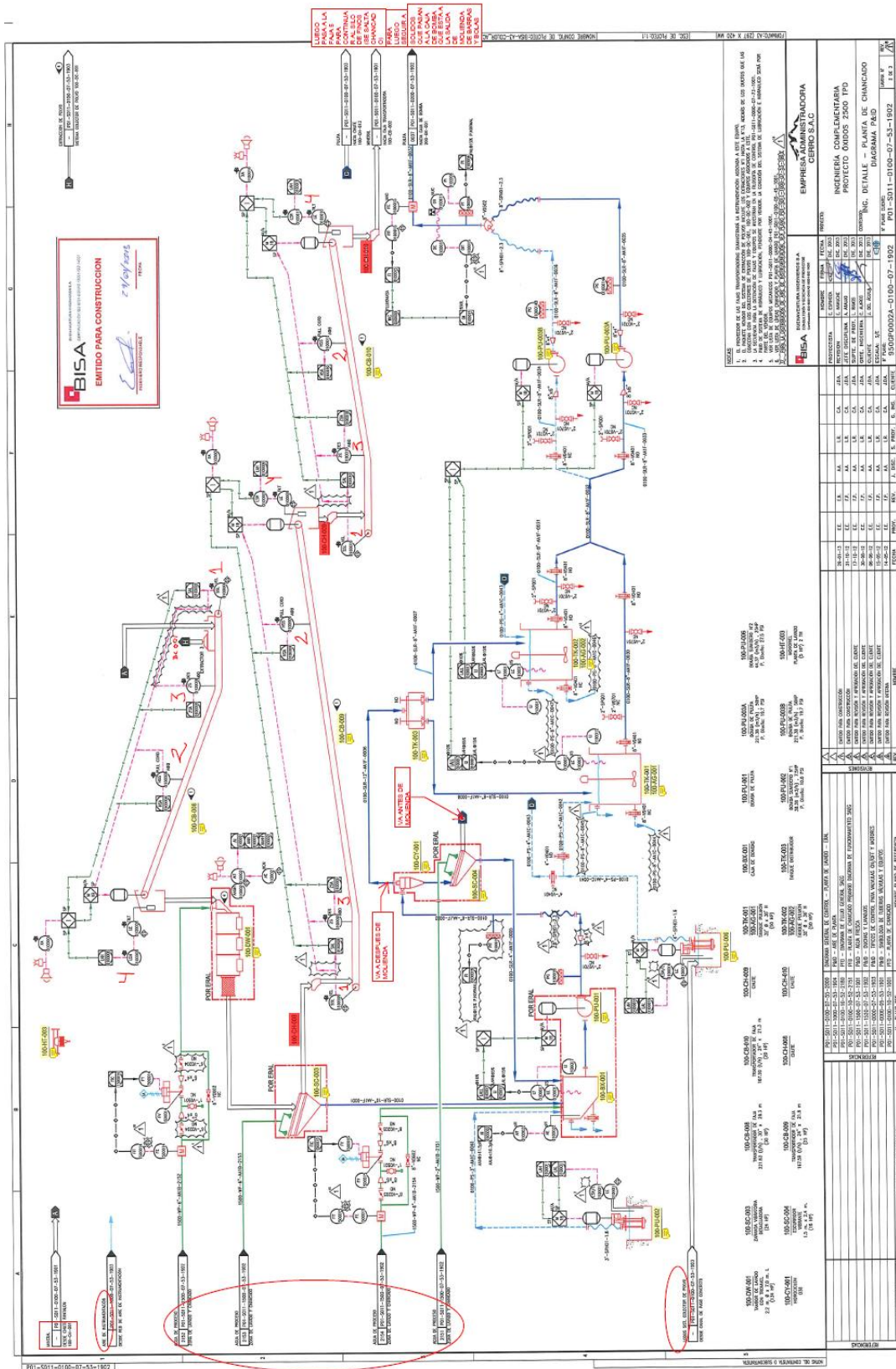
Fuente: Nerst Slope For a Perfect Electrode (Electrode, 2015)



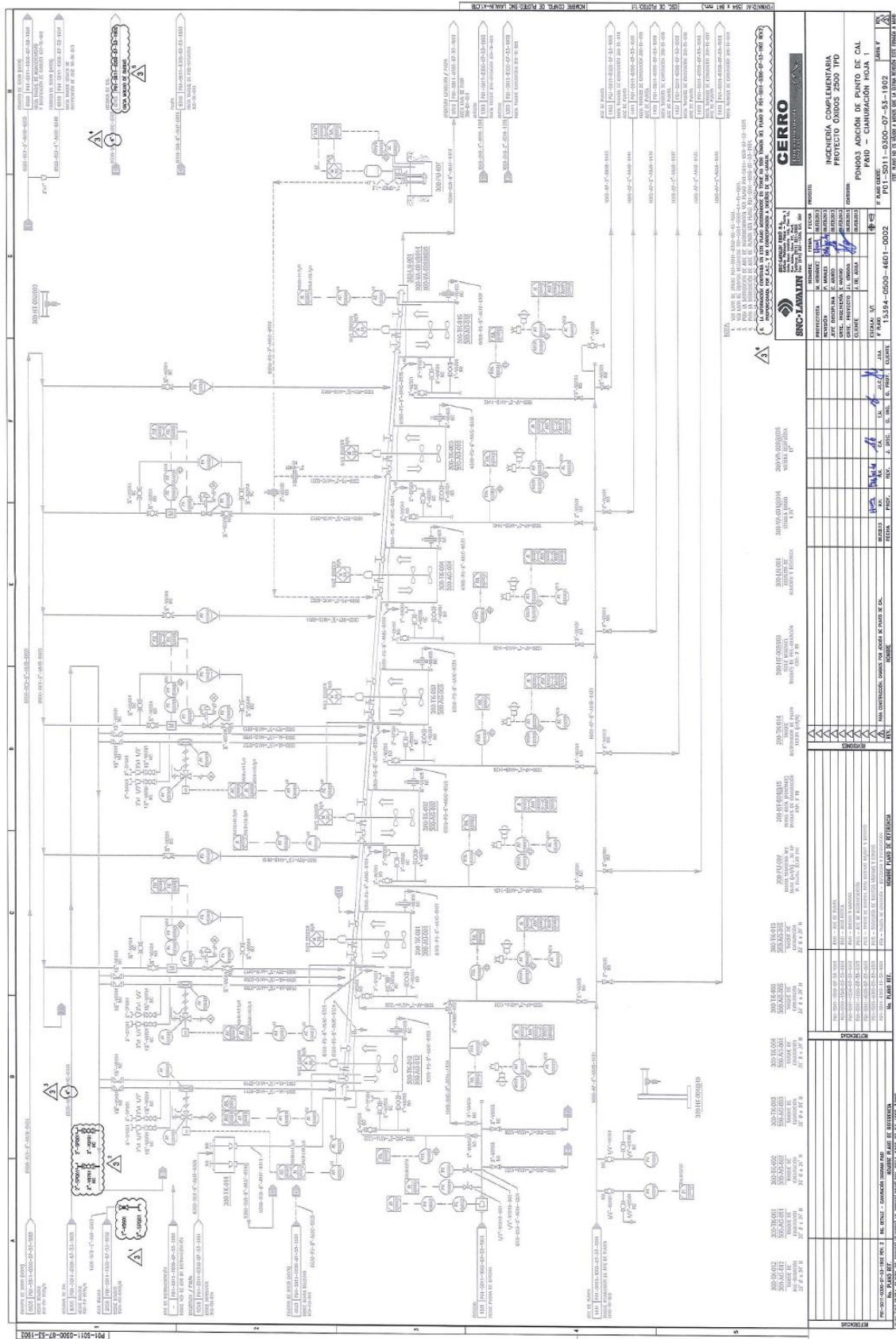
Anexo 5: Código de identificación de instrumentos (Norma ISA S5.1 – 84 (R – 1992))

	Primera letra		Letras sucesivas		
	Variable medida	Modificad.	Función de lectura pasiva	Funciones de salida	Letra de modificac.
A	Análisis (Composición)		Alarma		
B	Combustión (Quemador)				
C	Conductividad Concentración		Regulación(ON – OFF)	Control	
D	Densidad peso específico	Diferencial			
E	Voltaje		Sensor		
F	Flujo, caudal	Fracción			
G	Calibre		Dispositivo de visión		
H	Mano (acción manual)				Alarma de alta
I	Corriente eléctrica		Indicación (indicador)		
J	Potencia	Exploración		Estación de control	
K	Tiempo	Razón del cambio de tiempo			
L	Nivel		Luz		Alarma de baja
M	Humedad				Intermedio o medio
N	Libre	Libre a elección	Libre a elección		
O	Libre		Orificio, restricción		
P	Presión		Punto de prueba o conexión		
Q	Cantidad	Integrado, totalizado			
R	Radiación		Registro		
S	Velocidad, frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura		Transmisor		
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración o análisis mecánico			Válvula	
W	Peso (Fuerza)		Pozo		
X	Libre a elección	Eje X	Libre	Libre	Libre
Y	Evento, estado, presencia	Eje Y		Relé, computadora	
Z	Posición, dimensionamiento	Eje Z		Actuador, manejador	

Anexo 8: P&ID de instrumentos de Nivel



Anexo 9: P&ID de instrumentos analizadores de pH



Anexo 10: Estructura del entregable “Dossier de Precomisionamiento”



PROYECTO PRECOMISIONAMIENTO DE LA PLANTA DE
ÓXIDOS DE PLATA DE LA UNIDAD MINERA PARAGSHA



Revisión: 1

ÍNDICE DE DOSSIER DE PRECOMISIONAMIENTO	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	RESUMEN DEL SISTEMA
1.1	Descripción de sistema
1.2	Listado de registros de control de calidad constructivos
2	PLANOS DEL SISTEMA
2.1	Listado de instrumentos
2.2	Planos de ubicación del sistema
2.3	Planos P&ID del sistema
2.4	Planos as built de construcción
3	REGISTROS DE PRECOMISIONAMIENTO
3.1	Registro de inspección de instrumentos
3.2	Registro de Precom de lazo y control
3.3	Registro de Precom de instrumentos discretos
3.4	Registro de Precom de instrumentos de temperatura
3.5	Registro de Precom de instrumentos de nivel ultrasónicos
3.6	Registro de Precom de instrumentos de pH
4	PLANOS RED LINE DE PRECOM
4.1	Planos red line de Precomisionamiento