



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA - UNIVERSIDAD DE ATACAMA

**ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTAS DE
MEJORAS EN INSTRUMENTACIÓN DE LA CELDA ROUGHER,
PLANTA MOLIBDENO, UBICADA EN MINERA SPENCE,
LOCALIDAD SIERRA GORDA, CALAMA, CHILE**

Profesor Guía:
Jorge Reyes Huencho

Pablo Esteban Cuellar Montalbán
Victor Antonio Cuellar Montalbán

Copiapó, Chile 2023

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
CAPITULO I.....	6
<i>INTRODUCCIÓN</i>	6
<i>ALCANCE</i>	7
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	7
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	7
CAPITULO II	8
<i>MARCO TEORICO</i>	8
<i>ELEMENTOS PRINCIPALES Y DEFINICIONES</i>	8
2.1 Flotación Selectiva:	8
2.1.1 Planta Molibdeno:.....	8
2.1.2 Celdas Rougher:.....	8
2.1.3 Pulpa:.....	8
2.1.4 Overflow (celdas):	9
2.1.5 Underflow (celdas):	9
2.2 Reactivos:	9
2.2.1 Ácido Sulfúrico:.....	9
2.3.2 Depresor NaHS:.....	10
2.3.3 PH:.....	10
2.3.4 ORP:	10
<i>HERRAMIENTAS DE ESTADÍSTICAS</i>	10
2.4. Minitab:	10
2.4.1 Desviación estándar:.....	10
2.4.2 Error estacionario:	11
2.4.3 Mediana:	11
<i>TIPOS DE EQUIPOS MEDIDORES DE VARIABLES DE PROCESO</i>	11
2.5. Sensor de nivel ultrasónico:.....	11
2.5.1 Sensor ORP:	11
2.5.2 Sensor PH:	12
2.5.3 Sensor de flujo de aire (Nitrógeno):.....	12
CAPITULO III	13
CONOCIENDO LA PLANTA.....	13
<i>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</i>	13
Img 1.1 Planta Concentradora Minera Spence – Sierra Gorda- Calama	13
<i>FLOWSHEET PLANTA MOLIBDENO</i>	14
Img 1.2 Flowsheet Flotación Selectiva – Planta Molibdeno Minera Spence – Sierra Gorda- Calama	14
<i>CELDAS DE FLOTACIÓN SFR</i>	15

1.3 Etapas de una celda SFR	15
<i>NORMA ISA S5.4</i>	16
1.4 Ejemplo: tanque de reciclaje y alimentación continua	16
<i>INTERPRETACIÓN DE LOS TAGS EN INSTRUMENTOS</i>	17
1.5 Interpretación de Tags según configuración de Letras.....	17
<i>IDENTIFICANDO INSTRUMENTOS Y CONTROLADORES EN P&ID</i>	17
<i>MARK UP P&ID 1</i>	18
1.6 P&ID Rougher Flotation Feed.....	18
<i>MARK UP P&ID 2</i>	19
1.7 P&ID Rougher Flotation Line 1 - 1/2.....	19
<i>MARK UP P&ID 3</i>	20
1.8 P&ID Rougher Flotation Line 1 - 2/2.....	20
<i>MARK UP P&ID 4</i>	21
.....	21
1.9 P&ID Rougher Flotation 2 ND Half Feed	21
<i>MARK UP P&ID 5</i>	22
.....	22
1.10 P&ID Rougher Flotation Line 2 - 1/2.....	22
<i>MARK UP P&ID 6</i>	23
1.11 P&ID Rougher Flotation Line 2 - 2/2	23
<i>MARK UP P&ID 7</i>	24
.....	24
1.12 P&ID Cu Concentrate Thickener Feed P&ID	24
<i>RESUMEN DE MARK UP P&ID</i>	25
Tabla 1 – Listado de Controladores PID.....	25
Tabla 2 – Listado de Instrumentos	26
<i>IMÁGENES DE INSTRUMENTOS ACTUALMENTE INSTALADOS</i>	27
1.13 – Instrumentación asociada a la evaluación.....	27
<i>DATA MINIG – PI DATA LINK</i>	28
1.14 Pi Data Link – Módulo integrado a Excel	28
 CAPITULO IV	 29
 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LAZOS DE CONTROL CELDAS ROUGHER PLANTA MOLIBDENO	 29
<i>ÍNDICES DE DESEMPEÑO LAZO DE CONTROL</i>	29
Desviación Estándar del Error Estacionario	29
Integral del Error Estacionario.....	29
Tabla 3 – Índices cualitativos de desempeño lazo de control PID	30
<i>PERIODOS DE EVALUACIÓN</i>	30
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO LAZO DE CONTROL NIVEL DE CELDAS</i>	30
Tabla 4 – Desempeño válvulas de traspaso – (OP-FDBK)	30
<i>DESEMPEÑO LAZO DE CONTROL NIVEL ENTRE CELDAS MEDIANTE IAE</i>	31
Tabla 5 – Desempeño PID Nivel entre celdas – (SP-PV)	31
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO LAZO CONTROL DE FLUJO DE NITRÓGENO HACIA CELDAS ROUGHER</i>	 31

Tabla 6 – Desempeño válvulas de control flujo N2 – (OP-FDBK).....	32
Tabla 7 – Desempeño PID de control flujo N2 – (SP-PV).....	32
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO LAZO CONTROL DE ADICIÓN DE REACTIVOS (REGULACIÓN DE PH Y ORP)</i>	32
Tabla 8 – Desempeño bombas de control del PH – (OP-FDBK)	32
Tabla 9 – Desempeño PID de control del PH – (SP-PV)	33
Tabla 10 – Desempeño bombas de control de ORP – (OP-FDBK).....	33
Tabla 11 – Desempeño PID de control de ORP – (SP-PV).....	33
<i>RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES Y PROCESO DE LOS DATOS (PRE MANTENCIÓN)</i>	33
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO POST PARADA DE PLANTA LAZO DE CONTROL DE NIVEL</i>	34
Tabla 12 – Desempeño válvulas de traspaso post mantención – (OP-FDBK)	34
Tabla 13 – Desempeño PID Nivel entre celdas post mantención– (SP-PV)	35
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO POST PARADA DE PLANTA LAZO DE CONTROL DE FLUJO N2</i> 35	
Tabla 14 – Desempeño válvulas de control de flujo N2 post mantención – (OP-FDBK).....	35
Tabla 15 – Desempeño PID control de flujo N2 post mantención– (SP-PV).....	35
<i>EVALUACIÓN DE DESMPEÑO LAZO CONTROL DE ADICIÓN DE REACTIVOS (REGULACIÓN DE PH Y ORP) POST MANTENCIÓN</i>	36
Tabla 16 – Desempeño bombas de control del PH post mantención – (OP-FDBK)	36
Tabla 17 – Desempeño PID de control del PH post mantención – (SP-PV)	36
Tabla 18 – Desempeño bombas de control de ORP post mantención– (OP-FDBK).....	36
Tabla 19 – Desempeño PID de control de ORP post mantención– (SP-PV).....	36
<i>RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES Y PROCESO DE LOS DATOS (POST MANTENCIÓN)</i>	37
CAPITULO V	38
CONCLUSIÓN	38
Img 1.15 Curva ideal ORP vs PH	38
BIBLIOGRAFÍA	40

RESUMEN

Las herramientas de análisis han ido evolucionando, a medida que las necesidades de tener el mejor control sobre ciertas áreas, se han hecho más necesarias. Por tal motivo son muchas las carreras técnicas y de ingeniería que están orientadas a poder entregar conocimiento sobre esta cada vez más demandada tendencia.

Podemos observar un gran potencial como aliado en la Ciencia del Mantenimiento, el que los miembros del equipo o departamento sean capacitados en estos temas.

Por ello el presente documento pretende dar una interpretación a los datos que la planta está entregando. De esta manera, la información obtenida será el reflejo de cómo es el comportamiento del proceso en estudio y de las falencias a nivel de mantenimiento de la instrumentación asociada y de cómo impacta en el desarrollo de la actividad de flotación molibdenita.

ABSTRACT

Analysis tools have been evolving, as the needs to have the best control over certain areas have become more necessary. For this reason, there are many technical and engineering careers that are aimed at providing knowledge about this increasingly in-demand trend.

We can see great potential as an ally in Maintenance Science, if the members of the team or department are trained in these topics.

For this reason, this document aims to give an interpretation to the data that the plant is providing. In this way, the information obtained will reflect the behavior of the process under study and the deficiencies at the maintenance level of the associated instrumentation and how it impacts the development of the molybdenite flotation activity.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la minería y el procesamiento de minerales, el éxito se construye sobre la efectiva operación de las instalaciones, asegurando la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

Este estudio se centrará en el proceso de concentración de minerales de las celdas Rougher, específicamente las que pertenecen a la planta selectiva o planta molibdeno. Aquí es donde se da inicio al proceso de selectividad, que se separa la molibdenita del concentrado de cobre. Esta fase asume un papel de alta relevancia en la planta de procesamiento de molibdeno en la mina Spence, propiedad de la compañía minera BHP, ya que la celda Rougher juega un papel primordial como primera etapa de flotación para la obtención de la molibdenita.

En este contexto, la instrumentación desempeña un papel esencial al permitir la supervisión y control de los procesos industriales, permitiendo a los operadores tomar decisiones informadas en tiempo real y optimizar el rendimiento en general. De esta forma, la evaluación continua del desempeño de la instrumentación en la celda Rougher se convierte en un pilar esencial para garantizar la eficacia de todo el proceso de flotación.

Nuestro objetivo primordial es identificar áreas con potencial de mejora en términos de precisión, confiabilidad y eficiencia en esta etapa. A través de un enfoque multidisciplinario que fusiona conceptos de ingeniería de control, procesamiento de minerales e instrumentación, buscamos comprender profundamente los desafíos actuales y proponer soluciones viables.

En el transcurso de esta investigación, examinaremos con detalle los diversos sensores, sistemas de adquisición de datos y componentes de control que intervienen en la celda Rougher de la mina Spence. Recopilaremos datos operativos y analizaremos patrones para evaluar la consistencia y precisión de la instrumentación en diferentes condiciones. A partir de estos análisis, identificaremos posibles fallas, carencias o áreas susceptibles de optimización, con el fin de alcanzar un desempeño más efectivo y un control más preciso del proceso de flotación selectivo.

ALCANCE

El estudio se llevará a cabo en la planta de procesamiento de molibdeno en la minera Spence, propiedad de la compañía minera BHP, la localidad de Sierra Gorda, Calama.

La propuesta de estudio analítico de variables de proceso, contempla el desarrollo de un informe a partir de los resultados obtenidos estadísticamente de los distintos datos que provienen de los instrumentos a ser evaluados.

Con ello, hallar respuestas al nivel de productividad actual del proceso y entregar una o varias propuestas de mejoras al proceso estudiado.

Para tal estudio, los KPI o indicadores de rendimiento, serán;

- Integral del error absoluto (IAE).
- Desviación estándar del error estacionario.

OBJETIVO GENERAL

Generar un estudio analítico multivariable del proceso de Flotación selectiva en la planta de molibdeno de minera Spence, propiedad de la compañía minera BHP.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Podemos describir 4 objetivos específicos:

- Investigar y revisar la información disponible sobre las celdas Rougher en la planta de molibdeno de Minera Spence.
- Identificar y evidenciar las problemáticas y desafíos actuales en la instrumentación de las celdas Rougher.
- Realizar programa o estrategia para la instrumentación, basándose en los resultados obtenidos.
- Establecer medidas y estrategias con el objetivo de mejorar significativamente el desempeño general del proceso en las celdas Rougher.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

ELEMENTOS PRINCIPALES Y DEFINICIONES

2.1 Flotación Selectiva:

En esta etapa de flotación selectiva el concentrado de cobre es deprimido por selección y la molibdenita por su naturaleza, flota por sí misma. Llevando una recuperación de este mineral en primeramente etapa de celdas Rougher y luego donde se aumenta la ley en celdas Cleaner obteniendo un producto de alta ley.

2.1.1 Planta Molibdeno:

Una instalación industrial diseñada para realizar una serie de procesos que posibilitan la extracción y la obtención de concentrados de molibdeno a partir de minerales que contienen molibdeno.

2.1.2 Celdas Rougher:

Etapa de flotación en la que se centra en obtener la mayor recuperación del mineral molibdenita, separando el mineral cobre como underflow.

2.1.3 Pulpa:

En términos técnicos se define lo que es una pulpa de mineral como una mezcla de sólido y líquido en forma de suspensión. En otras palabras y dentro del sector de la minería, la pulpa hace referencia a un fluido homogéneo, conformado por uno o varios minerales (en agua).

2.1.4 Overflow (celdas):

Es el exceso de sustancia que fluye o se desborda de una etapa de clasificación o separación, como puede ser una criba o un hidrociclón. Esta parte adicional por lo general incluye partículas más pequeñas o de menor valor y necesita una gestión adecuada para evitar pérdidas o impactos ambientales.

2.1.5 Underflow (celdas):

Es la fracción residual que se deposita en la parte inferior de una operación de clasificación o separación, como puede ser el caso de una criba o un hidrociclón. Esta porción remanente suele incluir partículas más grandes o de mayor valor, y es fundamental gestionarla apropiadamente para su posterior procesamiento o disposición sin desperdiciar recursos valiosos.

2.2 Reactivos:

Son sustancias químicas diseñadas hacer flotar o despresar ciertos elementos de interés del concentrado en tratamiento.

2.2.1 Ácido Sulfúrico:

El ácido sulfúrico, de fórmula química H_2SO_4 (una molécula de este ácido está formada por dos átomos de hidrógeno, uno de azufre y cuatro de oxígeno), es un líquido amarillo viscoso muy corrosivo utilizado a gran escala en el mundo industrial. También es conocido como ácido tetraoxosulfúrico o tetraoxosulfato de hidrógeno, debido a su formación atómica. Este ácido es utilizado para el control de PH en la flotación selectiva.

2.3.2 Depresor NaHS:

Este compuesto es el producto de la semi-neutralización de sulfuro de hidrógeno (H₂S) con hidróxido de sodio. El NaHS es un reactivo útil para la síntesis de compuestos de azufre orgánicos e inorgánicos, a veces como reactivo sólido, más a menudo como solución acuosa. Se usa como agente depresor en la flotación selectiva de Cu Mo.

2.3.3 PH:

El pH, es una escala creada por Bronsted y Lowry. Y mide el grado de acidez y alcalinidad de las soluciones acuosas.

2.3.4 ORP:

El ORP es una medida electrónica, en milivoltios (mV), de la capacidad de una sustancia química para oxidar o reducir otra sustancia química.

HERRAMIENTAS DE ESTADÍSTICAS

2.4. Minitab:

Es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Es comúnmente usado en los procesos de mejora continua.

2.4.1 Desviación estándar:

La desviación estándar es una medida de extensión o variabilidad en la estadística descriptiva. Se utiliza para calcular la variación o dispersión en la que los puntos de datos individuales difieren de la media.

2.4.2 Error estacionario:

Es una medida de la exactitud de un sistema de control para seguir una entrada dada, después de desaparecer la respuesta transitoria. Se analizará el error en estado estacionario provocado por la incapacidad del sistema de seguir determinados tipos de entradas.

2.4.3 Mediana:

Es un estadístico de posición central que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro.

Media: Es el valor promedio del grupo datos, es decir, la cifra que se obtiene al sumar todos los datos y dividir el resultado entre la cantidad de los mismos.

TIPOS DE EQUIPOS MEDIDORES DE VARIABLES DE PROCESO

2.5. Sensor de nivel ultrasónico:

Miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.

2.5.1 Sensor ORP:

Potencial de Reducción de Oxidación (ORP), es un dispositivo que mide la capacidad de una solución para oxidar o reducir otras sustancias químicas. Funciona midiendo la diferencia de potencial eléctrico entre dos electrodos sumergidos en la solución, expresando este valor en milivoltios (mV). Un valor ORP positivo indica potencial de oxidación, mientras que un valor ORP negativo indica potencial de reducción. Estos sensores se utilizan en diversas aplicaciones. Son esenciales para medir y controlar reacciones químicas y la calidad del agua en varias industrias.

2.5.2 Sensor PH:

Es una herramienta para medir el nivel de acidez o alcalinidad de una solución.

Utiliza una membrana de vidrio sensible a los iones de hidrógeno (H^+). Mide la concentración de iones H^+ en la solución, lo que proporciona información crucial sobre su pH. Los sensores de pH son fundamentales en aplicaciones que van desde análisis de agua hasta control de procesos químicos, ayudando a garantizar la calidad y seguridad en diversos campos.

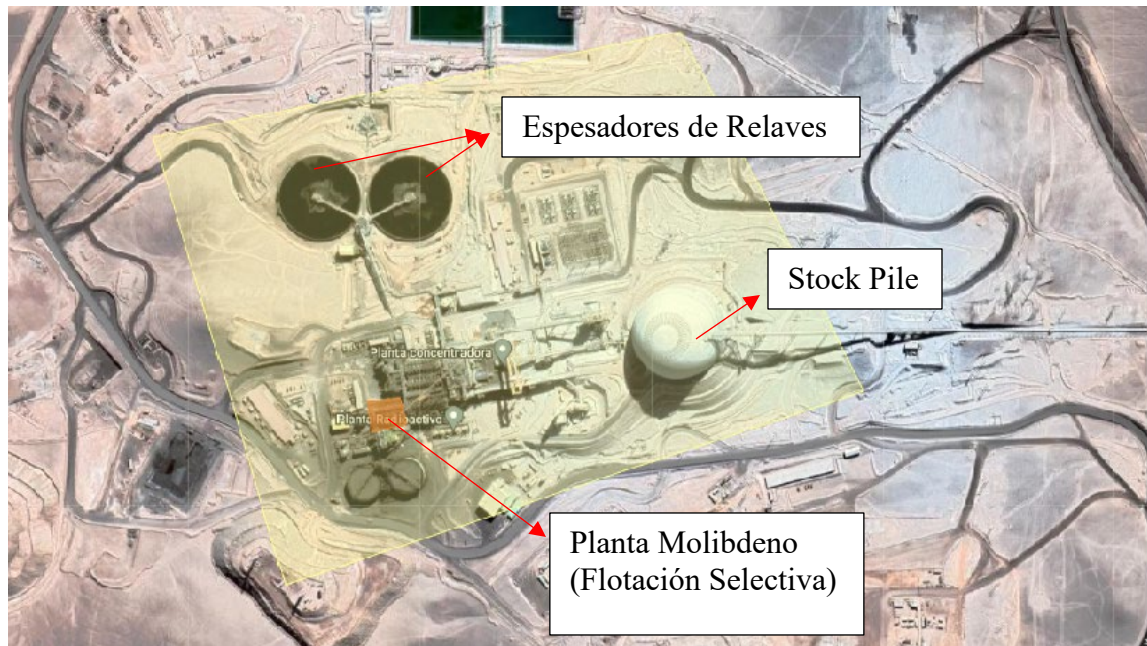
2.5.3 Sensor de flujo de aire (Nitrógeno):

Un sensor de flujo de aire para gases como el nitrógeno detecta y cuantifica el flujo de gas en un conducto. Este dispositivo consta de un elemento sensor, que puede ser una paleta giratoria, un sensor de temperatura, un sensor de presión diferencial o uno de masa térmica. El flujo de gas afecta a este elemento, generando una señal eléctrica proporcional al flujo. Esta señal se convierte en una lectura que representa el flujo de nitrógeno y se utiliza para el monitoreo y control del gas en diversas aplicaciones.

CAPITULO III

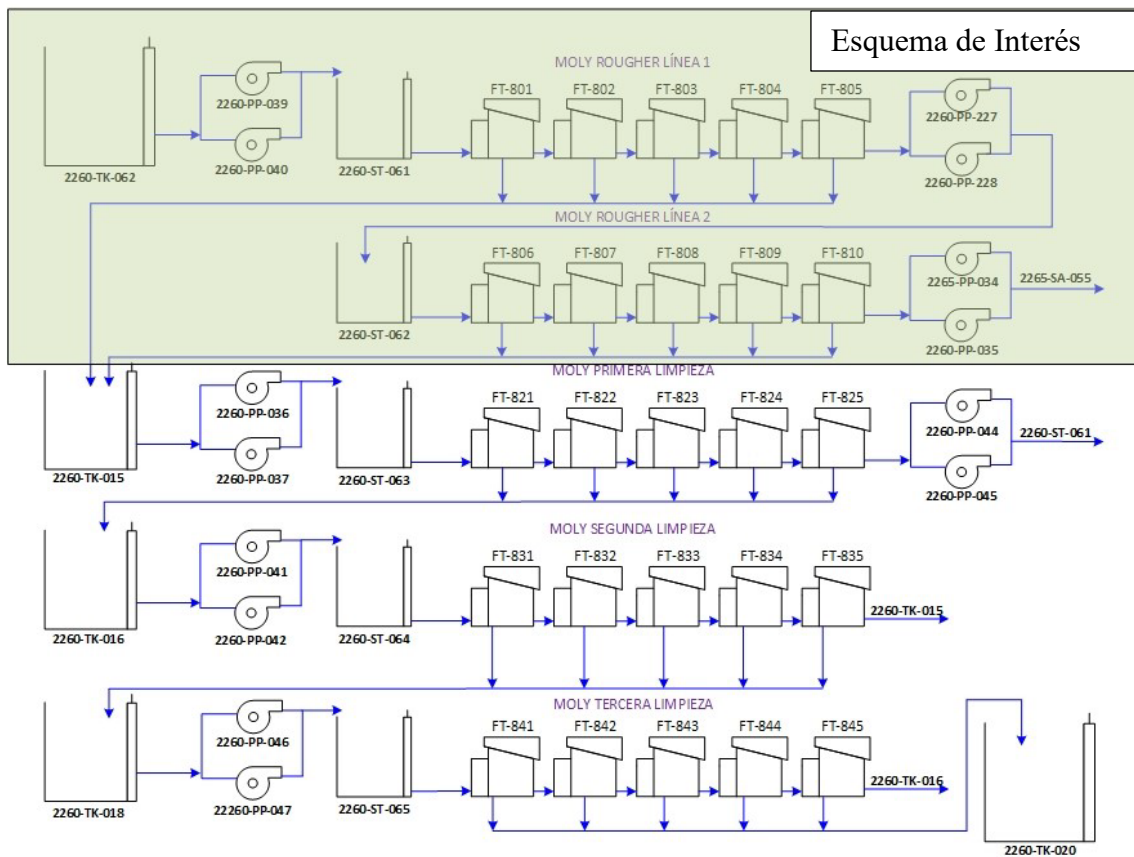
CONOCIENDO LA PLANTA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Img 1.1 Planta Concentradora Minera Spence – Sierra Gorda- Calama

FLWSHEET PLANTA MOLIBDENO



Img 1.2 Flowsheet Flotación Selectiva – Planta Molibdeno Minera Spence – Sierra Gorda- Calama

CELDAS DE FLOTACIÓN SFR

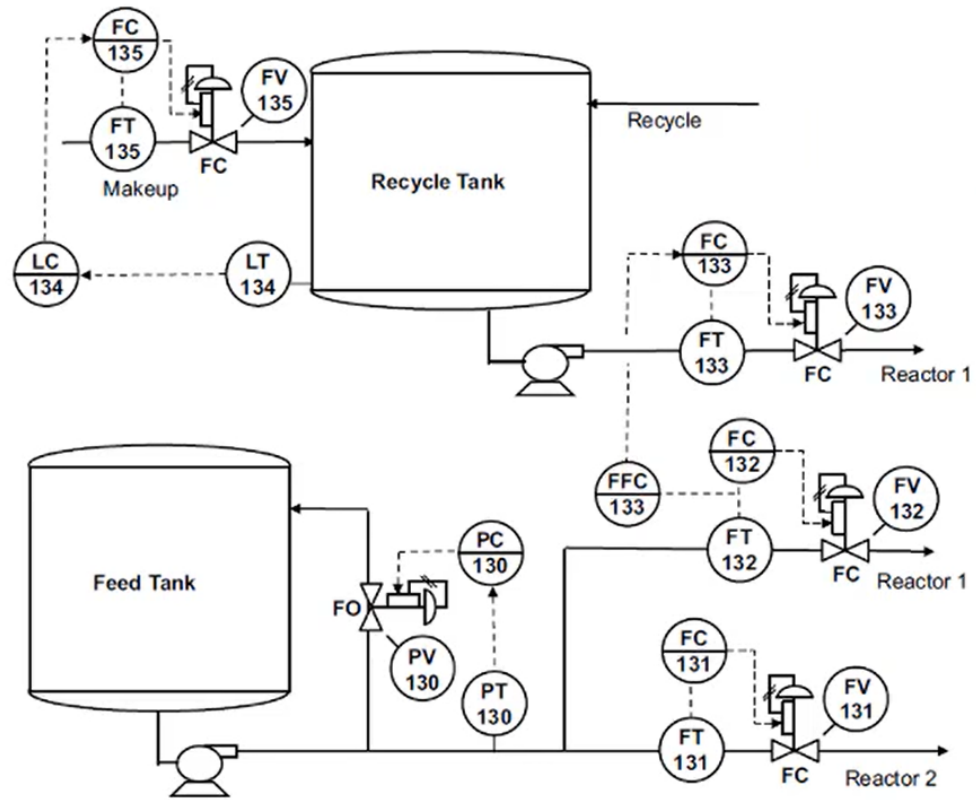
Información del fabricante: “Las El Reactor de Flotación por Etapas (SFR) se desarrolló regresando a los principios básicos de flotación y examinando la mejor forma de optimizar las diversas fases de flotación sin restricciones preconcebidas. El resultado es una máquina que optimiza las tres etapas de flotación dentro de tres zonas separadas, de manera que, cada zona se excluye mutuamente de las necesidades de las otras zonas. La "caída" de espuma está estrechamente controlada “



Img 1.3 Etapas de una celda SFR

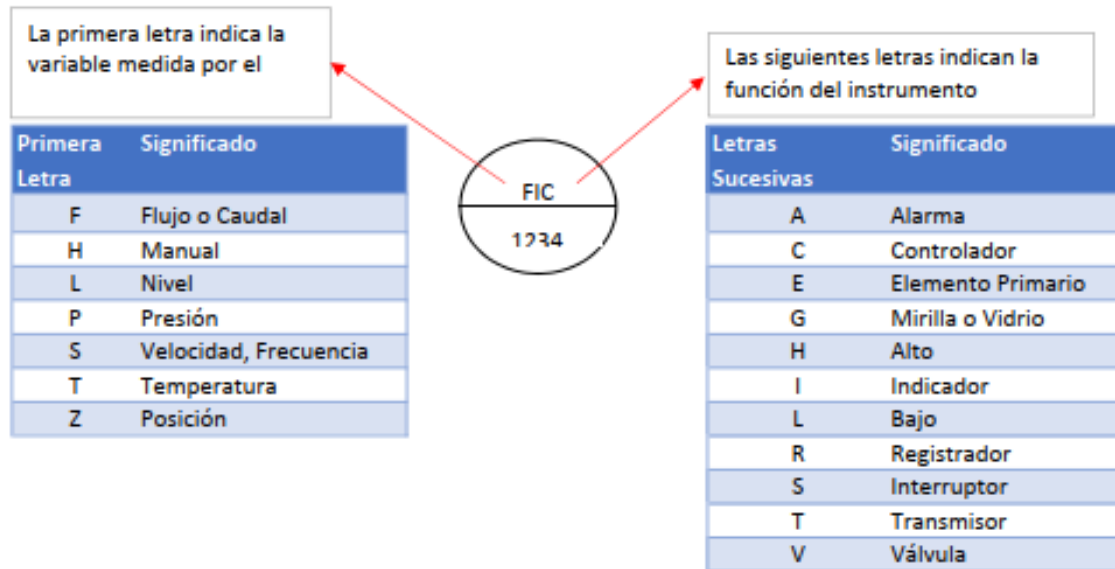
NORMA ISA S5.4

La norma ISA S5.4, es un estándar que permite en instrumentación y control utilizar un sistema de simbología para transmitir información específica de un lazo de control o sistema de control completo.



Img 1.4 Ejemplo: tanque de reciclaje y alimentación continua

INTERPRETACIÓN DE LOS TAGS EN INSTRUMENTOS

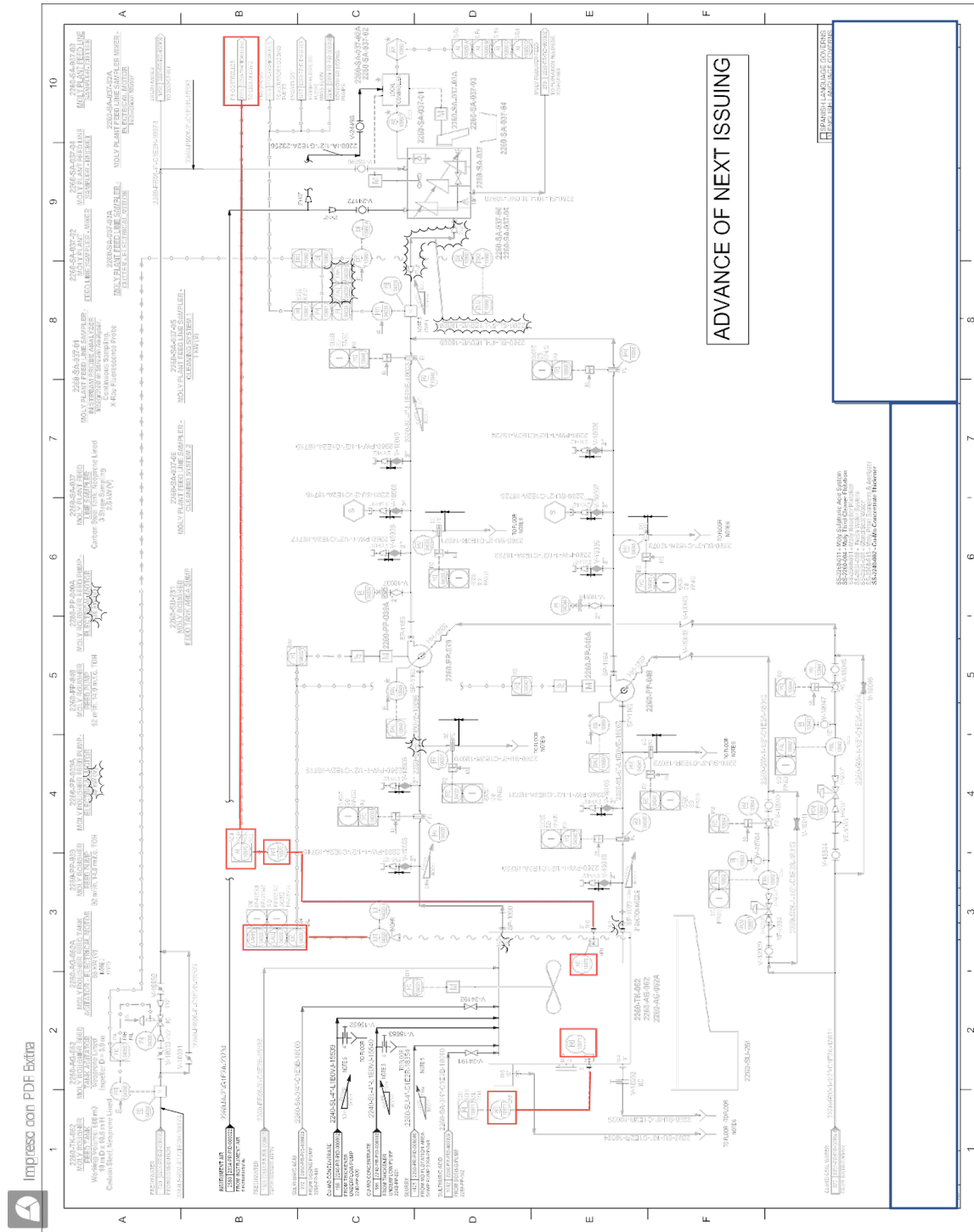


Img 1.5 Interpretación de Tags según configuración de Letras

IDENTIFICANDO INSTRUMENTOS Y CONTROLADORES EN P&ID

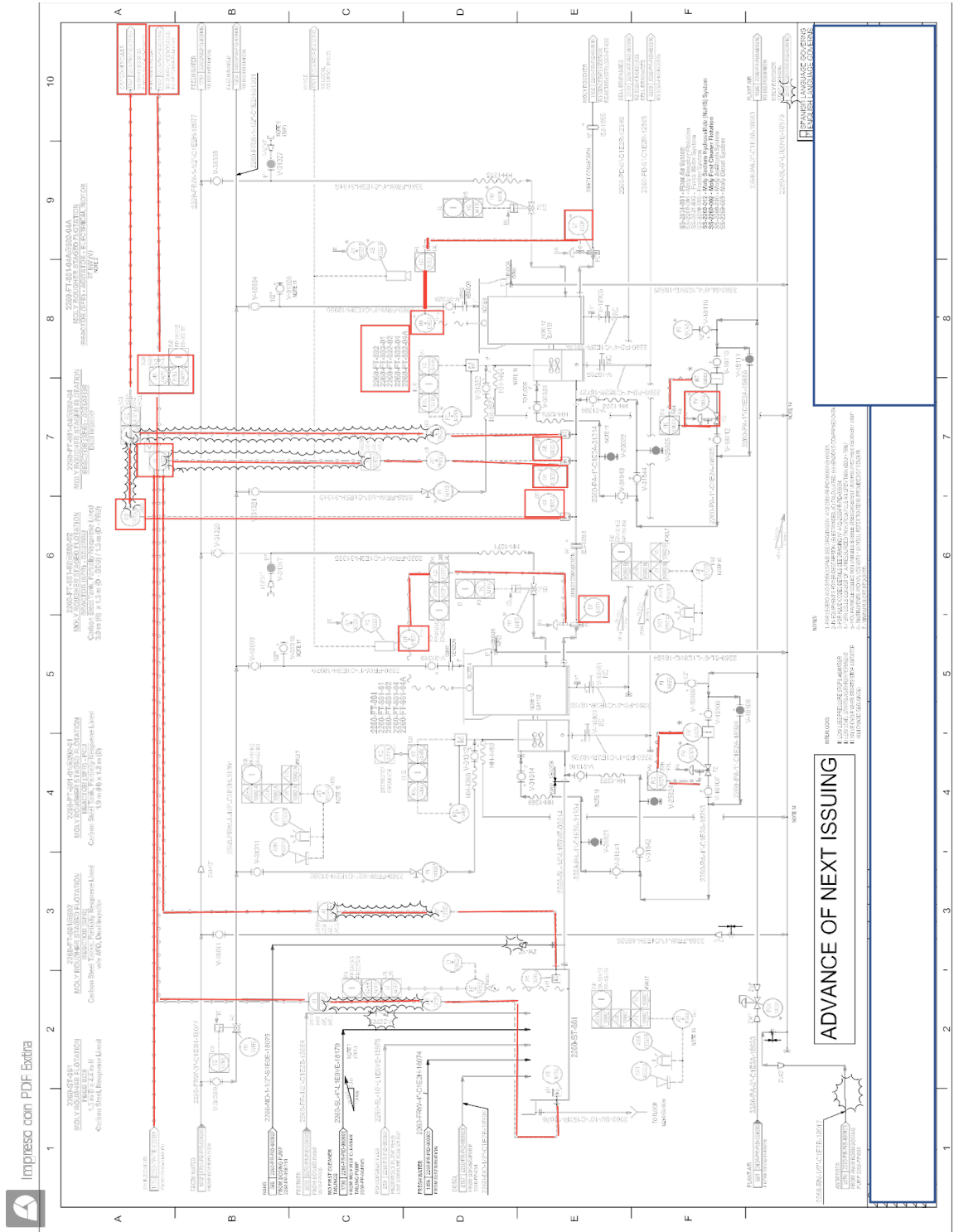
A continuación, se debe realizar un Mark Up al P&ID correspondiente al esquema identificado con sombreado color verde en la imagen 1.2. El objetivo principal es poder identificar los instrumentos y los controladores que interactúan en esta etapa del proceso. Esta es la primera etapa de este proceso selectivo y se llama Primera y Segunda Líneas Rougher. En términos básicos tiene como función concentrar la molibdenita separándola del Cobre, que será transportado en el Under Flow de la celda de flotación.

MARK UP P&ID 1



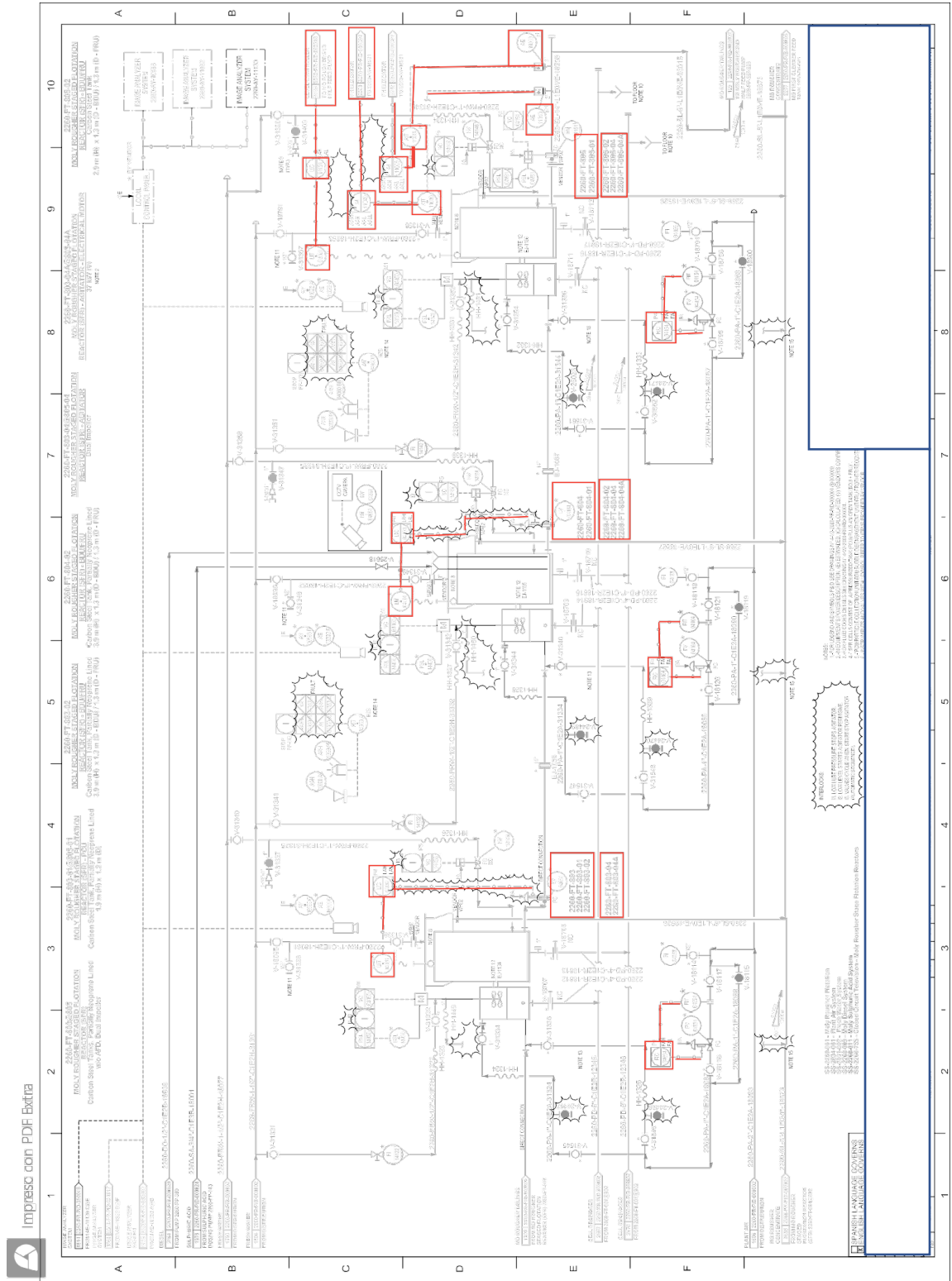
Img 1.6 P&ID Rougher Flotation Feed

MARK UP P&ID 2

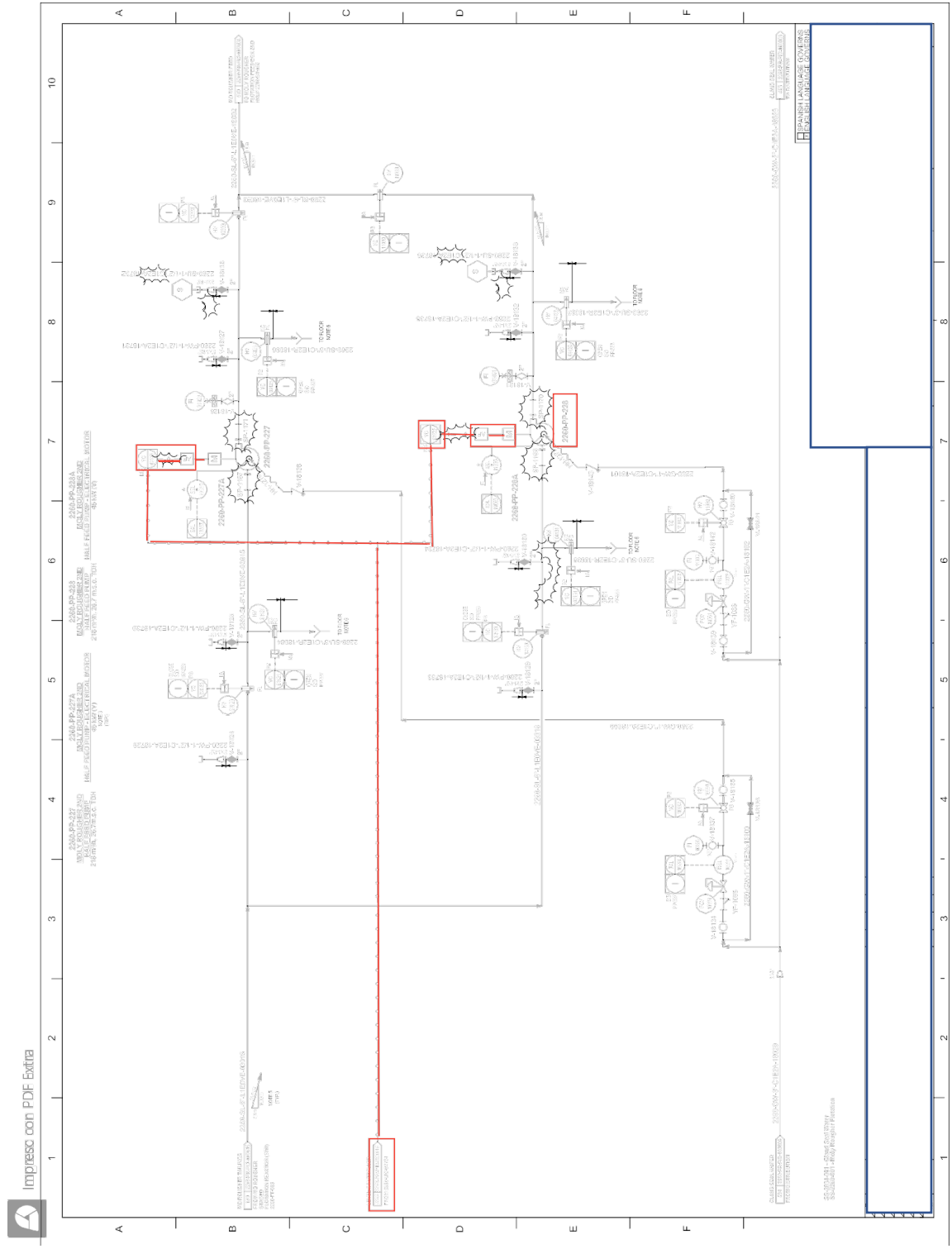


Img 1.7 P&ID Rougher Flotation Line 1 - 1/2

MARK UP P&ID 3

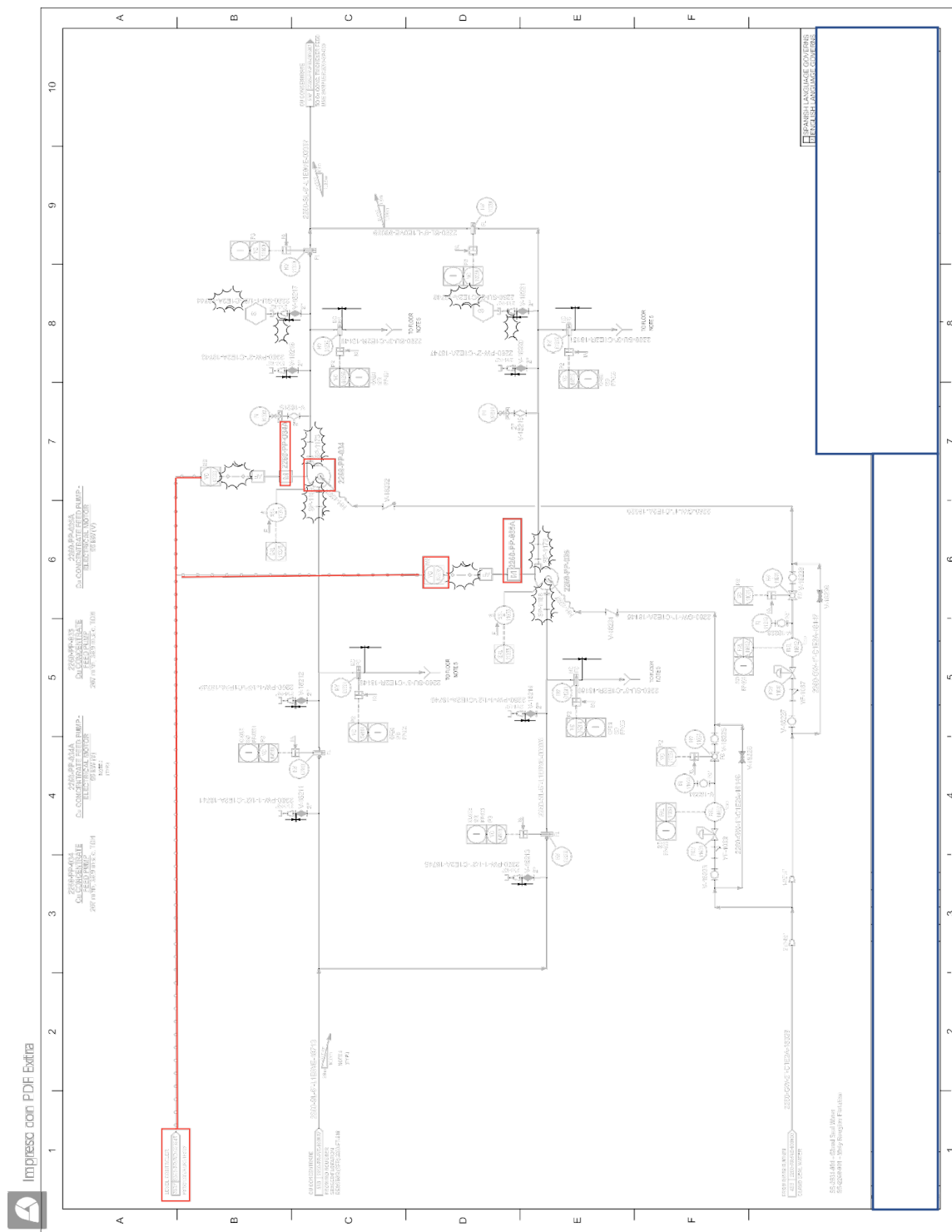


MARK UP P&ID 4



Img 1.9 P&ID Rougher Flotation 2ND Half Feed

MARK UP P&ID 7



Img 1.12 P&ID Cu Concentrate Thickener Feed

RESUMEN DE MARK UP P&ID

Del ejercicio Mark Up a los P&ID se puede resumir en las siguientes tablas los instrumentos y controladores identificados.

Controladores PID	Descripcion o Servicio	Tag Celda
2260-FIC-04074	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-801
2260-FIC-04084	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-802
2260-FIC-04094	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-803
2260-FIC-04104	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-804
2260-FIC-04154	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-805
2260-FIC-04164	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-806
2260-FIC-04174	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-807
2260-FIC-04184	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-808
2260-FIC-15704	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-809
2260-FIC-15724	Controlador de iny. de Nitrógeno a celda	2260-FT-810
2260-LIC-04071	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-801
2260-LIC-04081	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-802
2260-LIC-04091	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-803
2260-LIC-04101	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-804
2260-LIC-04151	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-805
2260-LIC-04161	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-806
2260-LIC-04171	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-807
2260-LIC-04181	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-808
2260-LIC-15707	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-809
2260-LIC-15727	Controlador de Nivel de traspaso a celda	2260-FT-810
2260-AIC-04072	Controlador de PH en 2260-TK-062	2260-TK-062
2260-AIC-10981	Controlador de PH en 2260-FT-804	2260-FT-804
2260-AIC-13141	Controlador de ORP en 2260-ST-061	2260-ST-061
2260-AIC-04153	Controlador de ORP en 2260-ST-062	2260-ST-062

Tabla 1 – Listado de Controladores PID

Tag Instrumento	Descripción Instrumento	Tag Celda
2260-LV-04071	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-801-802
2260-LV-04081	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-802-803
2260-LV-04091	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-803-804
2260-LV-04101	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-804-805
2260-LV-04161	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-806-807
2260-LV-04171	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-807-808

2260-LV-04181	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-806-808
2260-LV-15707	Válvula Traspaso Control Nivel	2260-FT-807-809
2260-LIT-04071	Transmisor de Nivel	2260-FT-801
2260-LIT-04081	Transmisor de Nivel	2260-FT-802
2260-LIT-04091	Transmisor de Nivel	2260-FT-803
2260-LIT-04101	Transmisor de Nivel	2260-FT-804
2260-LIT-04151	Transmisor de Nivel	2260-FT-805
2260-LIT-04161	Transmisor de Nivel	2260-FT-806
2260-LIT-04171	Transmisor de Nivel	2260-FT-807
2260-LIT-04181	Transmisor de Nivel	2260-FT-808
2260-LIT-15707	Transmisor de Nivel	2260-FT-809
2260-LIT-15727	Transmisor de Nivel	2260-FT-810
2260-FIT-04074	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-801
2260-FIT-04084	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-802
2260-FIT-04094	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-803
2260-FIT-04104	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-804
2260-FIT-04154	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-805
2260-FIT-04164	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-806
2260-FIT-04174	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-807
2260-FIT-04184	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-808
2260-FIT-15704	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-809
2260-FIT-15724	Transmisor de Flujo (N)	2260-FT-810
2260-AIT-10970	Transmisor de análisis PH	2260-TK-062
2260-AIT-10984	Transmisor de análisis PH	2260-ST-061
2260-AIT-10985	Transmisor de análisis PH	2260-ST-061
2260-AIT-04072A	Transmisor de análisis PH	2260-FT-801
2260-AIT-11039	Transmisor de análisis PH	2260-FT-805
2260-AIT-11040	Transmisor de análisis PH	2260-FT-805
2260-AIT-10981	Transmisor de análisis PH	2260-FT-806
2260-AIT-10971	Transmisor de análisis ORP	2260-TK-062
2260-AIT-04073A	Transmisor de análisis ORP	2260-FT-801-802
2260-AIT-04153	Transmisor de análisis ORP	2260-FT-806
2260-AIT-04073B	Transmisor de análisis ORP	2260-FT-801-802

Tabla 2 – Listado de Instrumentos

IMÁGENES DE INSTRUMENTOS ACTUALMENTE INSTALADOS



De derecha a izquierda: Transmisores de analizadores de PH y ORP, Válvula de control de flujo de Nitrógeno, Válvula de corte entre celdas y sensor ultrasónico de Nivel.

Img 1.13 – Instrumentación asociada a la evaluación

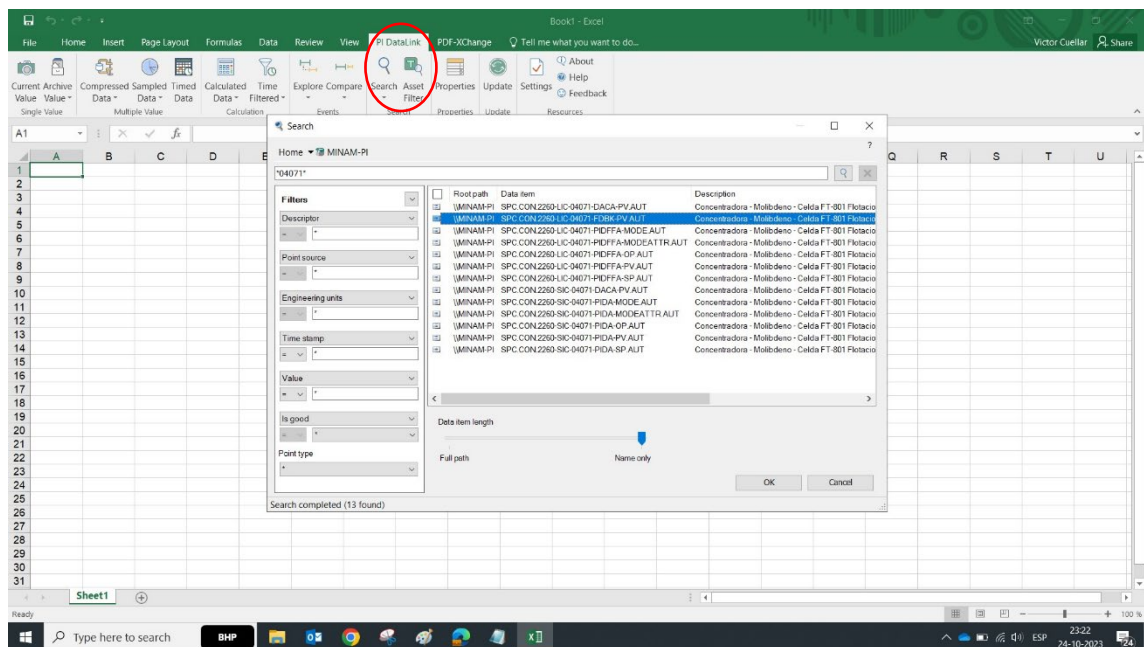
DATA MINIG – PI DATA LINK

Para hacer el data minig de los datos de proceso de los diferentes instrumentos o controladores se usa la herramienta incerta corporativamente en excel, “PI DATALINK”.

Si hacemos click en “search” podemos encontrar las rutas OPC que nos llevan al dato que necesitamos de un instrumento en particular.

En la imagen podemos ver el ejemplo de la válvula LV-04071, el cual se ingresa y da como resultado las rutas a las distintas variables asociadas a este instrumento, en particular, el controlador de nivel LIC-04071.

Este es el ejercicio que se realizará para toda la adquisición de datos requerida para este trabajo. Los datos se almacenarán en columnas y se obtendrán parámetros tales como “OP”, “PV”, “SP”, “FDBK”, “MODO OPERACIÓN”, etc.



Img 1.14 Pi Data Link – Módulo integrado a Excel

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LAZOS DE CONTROL CELDAS ROUGHER PLANTA MOLIBDENO

ÍNDICES DE DESEMPEÑO LAZO DE CONTROL

Desviación Estándar del Error Estacionario

Esta métrica puede indicar que algo sucede en la capacidad del controlador. Es decir, si hay una desviación estándar alta, significa en términos de control, que el “Feedback” o retroalimentación del sistema de control está distante de su señal de salida al proceso al cual se le conoce como “OP”. Esto por poner un ejemplo de su aplicación, ya que también puede usarse para revelar el rendimiento del controlador al tener un “SP” o Set Point definido vs la “PV” o variable de proceso. Si hay una desviación estándar alta en esta relación de control, significa que el controlador no es capaz de ajustar la PV al valor deseado.

Para este KPI se define, que la desviación estándar tolerada, será de 2%. La evaluación será realizada de acuerdo a una masa de datos de 7 días a partir del 25 de noviembre hasta el 01 de octubre de 2023, a 2 segundos por cada muestra de dato. Este KPI se aplicará para validar la relación de las variables OP y Feedback.

Integral del Error Estacionario

Este KPI, indica el rendimiento de un controlador PID que trata de ajustar la PV al SP indicado por el operador o mecanismo superior de control.

Se evalúa cuanto error acumula cada lazo de control, en el tiempo en que comprueba su rendimiento. Entre más alto sea la integral del error absoluto, más ineficiente es un controlador. En base a esta métrica, se adaptará un índice llamado “índice de Jelali”, que clasifica la calidad del controlador dentro de los parámetros “Pobre”, “Justo”, “Bueno” y “Óptimo”.

La fórmula que describe la Integral del Error Absoluto, es la siguiente:

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \text{ donde } e(t), \text{ es el error en instante } t.$$

Para continuar con la evaluación de realizará también el cálculo del promedio del IAE que viene dado por la fórmula:

$AAE_N = \frac{IAE}{N}$ donde AAE_N es la media de IAE y N es la cantidad de datos evaluados en t tiempos.

Para poder asignarles un parámetro de rendimiento, se comparará el mejor lazo de control con respecto a los otros lazos de características iguales.

La fórmula sigue la siguiente estructura:

$\eta = \frac{J_{des}}{J_{act}}$ donde J_{des} es el promedio del error del controlador que está en mejor condición, y J_{act} , es el controlador a ser evaluado y η es el índice de rendimiento que usaremos finalmente en la siguiente tabla de referencia de desempeño.

Desempeño	Pobre	Justo	Bueno	Óptimo
AAE_N	$\eta < 0.4$	$0.4 < \eta \leq 0.7$	$0.7 < \eta \leq 0.9$	$\eta > 0.9$

Tabla 3 – Índices cualitativos de desempeño lazo de control PID

PERIODOS DE EVALUACIÓN

Los periodos que fueron evaluados para gestionar la masa de datos corresponden en primera instancia a los rangos de fechas:

24-09-23 - 01-10-23 (primera evaluación)

25-10-23 - 01-11-23 (Segunda evaluación, post mantención planta)

EVALUACIÓN DE DESMPENÑO LAZO DE CONTROL NIVEL DE CELDAS

Se analiza el error estacionario entre la posición de carrera (Feedback) y salida de comando hacia la válvula OP. Se calcula la desviación estándar y error medio del error estacionario entre la posición de carrera y salida de comando.

Tag Ctrldr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%
2260-LIC-04071	2,603405157	60,13118999	NO CUMPLE
2260-LIC-04081	1,139600565	0,409182556	CUMPLE
2260-LIC-04091	0,443496718	0,392312656	CUMPLE
2260-LIC-04101	0,606034403	1,719416049	CUMPLE
2260-LIC-04151	6,786245761	0,131448574	NO CUMPLE
2260-LIC-04161	0,29438087	69,6720368	NO CUMPLE
2260-LIC-04171	6,988954411	0,359423221	NO CUMPLE
2260-LIC-04181	0,264915409	0,079254371	CUMPLE
2260-LIC-15707	0,314603389	0,374687311	CUMPLE
2260-LIC-15727	3,691478642	1,392317904	NO CUMPLE

Tabla 4 – Desempeño válvulas de traspaso – (OP-FDBK)

Las celdas de flotación, tienen por consenso un error máximo permitido de un 2% de la desviación estándar del error, las celdas marcadas en rojo serán objeto de seguimiento en el resumen final.

DESEMPEÑO LAZO DE CONTROL NIVEL ENTRE CELDAS MEDIANTE IAE

Una vez que se calcula la suma de todas las restas entre SP y PV, estas se dividen por la cantidad de muestras, para este caso las muestras fueron $n= 296396$. Se evalúa la mejor celda y se compara con respecto a sus pares, en materia de control de nivel entre celdas.

Tag Ctrlldr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-LIC-04071	79342,68215	0,323371205	0,323371205	0,323371205	1	OPTIMO
2260-LIC-04081	243760,9203	0,98865148	0,323371205	0,98865148	0,327083114	POBRE
2260-LIC-04091	383688,5062	1,554023921	0,323371205	1,554023921	0,208086375	POBRE
2260-LIC-04101	169708,0446	0,688887176	0,323371205	0,688887176	0,469410981	JUSTO
2260-LIC-04151	481449,8983	2,369608264	0,323371205	2,369608264	0,136466103	POBRE
2260-LIC-04161	335901,3407	1,364099595	0,323371205	1,364099595	0,237058354	POBRE
2260-LIC-04171	773741,1899	3,142772617	0,323371205	3,142772617	0,102893605	POBRE
2260-LIC-04181	717655,5745	2,923169187	0,323371205	2,923169187	0,110623499	POBRE
2260-LIC-15707	519744,1965	2,111553839	0,323371205	2,111553839	0,153143718	POBRE
2260-LIC-15727	384927,2144	1,63272175	0,323371205	1,63272175	0,19805653	POBRE

Tabla 5 – Desempeño PID Nivel entre celdas – (SP-PV)

A continuación, se puede apreciar cómo es el desempeño de los controladores PID, que en su mayoría están desajustados.

Mediante se vaya avanzando en el muestreo de la situación de la planta, Mantenimiento debe tomar acción para poder estabilizar la flotación selectiva.

Este análisis contribuye a evidenciar los problemas de instrumentación en la primera etapa de Celdas Rougher, donde se da lugar a maximizar la recuperación de la molibdenita, depresando el cobre.

EVALUACIÓN DE DESMPEÑO LAZO CONTROL DE FLUJO DE NITRÓGENO HACIA CELDAS ROUGHER

El gas nitrógeno cumple un papel importante en estas etapas donde el reactivo NaSH es adicionado. El reactivo tiende a la oxidación al estar en contacto con el oxígeno, haciendo inestable su efecto como depresante del cobre si no se controla tal reacción y también teniendo presente el PH de la pulpa. De acuerdo con la imagen se tiene que la relación debe estar en los rangos indicados en la misma. Este reactivo puede liberar gas sulfhídrico si no es controlado de manera adecuada en la planta. Este gas es más denso que el aire, por ende, cuando se libera, tiende a caer a piso de la flotación selectiva, pudiendo ser altamente peligroso para los trabajadores que estén realizando labores en las cercanías.

Por ello la importancia de poder contar con una adecuada instrumentación que garantice el buen manejo de la inyección de este gas.

A continuación, seguimos observando el desempeño de los controladores PID y el comportamiento de los elementos finales de control tal como lo hicimos al principio.

Tag Ctrlr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%
2260-FIC-04074	0,062636125	0,115487565	CUMPLE
2260-FIC-04084	0,059264792	0,134797041	CUMPLE
2260-FIC-04094	0,062374322	0,116923036	CUMPLE
2260-FIC-04104	0,061793155	0,147733975	CUMPLE
2260-FIC-04154	1,008062164	3,702965972	NO CUMPLE
2260-FIC-04164	0,059226509	0,153909433	CUMPLE
2260-FIC-04174	0,061238727	0,142870353	CUMPLE
2260-FIC-04184	2,684378486	0,27727175	NO CUMPLE
2260-FIC-15704	0,063340989	0,151524002	CUMPLE
2260-FIC-15724	0,562882311	0,023965927	CUMPLE

Tabla 6 – Desempeño válvulas de control flujo N2 – (OP-FDBK)

Tag Ctrlr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-FIC-04074	6509,246382	0,021961	0,010694	0,021961	0,486938	JUSTO
2260-FIC-04084	4397,269931	0,014836	0,010694	0,014836	0,720811	BUENO
2260-FIC-04094	5791,644671	0,019540	0,010694	0,019540	0,547271	JUSTO
2260-FIC-04104	5647,004299	0,019052	0,010694	0,019052	0,561289	JUSTO
2260-FIC-04154	3937,697166	0,013285	0,010694	0,013285	0,804937	BUENO
2260-FIC-04164	3169,599953	0,010694	0,010694	0,010694	1,000000	OPTIMO
2260-FIC-04174	4330,813393	0,014612	0,010694	0,014612	0,731872	BUENO
2260-FIC-04184	35089,762810	0,118389	0,010694	0,118389	0,090328	POBRE
2260-FIC-15704	5196,539425	0,017532	0,010694	0,017532	0,609944	JUSTO
2260-FIC-15724	7952,382490	0,026830	0,010694	0,026830	0,398572	POBRE

Tabla 7 – Desempeño PID de control flujo N2 – (SP-PV)

EVALUACIÓN DE DESMPENÑO LAZO CONTROL DE ADICIÓN DE REACTIVOS (REGULACIÓN DE PH Y ORP)

A continuación, se presenta la evaluación del control de PH.

Tag Ctrlr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%	Estado Funcionando EFC
2260-AIC-04072	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04072	17,68745471	7,775035886	NO CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-10981	4,20648664	4,893149373	NO CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN

Tabla 8 – Desempeño bombas de control del PH – (OP-FDBK)

Tag Ctrldr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-AIC-04072	33582,79801	0,140929512	0,140929512	0,140929512	1	OPTIMO
2260-AIC-10981	179393,1627	0,611977208	0,140929512	0,611977208	0,230285556	POBRE

Tabla 9 – Desempeño PID de control del PH – (SP-PV)

Tag Ctrldr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%	Estado Funcionando EFC
2260-AIC-13141	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-13141	8,359579258	40,93578495	NO CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04153	0,28579741	1,960626382	CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04153	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN

Tabla 10 – Desempeño bombas de control de ORP – (OP-FDBK)

Tag Ctrldr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-AIC-13141	0	LAZO MODO MANUAL	0	LAZO MODO MANUAL	LAZO MODO MANUAL	LAZO NO SE PUEDE EVALUAR, TRABAJA EN MODO MANUAL DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO REVISADO
2260-AIC-04153	0	LAZO MODO MANUAL	0	LAZO MODO MANUAL	LAZO MODO MANUAL	LAZO NO SE PUEDE EVALUAR, TRABAJA EN MODO MANUAL DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO REVISADO

Tabla 11 – Desempeño PID de control de ORP – (SP-PV)

RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES Y PROCESO DE LOS DATOS (PRE MANTENCIÓN)

Hasta ahora se puede resumir el análisis de la siguiente manera;

- El 50% de las celdas tiene un desajuste en los instrumentos de control de nivel (sensores de nivel y válvula de traspaso de pulpa).
- Como consecuencia los PID que hacen el control no pueden seguir al Set Point fijado por el operador. Muchas veces tiene que pasar el control a manual para poder manipular la válvula de forma directa, dándole instrucción en la OP del instrumento. De esta forma no se consigue un buen manejo de las variables de proceso. Eso explica el porqué del 80% de los controles PID de nivel están fuera de rango de calidad.
- Respecto a Flujo, presenta un mejor comportamiento dada la naturaleza del gas, o elemento a controlar, que es más limpio y no causa un deterioro del control tan a corto plazo. Sin embargo, se puede observar en las tablas 5 y 6, un 20% de controles tanto de válvulas como de Controles lógicos PID, que están fuera de rango de calidad, pudiendo representar un secuenciamiento de fallas si no se toman las medidas al respecto.
- En cuanto al control de PH, la situación es 100% desfavorable para el control de esta variable.
Se puede deber a que existe un posible embancamiento en la línea de adición del ácido sulfúrico, que hace regular el PH.

También se puede deber a las constantes fallas de comunicación al estar las bombas comunicadas de forma indirecta entre protocolos distintos, Fielbus Foundation y Profibus.

También se puede añadir que las bombas de respaldo están agripadas y no se permite un relevo de bombas para poder continuar con la operación normalmente. Esto se debe a que el operador espera a que la bomba principal de inyección de reactivo falle, para cambiarse a la de respaldo. Esto no es recomendable ya que no permite que la bomba funcione de vez en cuando, a modo de prueba de disponibilidad. Se puede observar que solo un controlador PID está trabajando con la bomba disponible.

- En cuanto al control de ORP, solo una bomba de cada lazo de control está trabajando, además se agrega que siempre se operaron en forma manual (PID), por esta razón no se pudo evaluar estos controladores.

EVALUACIÓN DE DESMPENÑO POST PARADA DE PLANTA LAZO DE CONTROL DE NIVEL

En el mes octubre se realizó una detención de tres días en la planta. Por las características del área en cuestión, las mantenciones se realizan por oportunidad y no por un programa específico. Tampoco se el departamento de Instrumentación cuenta con soluciones de calibración para los instrumentos de medición de reactivos.

Por ello, algunos de los controladores no presentan un cambio significativo post mantenimiento.

Tag Ctrldr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%
2260-LIC-04071	1,136874687	0,651353	CUMPLE
2260-LIC-04081	0,596268411	0,314294424	CUMPLE
2260-LIC-04091	0,162923239	0,139370744	CUMPLE
2260-LIC-04101	1,989401122	0,894093668	CUMPLE
2260-LIC-04151	7,967409354	70,97528992	NO CUMPLE
2260-LIC-04161	0,388964838	0,251870209	CUMPLE
2260-LIC-04171	0,793357562	1,502109046	CUMPLE
2260-LIC-04181	0,37565585	0,44167249	CUMPLE
2260-LIC-15707	0,620353291	0,557961477	CUMPLE
2260-LIC-15727	5,762885892	59,63169268	NO CUMPLE

Tabla 12 – Desempeño válvulas de traspaso post mantención – (OP-FDBK)

Tag Ctrlldr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-LIC-04071	79342,68215	0,323371205	0,323371205	0,323371205	1	OPTIMO
2260-LIC-04081	243760,9203	0,98865148	0,323371205	0,98865148	0,327083114	POBRE
2260-LIC-04091	383688,5062	1,554023921	0,323371205	1,554023921	0,208086375	POBRE
2260-LIC-04101	169708,0446	0,688887176	0,323371205	0,688887176	0,469410981	JUSTO
2260-LIC-04151	481449,8983	2,369608264	0,323371205	2,369608264	0,136466103	POBRE
2260-LIC-04161	335901,3407	1,364099595	0,323371205	1,364099595	0,237058354	POBRE
2260-LIC-04171	773741,1899	3,142772617	0,323371205	3,142772617	0,102893605	POBRE
2260-LIC-04181	717655,5745	2,923169187	0,323371205	2,923169187	0,110623499	POBRE
2260-LIC-15707	519744,1965	2,111553839	0,323371205	2,111553839	0,153143718	POBRE
2260-LIC-15727	384927,2144	1,63272175	0,323371205	1,63272175	0,19805653	POBRE

Tabla 13 – Desempeño PID Nivel entre celdas post mantención– (SP-PV)

EVALUACIÓN DE DESMPEÑO POST PARADA DE PLANTA LAZO DE CONTROL DE FLUJO N2

Tag Ctrlldr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%
2260-FIC-04074	0,272285172	0,131191951	CUMPLE
2260-FIC-04084	0,111566265	0,134232873	CUMPLE
2260-FIC-04094	0,128650568	0,11099402	CUMPLE
2260-FIC-04104	0,110470845	0,147061087	CUMPLE
2260-FIC-04154	0,935286158	3,834037665	NO CUMPLE
2260-FIC-04164	0,240159015	0,145087499	CUMPLE
2260-FIC-04174	0,12533174	0,140515268	CUMPLE
2260-FIC-04184	5,206268721	0,672865174	NO CUMPLE
2260-FIC-15704	0,108087678	0,151155437	CUMPLE
2260-FIC-15724	0,172152869	0,012836101	CUMPLE

Tabla 14 – Desempeño válvulas de control de flujo N2 post mantención – (OP-FDBK)

Tag Ctrlldr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-FIC-04074	13748,007810	0,046384	0,032913	0,046384	0,709579	BUENO
2260-FIC-04084	11013,971220	0,037160	0,032913	0,037160	0,885720	BUENO
2260-FIC-04094	13738,744530	0,046353	0,032913	0,046353	0,710057	BUENO
2260-FIC-04104	12999,203230	0,043858	0,032913	0,043858	0,750453	BUENO
2260-FIC-04154	14466,919200	0,048810	0,032913	0,048810	0,674317	JUSTO
2260-FIC-04164	18220,180360	0,061473	0,032913	0,061473	0,535412	JUSTO
2260-FIC-04174	12984,655700	0,043809	0,032913	0,043809	0,751294	BUENO
2260-FIC-04184	85607,441840	0,288829	0,032913	0,288829	0,113954	POBRE
2260-FIC-15704	13922,545640	0,046973	0,032913	0,046973	0,700683	BUENO
2260-FIC-15724	9755,296021	0,032913	0,032913	0,032913	1,000000	OPTIMO

Tabla 15 – Desempeño PID control de flujo N2 post mantención– (SP-PV)

EVALUACIÓN DE DESMPENÑO LAZO CONTROL DE ADICIÓN DE REACTIVOS (REGULACIÓN DE PH Y ORP) POST MANTENCIÓN

Tag Ctrlrdr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%	Estado Funcionando EFC
2260-AIC-04072	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04072	0,837575093	1,551544419	CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-10981	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN

Tabla 16 – Desempeño bombas de control del PH post mantención – (OP-FDBK)

Tag Ctrlrdr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-AIC-04072	34550,21875	0,139420526	0,139420526	0,139420526	1	OPTIMO
2260-AIC-10981	0	LAZO MODO MANUAL	0,139420526	LAZO MODO MANUAL	LAZO MODO MANUAL	LAZO NO SE PUEDE EVALUAR, TRABAJA EN MODO MANUAL DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO REVISADO

Tabla 17 – Desempeño PID de control del PH post mantención – (SP-PV)

Tag Ctrlrdr	DESV STD Err OP-FDBK	Promedio Err OP-FDBK	Criterio <2%	Estado Funcionando EFC
2260-AIC-13141	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-13141	1,589083607	48,1995679	NO CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04153	0,083605293	1,996564219	CUMPLE	BOMBA SÍ ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN
2260-AIC-04153	ERROR	ERROR	NO CUMPLE	BOMBA NO ESTUVO FUNCIONANDO EN PERIODO DE EVALUACIÓN

Tabla 18 – Desempeño bombas de control de ORP post mantención– (OP-FDBK)

Tag Ctrlrdr	IAE	AAEn	Jdes	Jact	η	DESEMPEÑO
2260-AIC-13141	0	LAZO MODO MANUAL	0	LAZO MODO MANUAL	LAZO MODO MANUAL	LAZO NO SE PUEDE EVALUAR, TRABAJA EN MODO MANUAL DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO REVISADO
2260-AIC-04153	0	LAZO MODO MANUAL	0	LAZO MODO MANUAL	LAZO MODO MANUAL	LAZO NO SE PUEDE EVALUAR, TRABAJA EN MODO MANUAL DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO REVISADO

Tabla 19 – Desempeño PID de control de ORP post mantención– (SP-PV)

RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES Y PROCESO DE LOS DATOS (POST MANTENCIÓN)

Lo que podemos evidenciar de lo que obtenemos de los datos es lo siguiente;

- Del 50% inicial de válvulas que no respondían a la calidad solicitada por operación, ahora son un 20%, de los cuales un elemento final de control es una bomba centrífuga que transporta desde la celda 5 hasta la celda 6 de la línea 2 de Moly Rougher. Lo que quiere decir, que ese control lo prefiere manejar el operador de forma manual, ya que el controlador al estar en servicio, hace que el control de alguna manera genere ruido en la entrada del TK, que traspasa a la celda FT-806. Actualmente se está trabajando en una estrategia de control estabilizante para estos efector en las celdas.
- En cuanto a los controles PID de nivel (tabla 12), se mantienen prácticamente en calidad de “pobre”, esto se debe a que la dotación de personal no fue suficiente para realizar las mantenciones adecuadas a los sistemas de medición de nivel en las celdas.
- Respecto a Flujo, como se mencionó al inicio, estos controladores y válvulas se comportan de manera más estable. Pero continúa con el 20% faltante de resolver, que, con una buena coordinación con CIO y mantenimiento, se puede lograr agendar mantenciones periódicas, que permitan perpetuar el funcionamiento dentro de la vida útil, de un activo. Siempre se debe tener en cuenta el norte del negocio.
- En cuanto al control de PH, la situación es 70% desfavorable para el control de esta variable. Se aprecia que hubo una mejora en un instrumento de medición. Pero la disponibilidad es “pobre” aún. También se agrega que son las mismas bombas de reactivo que continúan sin operar dentro de los periodos que hemos evaluados a los controles. Se puede observar que continúa operando solo un controlador PID.
- En cuanto al control de ORP, no ha variado o mejorado su condición inicial de evaluación. Evidenciando, que no se intervinieron los sensores de ORP o las bombas que trabajan inyectando el reactivo NaSH.

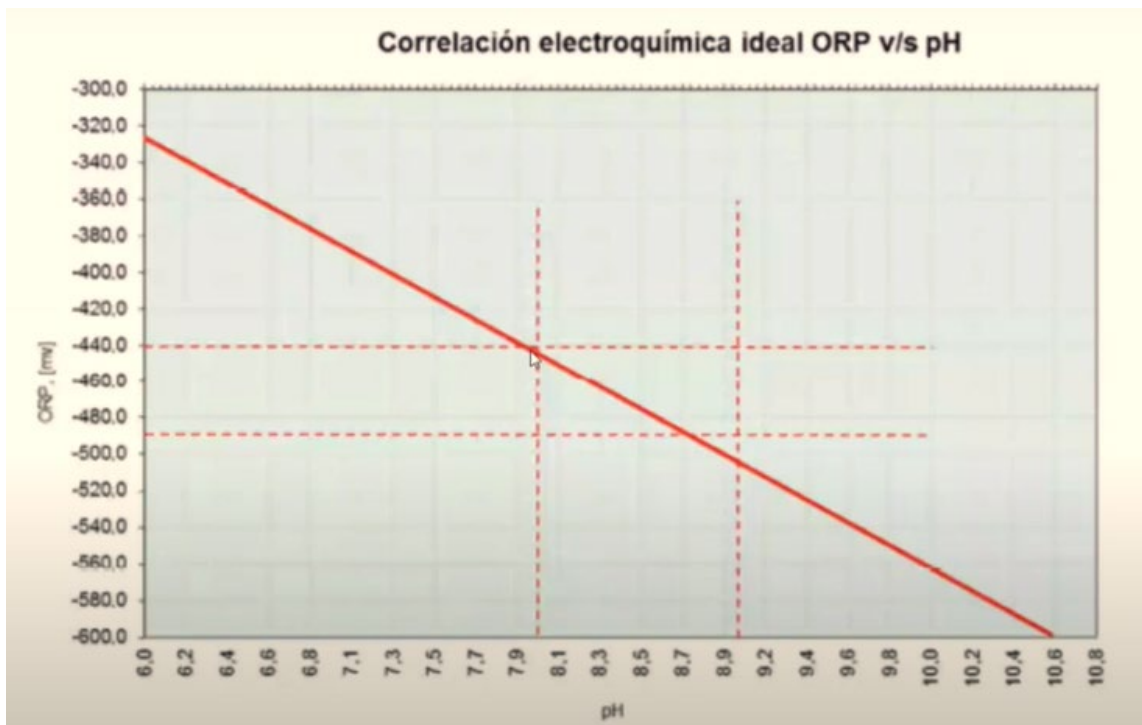
CAPITULO V

CONCLUSIÓN

Dada la criticidad de los reactivos que están constantemente interactuando con la planta de flotación selectiva, se debe reflejar un mejor compromiso de generar un mantenimiento adecuado los equipos evaluados.

Mantención debe entregar una propuesta que considere calibración de instrumentos clave en la estrategia de concentración de Molibdenita. Hablamos de PH metro y sensores de ORP. Estos instrumentos mantienen el corazón del equilibrio químico en cada etapa de la flotación.

Esta es una curva que permite al operador establecer un criterio de control.



Img 1.15 Curva ideal ORP vs PH

Cada control tiene una bomba que funciona, y no tienen problemas de comunicación. Esto se puede asegurar ya que todos los datos de evaluación fueron realizados bajo las condiciones de que el sistema de control operara en automático, y en el caso de las bombas, que estas estuvieran funcionando en el momento de evaluar su feedback, respecto a su entrada OP.

Hay mucho potencial en esta planta, son demasiadas las mejoras que se pueden implementar a nivel Lógico, como un controlador avanzado o experto, que puede tener en cuenta dentro de su lógica muchas más variables que un sencillo PID.

El departamento de control de proceso trabaja actualmente en ello, pero, aunque el desarrollo del control esté listo, los problemas de la instrumentación se tienen que estabilizar y atender, de manera que todo tenga disponibilidad para poder realizar la ejecución de los proyectos a nivel de DCS.

En base a lo se ha demostrado en las tablas, se puede recalcar que el 80/20 de los problemas de la estabilidad de Moly Rougher, lo tienen las bombas de reactivo, los sensores de nivel de las celdas de flotación, las constantes fallas de comunicación de los instrumentos que poseen distinto protocolo.

También está en ausencia, un programa de mantenimiento semanal, que considere todo lo anterior, de esta forma no formará parte del 80/20 que está afectado el rendimiento de la planta.

Los datos son útiles en la toma de decisiones, y esta no es la excepción. Un buen manejo de los reactivos, permitirá una mejor performance de la planta en particular. Un correcto mantenimiento, se hace notar en los estudios, se mejora la seguridad y disponibilidad en los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- Google earth - Ubicación geográfica planta concentradora minera Spence. 22°46'57"S 69°18'18"W (coordenadas).
- Universidad cesmag – Facultad de ingeniería - guía de trabajo - Tanque de reciclaje y alimentación continua. IMAGEN)
- Cadisac - curso de capacitación instrumentación industrial - Interpretación de Tags según configuración de Letras. (IMAGEN)
- Woodgrove - Celdas de flotación SFR.
http://www.woodgrovetech.com/reactor-de-flotacion-por-etapas-sfr-de-woodgrove/?lang=es_
- Zschimmer-Schwarz - Ácido sulfúrico
<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-es-el-acido-sulfurico-propiedades-beneficios-y-precauciones/>
- Universidad de Chile – PH
<https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-aprender-ciencias-basicas-y-matematicas/quimica/acido-base/>
- Universidad de Guayaquil – Guía de Trabajo – ORP
<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/biologia-celular/grupo-4-bioquimica-mjnbj/30777168>
- Universidad Autónoma Metropolitana – informe Uso de softwares estadísticos/económicos, como herramientas en la investigación económica y administrativa – minitab.
- Questionpro - desviación estándar
<https://www.questionpro.com/blog/es/desviacion-estandar/>
- Prezi - Error estacionario
<https://prezi.com/rvssiityafza/error-del-sistema-de-control-en-estado-estacional/>

- Economipedia – Mediana
https://economipedia.com/definiciones/mediana.html#google_vignette

- keyence - Sensor de nivel ultrasónico
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

- Universidad nacional Agraria la Molina – Tesis Sistema Automático con Sensores ORP para el monitoreo de la calidad del agua – sensor ORP
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5310/veramendi-vidal-ermila-justina.pdf?sequence=1>