

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Reestructuración de un sistema de muestreo automático  
para optimizar el proceso de recuperación en relaves en la  
Compañía Minera Ares, unidad operativa Inmaculada,  
distrito de Oyolo, provincia Páucar del Sara Sara,  
Ayacucho**

Edgar Carlos Ancca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi padre Bonifacio Carlos, a mi madre Cresencia Ancca, a mis tías Livia, Elizabeth y a mis hermanos; por su apoyo, comprensión y enseñanzas que me motivan a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis profesores y amigos Gonzalo Chamorro, Efraín Huacasi, Javier Ramos y Elmer Alemán; con quienes pude aprender y complementar los conocimientos necesarios para la culminación de mis estudios universitarios.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE .....	vi
RESUMEN EJECUTIVO .....	x
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	3
1.1. DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN .....	3
1.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA.....	3
1.2.1. Fabricación de equipos .....	3
1.2.2. Montaje e instalación de equipos.....	4
1.2.3. Ingeniería básica y de detalle.....	4
1.3. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA .....	4
1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA.....	5
1.5. ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA .....	6
1.6. VISIÓN Y MISIÓN .....	7
1.6.1. Visión.....	7
1.6.2. Misión.....	7
1.7. BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS .....	7
1.7.1. Normas nacionales.....	7
1.7.2. Normas internacionales .....	7
1.8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	7
1.9. DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN EMPRESA .....	8
1.9.1. Descripción del puesto.....	8
1.9.2. Responsabilidades. ....	10
1.9.3. Principales actividades. ....	10
CAPÍTULO II.....	12
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	12
2.1. ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	12

2.1.1. Antecedentes de fallas .....	12
2.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL .....	14
2.3. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	15
2.3.1. Objetivo general .....	15
2.3.2. Objetivos específicos.....	15
2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	15
2.4.1. Justificación teórica. ....	15
2.4.2. Justificación práctica. ....	15
2.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	15
2.6. RESULTADOS ESPERADOS .....	16
CAPÍTULO III.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
3.1. RECUPERACIÓN EN RELAVES .....	17
3.2. SISTEMA DE MUESTREO DE RELAVES MINEROS.....	17
3.3. DEFINICIONES GENERALES DE MUESTREO .....	18
3.3.1. Muestreo .....	18
3.3.2. Muestreadores Automáticos .....	19
3.3.3. Muestreadores de pulpa de mineral .....	20
3.3.4. Tipos de cortadores utilizados en la Industria .....	20
3.3.5. Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria recta.....	21
3.3.6. Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria circular.....	21
3.3.7. Cortadores de trayectoria recta - geometría correcta.....	22
3.3.8. Defectos de los muestreadores .....	23
3.3.9. Criterio de diseño de muestreadores.....	24
3.3.10. Abertura del cortador.....	24
3.3.11. Velocidad de corte (lineal) .....	25
3.3.12. Volumen del cortador .....	25
3.3.13. Recomendaciones de cortadores de flujo transversal.....	25
3.3.14. Diseño y errores del borde de la cuchara colectora.....	26
3.3.15. Inclinación del cortador.....	28
3.3.16. Cortadores de trayectoria circular - Vezin.....	29
3.3.17. Características físicas de la pulpa.....	33
3.4. FLUJO EN TUBERÍAS .....	34

3.4.1. Número de Reynolds (Re) .....	34
3.4.2. Cajón amortiguador .....	36
3.4.3. Cámara receptora: aireación y zona de burbujas .....	37
3.4.4. Cámara aquietadora .....	38
3.4.5. Cámara de contingencia.....	39
3.5. NORMATIVAS .....	39
3.5.1. Norma ISO 11749: 2017. ....	39
3.6. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	39
CAPÍTULO IV.....	41
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	41
4.1. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	41
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales .....	41
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales.....	42
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales.....	43
4.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL .....	43
4.2.1. Metodologías .....	43
4.2.2. Técnicas .....	44
4.2.3. Instrumentos .....	44
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades .....	44
4.3. EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	46
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas .....	46
4.3.2. Proceso de secuencia operativa de las actividades profesionales.....	48
CAPÍTULO V.....	49
RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	49
5.1. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	49
5.1.1. Diseño estructural .....	49
5.1.2. Memoria de cálculo estructural .....	54
5.1.3. Plan de mantenimiento .....	70
5.1.4. Logística: .....	77
5.1.5. Supervisión y control:.....	77
5.1.6. Control de calidad:.....	78
5.2. Logros alcanzados .....	83
5.3. Dificultades encontradas .....	84
5.4. Planteamiento de mejoras.....	84

5.5. Análisis.....	84
5.6. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución.....	85
CONCLUSIONES .....	86
RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	88
ANEXOS .....	92



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Resumen de fórmulas de las características físicas</i> .....	33
Tabla 2. <i>Resumen de recuperación de mineral Ene-Dic 2018.</i> .....	41
Tabla 3. <i>Resumen de datos obtenidos de planta beneficios</i> .....	49
Tabla 4. <i>Factores de forma (C)*</i> .....	56
Tabla 5. <i>Listado de componentes del muestreador primario</i> .....	70
Tabla 6. <i>Listado de componentes del muestreador secundario.</i> .....	73
Tabla 7. <i>Listado de frecuencia de mantenimiento de muestreador primario-secundario.</i> .....	76
Tabla 8. <i>Resumen de recuperación de mineral Ene-Dic 2021.</i> .....	83
Tabla 9. <i>Resumen de resultado de recuperación de los años 2008 al 2021.</i> .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica de G&R Máquinas SAC .....	6
<i>Figura 2.</i> Organigrama de la empresa .....	6
<i>Figura 3.</i> Áreas seleccionadas para las actividades profesionales .....	8
<i>Figura 4.</i> Documento de designación de cargo. Fuente: Base de datos G&R Máquinas S.A.C. .....	9
<i>Figura 5.</i> Documento de adjudicación (orden de compra). Fuente: Base de datos G&R Máquinas S.A.C.....	11
<i>Figura 6.</i> Ubicación CIA Minera Ares. Fuente: Base de datos CIA MINERA ARES .....	12
<i>Figura 7.</i> Ubicación Actual de Compañía Minera Ares SAC. Fuente: Base de datos CIA MINERA ARES.....	14
<i>Figura 8.</i> Recolección de muestra usando un dispositivo bien diseñado .....	19
<i>Figura 9.</i> Muestreador transversal.....	20
<i>Figura 10.</i> Muestreador lineal o transversal .....	20
<i>Figura 11.</i> Muestreador transversal.....	21
<i>Figura 12.</i> Muestreador de trayectoria circular .....	22
<i>Figura 13.</i> Efecto de la geometría de la cuchara .....	23
<i>Figura 14.</i> Defecto por desgaste del cortador.....	24
<i>Figura 15.</i> Recomendaciones de diseño de cucharón.....	25
<i>Figura 16.</i> Recomendaciones de diseño de cucharón.....	26
<i>Figura 17.</i> Posicionamiento de la cuchara.....	26
<i>Figura 18:</i> Diseño de recipiente del cortador. ....	27
<i>Figura 19.</i> Recomendaciones para un buen diseño de recipientes del cucharón.....	28
<i>Figura 20.</i> Recomendaciones de diseño correcto del cucharón .....	29
<i>Figura 21.</i> Criterios de diseño de divisores Vezin .....	30
<i>Figura 22.</i> Divisor rotatorio ideal.....	31
<i>Figura 23.</i> Geometría correcta de un muestreador Vezin.....	32
<i>Figura 24.</i> Ilustración de un muestreador Vezin .....	33
<i>Figura 25.</i> Régimen de flujo.....	35
<i>Figura 26.</i> Perfiles de velocidad en flujos laminar y turbulento en un conducto liso .....	36
<i>Figura 27.</i> Sistema de recepción .....	37
<i>Figura 28.</i> Efecto de turbulencia vertical según Nakasone .....	37
<i>Figura 29.</i> Efecto de turbulencia horizontal .....	38

<i>Figura 30.</i> Diagrama Gantt.....	47
<i>Figura 31.</i> Balance de masa.....	50
<i>Figura 32.</i> Diagrama de flujo .....	51
<i>Figura 33.</i> Proceso de muestreo. ....	52
<i>Figura 34.</i> Montaje final del sistema de muestreo. ....	54
<i>Figura 35.</i> Esquema general de la estructura.....	56
<i>Figura 36.</i> Mapa eólico del Perú .....	57
<i>Figura 37.</i> Modelamiento en el Software.....	59
<i>Figura 38:</i> Diagrama de análisis.....	60
<i>Figura 39.</i> Asignación de carga muerta (D) .....	61
<i>Figura 40.</i> Asignación de carga viva. (L).....	61
<i>Figura 41.</i> Asignación de carga viva. (W) .....	62
<i>Figura 42.</i> Asignación de carga de nieve. (s) .....	63
<i>Figura 43.</i> Asignación de carga de sismo. (SDX-SDY).....	63
<i>Figura 44.</i> Asignación de carga de sismo dirección. Eje (SDX).....	63
<i>Figura 45.</i> Asignación de carga de sismo dirección. Eje (SDY).....	64
<i>Figura 46.</i> Diagrama de momentos flectores .....	65
<i>Figura 47.</i> Diagrama de fuerzas axiales .....	65
<i>Figura 48.</i> Diagrama de fuerzas en las bases de las columnas.....	66
<i>Figura 49.</i> Ratio óptimo de la estructura .....	67
<i>Figura 50.</i> Ratio óptimo columnas metálicas W12” x 30 lbs.....	67
<i>Figura 51.</i> Ratio óptimo vigas metálicas W10” x 22 lbs.....	67
<i>Figura 52.</i> Ratio óptimo vigas metálicas W10” x 17 lbs.....	68
<i>Figura 53.</i> Ratio óptimo de arriostre L4”x4”x1/4” .....	68
<i>Figura 54.</i> Ratio óptimo de arriostre 2L 3”x3”x1/4” .....	69
<i>Figura 55.</i> Identificación de componentes del muestreador primario.....	72
<i>Figura 56.</i> Identificación de componentes del muestreador secundario .....	74
<i>Figura 57.</i> Informe de montaje del muestreador .....	78
<i>Figura 58.</i> Esquema de ajuste y torques.....	79
<i>Figura 59.</i> Registro de ajuste y torques .....	80
<i>Figura 60.</i> Esquema de verticalidad de las columnas.....	81
<i>Figura 61.</i> Registro de verticalidad de las columnas.....	82



## RESUMEN EJECUTIVO

En el Perú las operaciones mineras son parte fundamental de la economía generando empleos directos e indirectos, el presente proyecto, se realizó en las instalaciones de la Unidad Operativa Inmaculada perteneciente a la compañía minera Ares (CIA Minera Ares) - Grupo Hochschild, ubicada en el departamento de Ayacucho al sur del Perú, donde procesa la extracción de oro y plata; para ello, se presentó inicialmente los aspectos generales, donde podremos apreciar las diferentes variables objeto de evaluación, así como los objetivos que se pretendieron alcanzar con la conclusión del proyecto. Se da conocer la teoría, herramientas y recursos aplicables al desarrollo de la puesta en marcha del sistema de muestreo, así como una visión general del problema objeto de evaluación; de esta manera se evaluó las condiciones del sistema de muestreo existente.

Se muestreó el desarrollo y construcción del sistema óptimo para el muestreo automático lo que permitió optimizar el proceso de recuperación de relaves adecuadamente, esto se observó reflejado en los resultados obtenidos en la implementación del sistema que se presenta en este documento.

En cuanto al modelado e ingeniería del sistema óptimo de muestreo se pudo plantear el diagrama de flujo, así como el diseño de todo el sistema. Asimismo, se realizó una simulación estructural mediante Software lo que permitió determinar el comportamiento mecánico de los productos de forma virtual anticipando de este modo posibles fallos y modificaciones futuras. Finalmente, en el presente trabajo se elaboró la memoria de cálculo estructural en donde los diseños y detalles estructurales se desarrollaron de acuerdo a códigos y normas aplicables como NTE E-020, NTE E-030, NTE E-090, AISC, entre otras.

**Palabras clave:** Optimización, heterogeneidad, segregación, sesgo, granulometría y pulpa.

## ABSTRACT

In Perú, mining operations are a fundamental part of the economy, generating direct and indirect jobs. This project was carried out at the facilities of the Inmaculada Operating Unit belonging to the mining company Ares (CIA Minera Ares) - Hochschild Group, located in the department of Ayacucho in southern Perú, where it processes gold and silver extraction. To do this, we initially presented the general aspects, where we can appreciate the different variables under evaluation, as well as the objectives that were intended to be achieved with the completion of the project. The theory, tools and resources applicable to the development of the implementation of the sampling system are presented, as well as an overview of the problem under evaluation. In this way, the conditions of the existing sampling system were evaluated.

The development and construction of the optimal system for automatic sampling is shown, which allowed optimizing the tailings recovery process adequately, this was reflected in the results obtained in the implementation of the system that is also presented in this document.

Regarding the modeling and engineering of the optimal sampling system, it was possible to propose the flow diagram and the design of the entire system. Likewise, a structural simulation was carried out by means of software, which allowed to determine the mechanical behavior of the products in a virtual way, thus anticipating possible failures and future modifications. Finally, a structural calculation report was prepared in which the designs and structural details were developed according to applicable codes and standards such as NTE E-020, NTE E-030, NTE E-090, AISC, among others.

**Keywords:** Optimization, heterogeneity, segregation, bias, granulometry and pulp.

## INTRODUCCIÓN

En todo proceso minero, la actividad fundamental para la existencia de una minera es saber cuánta ley de mineral procesa y cuánto se recupera, toda esta responsabilidad corresponde a los metalurgistas y laboratoristas, quienes utilizan procesos analíticos estandarizados para la obtención de dichos resultados. En la compañía minera Ares (CIA Minera Ares) perteneciente al Grupo Hochschild, en la Unidad Operativa Inmaculada, se ha reubicado un sistema de muestreo para poner en marcha el sistema de muestreo y la vez se ha optimizado el proceso y secuencias del proceso de muestreo ya que se debe respetar la composición del lote a muestrear de la mejor manera posible; es necesario realizar un muestreo donde se controle y se reduzcan los errores, considerando que las grandes decisiones económicas en un Proyecto Minero se toman en base a los resultados obtenidos producto de los muestreos realizados en el inicio y durante las operaciones hasta el plan de cierre de una mina.

El análisis fundamental del proceso minero es la muestra en tres partes fundamentales del proceso: cabeza de faja, concentrado y relaves. La teoría del muestreo considera que el muestreo debe ser integrada a la gestión de calidad total, además se debe considerar muestreos para cualquier estudio de factibilidad, y la creación de protocolos estándares de muestreo industrial apropiados. Es de suma importancia integrar el conocimiento de la teoría de muestreo como parte de los fundamentos económicos utilizados cada día por científicos, geólogos, geoestadísticos, ingenieros, metalúrgicos, químicos y muchos otros más.

El aporte de este trabajo es dar a conocer la implementación de un sistema de muestreo instalado en una de las tres partes fundamentales del proceso que es el muestreo en el punto de relaves para la evaluación de la recuperación, de esta manera, el análisis realizado sea confiable y por ende de mayor precisión al evaluar el balance de masas. La toma de muestras que se plantean está bajo las normas ISO 12743, ISO 10251, ISO 11794, ISO 12744, ISO 13292, ISO 17025, CNAM-007 (Norma Codelco 2005).

En el Capítulo I se presentan los Aspectos Generales, que abarcan desde la presentación general de la empresa hasta detalles como su historia, las funciones que desempeña, su estructura organizativa, así como una descripción detallada de las responsabilidades y roles dentro del ámbito profesional.

El Capítulo II se centra en los aspectos generales de las Actividades Profesionales, incluyendo su contexto histórico, los objetivos que persiguen, la justificación de su realización y las expectativas de resultados.

El Capítulo III expone las bases teóricas que sustentan las actividades llevadas a cabo.

El Capítulo IV se dedica a detallar las actividades profesionales en sí, abordando sus aspectos técnicos y la manera en que fueron ejecutadas.

El Capítulo V ofrece una visión de conjunto de los resultados finales obtenidos, así como los logros alcanzados, los obstáculos enfrentados, las mejoras implementadas y las contribuciones realizadas.

Finalmente, se incluyen conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de las actividades realizadas.





# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

### 1.1. DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN

Ingeniería Electromecánica y Máquinas G&R Sociedad Anónima Cerrada – G&R Máquinas S.A.C.

Es una empresa con una trayectoria de 14 años en el ámbito nacional dentro de la industria minera e ingeniería, ofreciendo servicios que abarcan fabricación, diseño y/o innovación.

Número de RUC	: 20454422253
Tipo de contribuyente	: Sociedad Anónima Cerrada
Nombre comercial	: G&R Máquinas
Fecha de inscripción	: 29/01/2017
Estado de contribuyente	: Activo
Condición de contribuyente	: Habido
Fecha de inicio de actividades	: 29/01/2007
Dirección de domicilio fiscal	: Av. Argentina N°. 409 B Paucarpata Arequipa
Sistema de emisión de comprobante	: Electrónico
Sistema de contabilidad	: Computarizado
Actividad económica	: 4690- Venta al por mayor no especializada
Comprobantes de pago impresión	: Factura
Sistema de emisión electrónica	: Si
Actividad de comercio exterior	: Importador exportador

### 1.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA

La empresa G&R Máquinas S.A.C. ofrece los siguientes servicios según se detalla:

#### 1.2.1. Fabricación de equipos

- Molino de BOND.
- Molino de bolas para laboratorio.
- Molino starkey.
- Sistema de colado de barras de oro y plata.
- Celdas de flotación.
- Tanques de agitación.
- Filtros neumáticos de presión.
- Cuarteadores de Jones.

- Alimentadores vibratorios.
- Filtros clarificadores para Merrill Crowe.
- Horno de reactivación de carbón.
- Muestreadores manuales.
- Unidades hidráulicas.
- Sistema de extracción de polvo.
- Sistema de extracción de gases.

### **1.2.2. Montaje e instalación de equipos**

De todas nuestras fabricaciones.

- Techos metálicos.
- Naves y almacenes.
- Montaje de bombas, molino, chancadoras, celdas de flotación, espesadores, filtros prensa, etc.
- Instalación de tableros eléctricos y de control.
- Mantenimiento de plantas concentradoras.
- Trabajos en aceros inoxidable.
- Servicios de maestranza.
- Optimización de plantas de chancado.

### **1.2.3. Ingeniería básica y de detalle**

- Levantamiento de información en campo.
- Ingenierías conceptuales.
- Ingeniería básica.
- Ingeniería de detalle.
- Metrados en general.
- Asesoramiento en operación de plantas de y oro y plata.
- Diseño de sistemas de muestreo.
- Bombeo.
- Asesoramiento en sistemas de ventilación y extracción.

## **1.3. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA**

Somos una empresa peruana encargada de la fabricación de máquinas industriales para minería, repuestos de equipos mineros, optimización de plantas, desarrollo de proyectos de innovación, servicio de mantenimiento de planta de procesamiento de minerales chancado, moliendo, flotación, filtros, plantas Merrill Crowe, plantas de cianuración intensivo, hornos de fundición y sistemas de bombeo.

Nuestro objetivo es el de atender las necesidades y brindarles un buen servicio a todos nuestros clientes proveyendo equipos de laboratorio, diseño y fabricación de maquinaria de uso para la minería e industrias en general, así como la confección de estructuras metálicas y de acero inoxidable.

Nos preocupamos por brindar servicios de excelente calidad a precios competitivos, contando con infraestructura y equipos adecuados para este fin.

En los años de 1995 ya se realizaba trabajos de pequeñas magnitudes con el fin de formalizar y crear una empresa sólida, para lo cual los dueños se enfocaron en ganar experiencia tanto en el ámbito laboral y administrativo y así consolidar la empresa.

En 2007 se decide formalizar la empresa cumpliendo los deseos de muchos años atrás con toda la voluntad y los sueños que un empresario podría aspirar, para esto sirvió mucho los esfuerzos anteriores y la experiencia acumulada para dar soluciones e innovaciones en el ámbito laboral.

Todas las actividades siempre se enfocaron en la minería teniendo como su primer cliente a la compañía minera CIA Minera Ares del grupo Hochschild Mining, posteriormente otras unidades mineras como la Unidad Operativa Inmaculada, Unidad Operativa Selene y Unidad Operativa Arcata; esta experiencia se transmitió a otras compañías mineras como Antapaccay, Tintaya, Minsur San Rafael, Chinalco Perú, Gold Field, Cerro lindo y otras.

En el año 2018 la empresa decide realizar la homologación de sus actividades principales como administración, producción, calidad y seguridad con la empresa certificadora SGS obteniendo altos puntajes.

En el año 2020 el Ministerio de Trabajo con el programa Innóvate Perú da la oportunidad de certificar los sistemas de gestión como ISO 9001 donde la empresa G&R Máquinas es calificada para dicho Certificación y se encuentra en el proceso de implementación.

#### **1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA**

La sede principal está ubicada en la Av. Argentina N° 409-B Apima, Paucarpata, Arequipa - Arequipa.



Figura 1. Ubicación geográfica de G&R Máquinas SAC. Adaptado de Google Maps (2023)

### 1.5. ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA

A continuación, se presenta el organigrama general de la empresa.

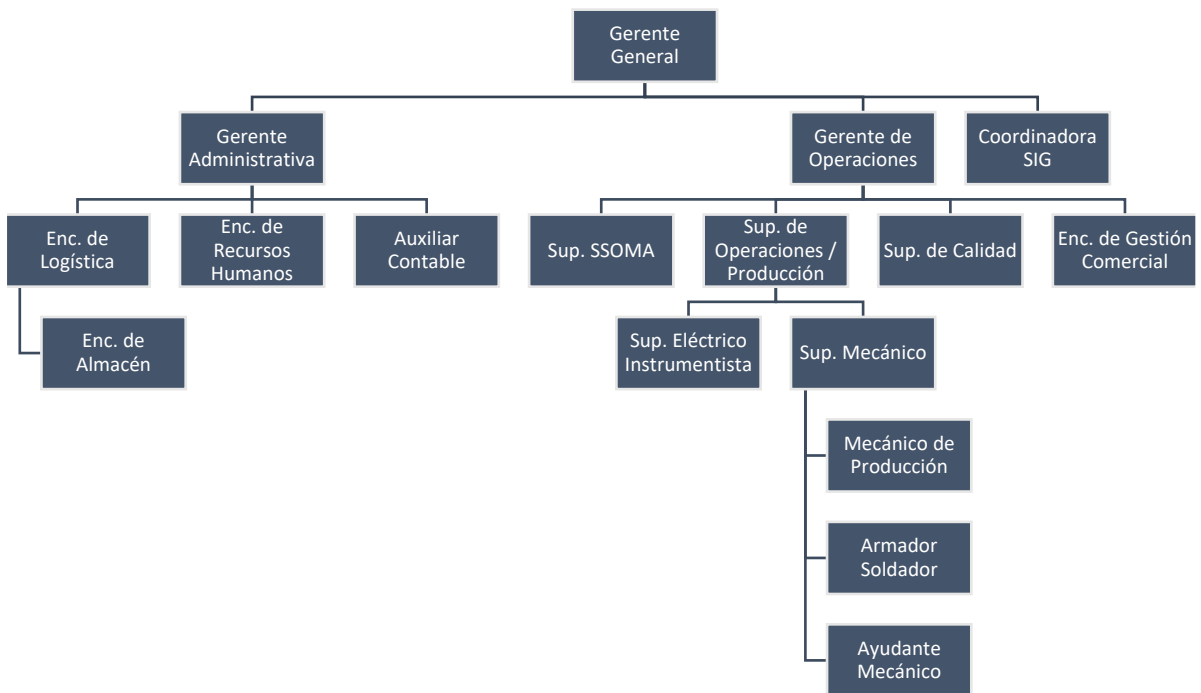


Figura 2. Organigrama de la empresa.

## **1.6. VISIÓN Y MISIÓN**

### **1.6.1. Visión**

Ser una empresa líder nacional e internacional en la fabricación, mantenimiento, montaje e innovación de equipos de investigación metalúrgica y plantas de proceso, cumpliendo con los más altos estándares de seguridad y calidad vigentes en el mercado.

### **1.6.2. Misión**

Brindar el mejor servicio profesional con la más alta calidad y tecnología de equipos porque sabemos que cada cliente representa una necesidad especial; brindar un servicio personalizado, generar rentabilidad y desarrollo industrial en nuestro país.

## **1.7. BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS**

Mediante la Ley General de Sociedades N° 26887 se constituye la empresa Ingeniería Electromecánica y Máquinas G&R Sociedad Anónima Cerrada – G&R Máquinas S.A.C. creada en el año 2007 con el fin de servir a la sociedad.

### **1.7.1. Normas nacionales**

- Ley 29783 : Ley de seguridad salud en el trabajo.
- Ley 27314 : Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley 28611 : Ley de Medio Ambiente.
- Ley 27314 : Para el manejo de disposiciones de los residuos solidos
- D.S. 005 – 2012-TR : Reglamento de la ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- D.S. 024 – 2016 MEM: Reglamento de Seguridad Salud en el Trabajo.
- D.S. 023 – 2017 MEM: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- NTP 350 43-1 2011 : Procedimiento de Manejo y uso de Extintores.
- NTP 399. 009 1974 : Procedimiento de Señalización.

### **1.7.2. Normas internacionales**

- ISO 9001 – 2015 : Sistema de Gestión de Calidad.

## **1.8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Las labores encomendadas en la empresa están establecidas como se puede mostrar en el siguiente diagrama:

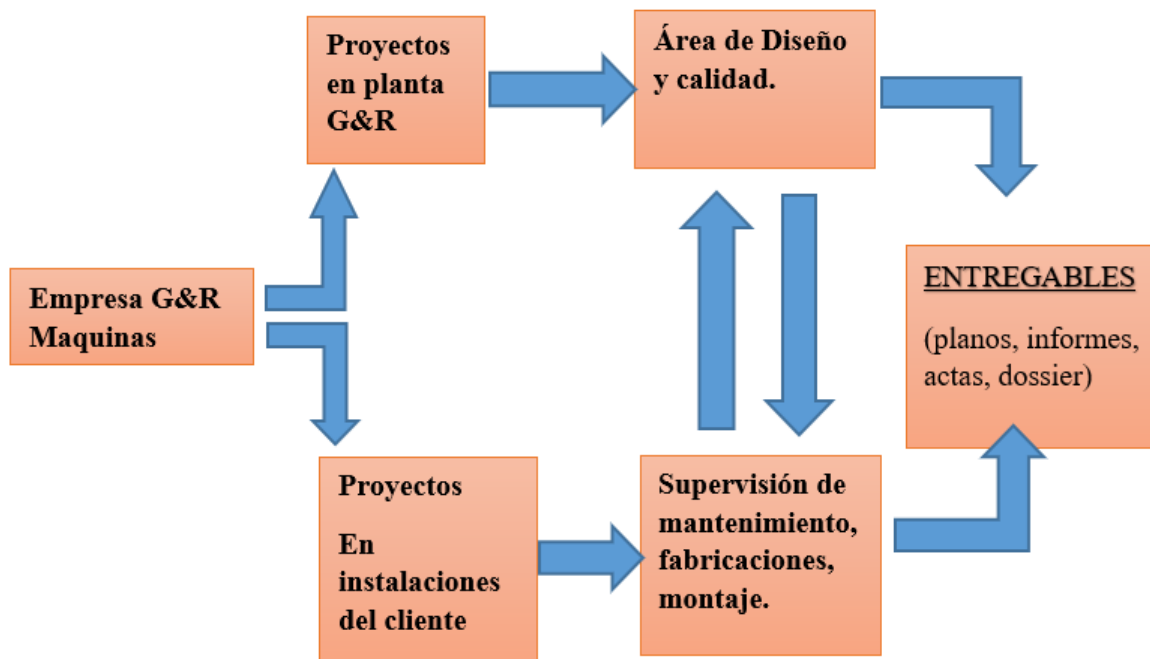


Figura 3. Áreas seleccionadas para las actividades profesionales

## 1.9. DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA

### 1.9.1. Descripción del puesto

Como supervisor de Diseño y Calidad mi actividad laboral comprendía el desarrollo de los diseños, dimensionamiento y plasmar los planos de fabricación, aplicando estrategias, criterios, mejoras, ingeniería y cálculos de ingeniería.

La gestión y control de la calidad de los equipos fabricados son parte fundamental para que nuestros productos tengan aceptación en el mercado minero, por ello tenía la responsabilidad de aplicar todo mi conocimiento y experiencia en el cargo encomendado.



**ACTA DE DESIGNACION DE CARGO**

La gerencia de la empresa INGENIERIA ELECTROMECHANICA G&R MAQUINAS S.A.C., CON RUC: 20454422253 en cumplimiento con lo establecido en el organigrama de la gestión del SIG, delega como SUPERVISOR DE DISEÑO Y CALIDAD al Sr. EDGAR CARLOS ANCCA, quien para tal efecto será la persona encargada del área de diseño y Calidad, Se hace el presente nombramiento en ciudad de Arequipa a los 20 días del mes de enero del año 2018.

**ATENTAMENTE:**  
G&R MAQUINAS S.A.C.

  
\_\_\_\_\_  
EVANGELINA ALA CHISE  
GERENTA GENERAL

**ACEPTA DESIGNACION**  
G&R MAQUINAS S.A.C.

  
\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR DE CALIDAD  
EDGAR CARLOS ANCCA  
DNI: 41479264

Figura 4. Documento de designación de cargo. Tomada de Base de datos G&R Máquinas SAC (G&R Máquinas SAC 2023)

### **1.9.2. Responsabilidades**

Responsable de las actividades principales de la empresa en diseño, ingeniería, calidad, producción, organización y gestión, Planificación de los proyectos en coordinación con el gerente de operación de la organización.

### **1.9.3. Principales actividades**

- Cumplir y hacer cumplir las políticas de seguridad y salud ocupacional.
- Cumplir y hacer cumplir las políticas de calidad.
- Cumplir y hacer cumplir la política de alcohol y drogas.
- Desarrollar la ingeniería en el área de diseño de equipos.
- Realizar los planos de fabricación, montaje y as built
- Realizar los controles de calidad.
- Realizar dossiers de calidad de los proyectos.
- Residente de obra en los proyectos mineros.
- Supervisor mecánico en los proyectos mineros.



**HOCHSCHILD MINING**

**G & R MAQUINAS S.A.C.**  
**RUC: 20454422253**  
**AV. INDUSTRIAL NRO. 609 URB. PROGRE**  
**AREQUIPA, PAUCARPATA**

**PE**  
**ARE**

Su n° proveedor en nuestra empr.  
50020084

Sirvase suministrar a:  
**COMPANIA MINERA ARES S.A.C.**  
**ARES - UO Inmaculada**  
**RUC: 20192779333**  
**CALLE LA COLONIA 180 - URB. EL VIVERO**  
**SANTIAGO DE SURCO**  
**LIMA - PERÚ**

**Pedido**

Núm. pedido/Fecha  
2000177236 / 28.09.2018  
Persona de contacto/Tel.  
PIEERO CESAR PACHECO MURGA /  
Nuestro n° fax/E-mail  
/ piero.pacheco@hocplc.com

Su persona responsable  
CONTACTO: EDISON RAMOS

Fecha de entrega 31.12.2018

Cond.pago : Pago factura 30 dias Moneda USD  
Presupuesto: N°:-218-G&R-2018-COT-\*REUBICACION SISTEMA DE MUESTREO PUNTO RELAVES#  
Servicio bajo contrato largo coordinado vía correo.  
2018: 249,050 USD + IGV  
2019: 39, 659.85 USD + IGV

Pos.	Material Denominación	Nro. Parte		
	Cantid-pedido	Unidad	Precio por unidad	Valor neto

00010  
INSTALACI?N MUESTREADOR DE RELAVE  
1 Cada Uno

SERVICIO A REALIZARSE EN LA OPERACIÓN  
COMPONENTE A COMPRAR : INSTALACION DE MUESTREADOR DE RELAVE.

INVITAR A PROVEEDORES TALES COMO: (1) ALTEMEC, (2) ALYABE, (3) G&R  
MAQUINAS, (4) TECPROMIN, ETC.

DATOS DEL EQUIPO DONDE SE INSTALARA EL COMPONENTE

DESCRIPCION :-INSTALACION DE MUESTREADOR DE RELAVE.  
MARCA :-NO APLICA  
MODELO :-NO APLICA

SERVICIO A REALIZARSE EN LA OPERACIÓN

*Figura 5.* Documento de adjudicación (orden de compra). Tomada de Base de datos G&R Máquinas S.A.C. (G&R Máquinas SAC 2023).

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

#### 2.1. ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

En minería e industria, los sistemas de muestreo juegan un papel muy importante en la toma de decisiones, ya que muchas de estas decisiones se toman de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de muestras representativas de los diferentes procesos llevados a cabo.

En la Compañía Minera Ares (CIA Minera Ares) perteneciente al Grupo Hochschild, en la Unidad Operativa Inmaculada se encuentra ubicado sobre el tanque de detoxificación de un sistema de muestreo que actualmente se encuentra en desuso debido a continuos rebaleses y falta de precisión en su medición.

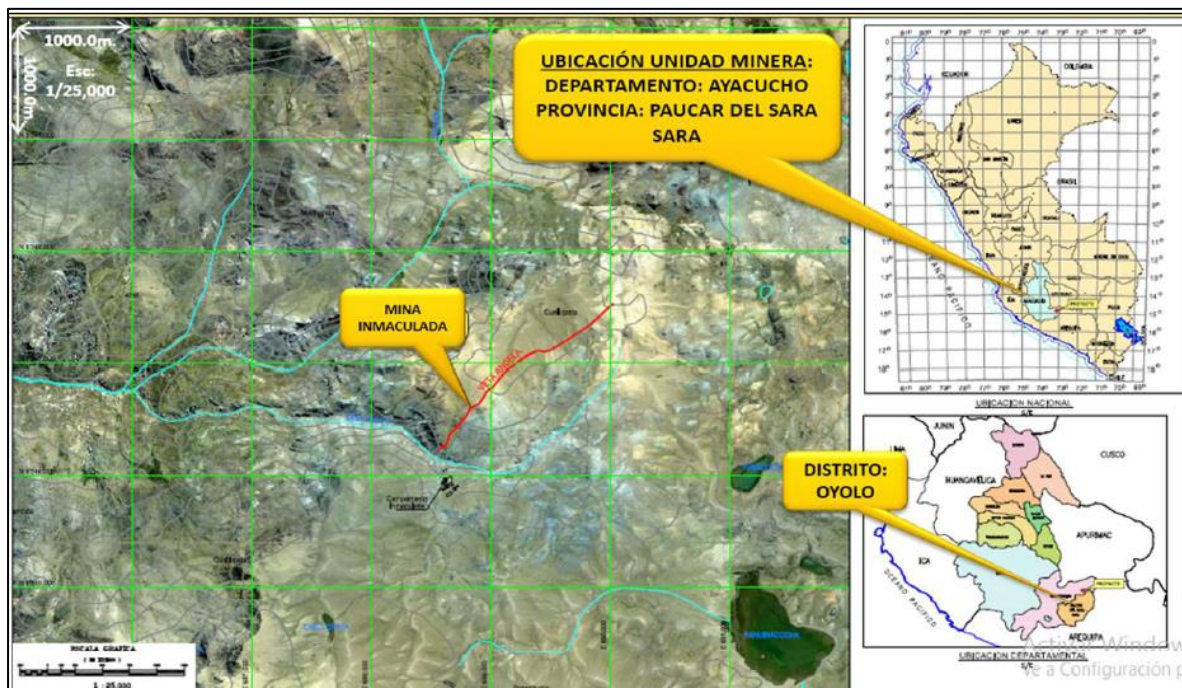


Figura 6. Ubicación CIA Minera Ares SAC. Adaptada de Base de datos CIA Minera Ares (2023).

El muestreo en esta área se realiza de manera deficiente, con el cual no se obtienen resultados confiables en cuanto a los porcentajes de recuperación de mineral que se lleva a cabo en relaves.

#### 2.1.1. Antecedentes de fallas

##### 2.1.1.1. Velocidad del flujo de la pulpa de relave.

Al no contar con un cajón homogeneizador de pulpa y reductor de velocidad, no es recomendable tomar una muestra representativa ya que no cumple con la norma ISO 11794, donde se establece los métodos básicos para tomar muestras de los materiales en partículas que se transportan en corrientes en movimiento como todos, pero no a presión; para lo cual necesitamos un flujo de pulpa de relave homogenizado y un flujo laminar, y caer libremente a la salida para el muestreo automático que se pretende reanudar.

### **2.1.1.2. Dimensionamiento del cucharón**

El mal diseño de un cucharón y la mala calidad de los materiales nos lleva a tomar resultados erróneos para lo cual necesitamos verificar el funcionamiento hidráulico de la cuchara de muestreo de acuerdo a la norma (1) “condiciones de estaciones de muestreo de flujos y materiales de productos” para el flujo de procesamiento de pulpa del sistema de muestreo proyectado.

Es muy importante analizar el comportamiento de la pulpa al interior de la cuchara para un ciclo de muestreo (carga y descarga).

De esto dependerán los posibles efectos de proyección de pulpa (salpicaduras) y tener en cuenta el volumen de corte por muestreo.

### **2.1.1.3. Contaminación de la muestra**

Uno de los errores de la recolección de la muestra es la contaminación por diversos factores que mencionamos a continuación:

- Hay contaminación por polvo, para la cual se recomienda cerrar las fuentes de polvo.
- Hay contaminación en el circuito por desgaste de los componentes del circuito, se recomienda realizar una limpieza a intervalos relativamente largos.
- Existe contaminación por atracción y abrasión durante el chancado, molienda y pulverizado por desgaste de los materiales de los equipos.
- Hay contaminación por corrosión, la razón de esta contaminación es la formación de nuevos elementos agresivos producidos por los reactivos en el proceso de la minería que aceleran la corrosión del equipo de muestreo.

### **2.1.1.4. Situación actual de muestreador.**

En la actualidad existe un muestreador diseñado e instalado, pero no está en funcionamiento por factores de mala ubicación y diseño, el propósito de este aporte es poner en marcha todo el sistema de muestreo ya que es de suma importancia.

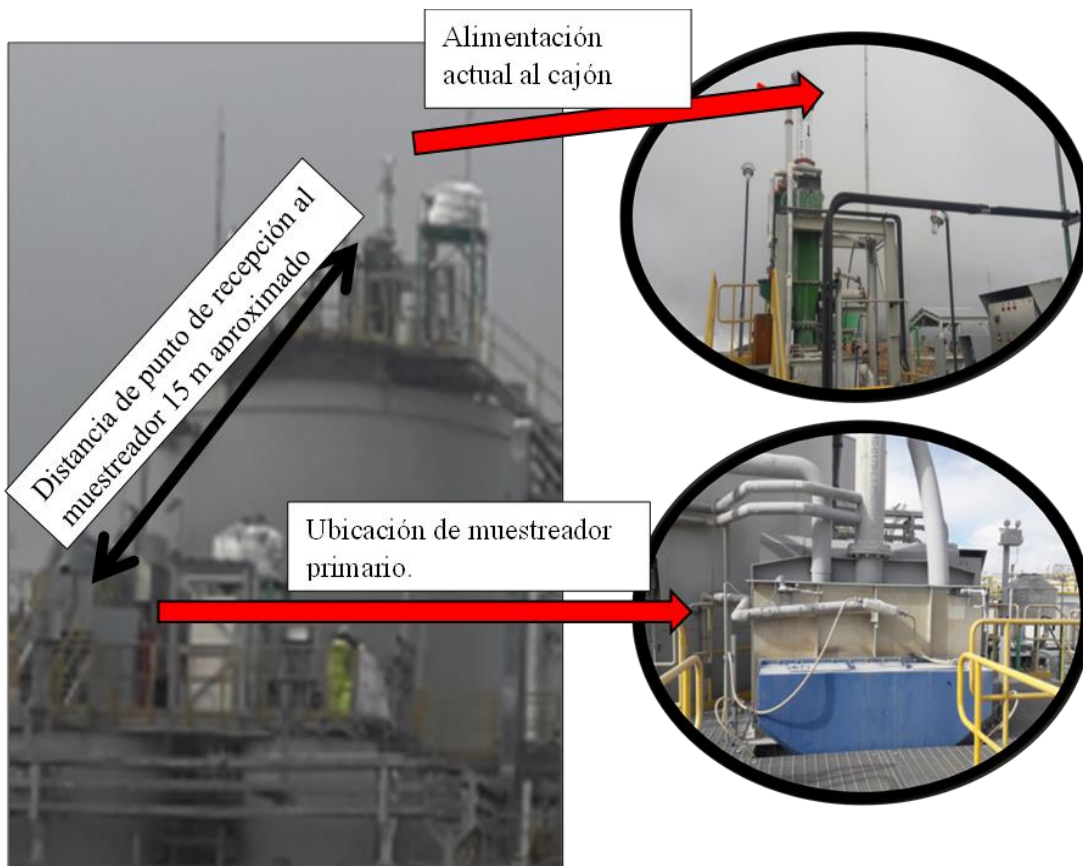


Figura 7. Ubicación Actual de Compañía Minera Ares SAC. Adaptada de Base de datos CIA MINERA ARES (2023).

El muestreador primario se encuentra a una distancia de 15 m aproximadamente del cajón de recepción, el cual no garantiza la homogeneidad de la pulpa de relave a la vez el flujo adquiere velocidad, por lo tanto, ya no es laminar para la toma de muestra representativa. El aporte del presente trabajo es instalar el nuevo sistema de muestreo aprovechando los equipos existentes y recortando la distancia del cajón receptor con el muestreador primario y obtener una muestra representativa.

## 2.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

La empresa Ingeniería Electromecánica G&R Máquinas S.A.C. en cumplimiento de la adjudicación otorgada por la Compañía Minera CIA Minera Ares. para ejecutar la optimización del sistema de muestreo necesita personal calificado capaces de desarrollar ingeniería, diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha del sistema de muestreo.

Es en esta etapa del inicio del proyecto el bachiller se desempeña como supervisor del área de diseño, supervisor de fabricación y montaje, también desarrolla el dossier de calidad del proyecto tanto en fabricación y montaje del sistema de muestreo.

El proyecto tiene una duración de 90 días calendario desde la ingeniería, fabricación, montaje y puesta en marcha; las fabricaciones se realizan en las instalaciones de la empresa Ingeniería Electromecánica G&R Máquinas SAC y los trabajos de montaje y puesta en marcha se realizan en las instalaciones de la Compañía Minera CIA Minera Ares Unidad Operativa Inmaculada.

## **2.3. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

### **2.3.1. Objetivo general**

Reestructuración de un sistema de muestreo automático para optimizar el proceso de recuperación en relaves en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Inmaculada, distrito de Oyolo, provincia Paucar del Sara y región de Ayacucho.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- Desarrollar el modelado e ingeniería del sistema óptimo de muestreo automático.
- Desarrollar el modelamiento mediante Software.
- Elaboración de la memoria de cálculo estructural.

## **2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

### **2.4.1. Justificación teórica**

El enfoque de la investigación es la factibilidad de implementación de un nuevo sistema de muestreo de relaves que cumpla con la norma ISO 11794 normas afines y a los estándares de diseño de Francis Pitar con una reingeniería, reubicación y mejoras en su precisión para un muestreo representativo sin generar nuevas estructuras de mayor envergadura ni que ocasione mayor impacto en la distribución de planta.

### **2.4.2. Justificación práctica**

Del muestreo manual pasará a ser un muestreo automático donde el operador ya no estará pendiente en el lugar cada 10 minutos ni tampoco recogerá muestras de forma manual con errores y a destiempo, con la puesta en marcha del muestreador automático en relaves lograremos un muestreo representativo para los análisis de balances de masa con precisión.

## **2.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

A través del informe de ingeniería 8816-17-ING-01-DOC-01 del 04 de enero de 2018 se presentó el estudio de factibilidad de instalación de sistema de muestreo de pulpa.

En el documento señalado se expone el contexto y necesidad de la mina Inmaculada de Hochshild. El sistema de muestreo ubicado en los tanques de detoxificación se encuentra actualmente en abandono por desbordamiento continuo e insuficiente precisión de medición, por lo que se requiere revisarlo para un posible rediseño; ya que requeriría definir y evaluar la instalación de nuevos del sistema de muestreo. Para ello se encargó a TecProMin S.A. el estudio de la instalación de un sistema de toma de muestras conforme a la norma ISO 11794, normas afines y normas de diseño

Francis Pitar, para lo cual se realizó una visita de campo al sistema de toma de muestras durante noviembre de 2017 para obtener información del sitio y compilación de antecedentes.

El informe concluye que las propuestas realizadas son validadas por un informe elaborado mediante un modelo hidrodinámico en el campo de la ingeniería, que refleja las propuestas de TecProMin S.A. El equipo antes mencionado cumple con los requisitos de este proyecto. Como propuesta, el nuevo punto de muestreo brinda las características necesarias para la nueva disposición del equipo sin afectar el escenario existente. La fontanería exterior, estructuras, barandillas y conductos eléctricos que interfieran deben modificarse en el sitio.

## **2.6. RESULTADOS ESPERADOS**

- Solucionar todos los problemas que se encuentren en el proceso de muestreo en el tanque de detoxificación dentro de los plazos establecidos según cronograma y orden de compra establecidos dentro de los 90 días.
- De los problemas evaluados se pretende obtener las mejores opciones de solución que nos permita alcanzar los resultados deseados.
- Aplicando los antecedentes teóricos y antecedentes prácticos se busca encontrar una solución acorde a la infraestructura, capacidad de producción que nos facilite la obtención de muestra de forma práctica y segura para los operadores.
- Aplicando los modelamientos mediante Software se pretende realizar el diseño óptimo de los mecanismos y distribución de equipos a utilizar en el sistema de muestreo automático.
- Con la puesta en marcha del sistema de muestreo se pretende alcanzar un costo beneficio que se verá reflejado en la obtención de muestra representativa expresados en los resultados de los reportes de laboratorio.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. RECUPERACIÓN EN RELAVES**

Zamarreño y Mera (2022) sostienen que en la minería moderna, los relaves son uno de los principales residuos generados, compuestos por lodos de rocas molidas y aguas residuales del proceso de beneficio, donde se emplean métodos físicos y químicos para extraer minerales como cobre, oro, plata y/o molibdeno. Estos residuos, conocidos como relaves, resultan de la ineficiencia del proceso de extracción mineral y la no reciclabilidad de los reactivos y productos químicos utilizados. Esto da lugar a una mezcla compleja de metales, minerales, productos químicos y agua que no puede ser reciclada ni eliminada fácilmente. Por lo tanto, se requiere la creación de áreas específicas de almacenamiento, como balsas o depósitos de relaves, que deben cumplir con rigurosas especificaciones técnicas.

También podemos tomar en consideración el trabajo realizado por Núñez y Tarrillo (2022) que tras analizar diversas formas de restaurar suelos contaminados por relaves, se encontró que la biorremediación, utilizando enmiendas orgánicas e inorgánicas, podría eliminar hasta un 78% de los contaminantes del suelo. Sin embargo, la eficacia de diferentes métodos varía: la electrorremediación demostró ser la más efectiva (74%), seguida por la biorremediación con maíz (54%) y la fitorremediación con *Brassica Canpestris L* (48%). La biorremediación con microorganismos efectivos (EM) fue menos eficiente, con un 6% de remoción. Se concluye que la eficacia de estos métodos puede depender del tipo de contaminante, los insumos utilizados y el tiempo de tratamiento. Por lo tanto, se recomienda el uso de técnicas pasivas para tratar suelos contaminados por relaves mineros, ya que no alteran el ecosistema y son amigables con el medio ambiente y sostenibles.

#### **3.2. SISTEMA DE MUESTREO DE RELAVES MINEROS**

Mamani (2021) fundamenta que el muestreo de relaves mineros implica la recolección y el análisis de muestras representativas de depósitos mineros de desechos o relaves producidos durante la extracción y el procesamiento de minerales. Los relaves son los residuos de minerales valiosos separados de la roca madre.

Asimismo, Chávez (2023) explica que el propósito principal del muestreo de relaves mineros es obtener muestras de relaves representativas para análisis químicos, físicos y mineralógicos. Estos análisis permiten la evaluación de la composición de los relaves, la identificación del contenido de minerales valiosos remanentes y la determinación de la presencia de elementos potencialmente tóxicos o contaminantes.

Escalante y Lovera (2023) explican que las técnicas tradicionales de concentración por gravedad se centran en recuperar metales preciosos mayores de 75 micras, dejando las partículas de oro más pequeñas en los relaves debido a la presión generada por la fluidez y la viscosidad en relación con la densidad del concentrado y el agua. La introducción de la tecnología de la gravedad centrífuga ha permitido recuperar metales que antes no podían ser extraídos con las técnicas convencionales en las últimas décadas. En otro estudio utilizando un concentrador centrífugo de gravedad Falcón, investigaron la concentración de calcita con un tamaño de partícula inferior a 80 micras, observando que la frecuencia del diafragma influye en la tasa de recuperación junto con la presión del agua. En un estudio sobre la recuperación de oro, aplicaron una frecuencia de 45Hz y una presión de agua de 0.5 PSI en relaves de flotación usando una unidad Falcón L40, logrando recuperar el 41.84% del

metal precioso. Concluyeron que la presión del agua es el factor principal que contribuye a la extracción de oro. Esta técnica presenta una ventaja significativa en términos de costos de capital bajos y el uso exclusivo de agua como medio de concentración, sin necesidad de reactivos, lo que la convierte en una técnica limpia y altamente eficiente.

Blannin et al. (2022) desarrollaron una investigación para determinar un protocolo de muestreo, los autores señalan que la estimación de recursos es fundamental para evaluar el potencial económico de una instalación de almacenamiento de relaves. Sin embargo, existe una falta de consenso sobre la mejor práctica para el muestreo con este propósito. El estudio tuvo como objetivo abordar esta brecha mediante la evaluación de diferentes esquemas de muestreo. Con este fin, se muestrearon capas de TSF con cuadrículas regulares y anidadas de diferentes tamaños con agujeros aleatorios adicionales. Las tendencias espaciales sistemáticas en los datos se comparan con una función polinomial de bajo orden de las coordenadas y valores de escala de grises de fotografías aéreas históricas de la misma capa TSF. A continuación, se utiliza una simulación gaussiana secuencial genérica para generar 1000 muestras.

Se investigaron las estrategias de muestreo óptimas volviendo a muestrear estas corridas utilizando diferentes densidades y configuraciones de muestra y usando modelos geoestadísticos de los datos de nuevo muestreo para evaluar las incertidumbres en el tonelaje de metal estimado. Este estudio concluye con la implementación de modelos geoestadísticos para estimar proporciones de materias primas clave y metales de interés, combinados con modelos de incertidumbre espacial. El modelado debe basarse en un número suficiente de muestras, y este enfoque se basa en la incertidumbre de las estimaciones de tonelaje a diferentes densidades de muestreo (Blannin et al. 2022).

### **3.3. DEFINICIONES GENERALES DE MUESTREO**

#### **3.3.1. Muestreo**

La obtención de una muestra implica tomar una porción pequeña de un volumen mayor de material, de modo que al analizar las características de esta muestra se puedan estimar las características del conjunto de manera representativa. Una muestra adecuada se define como una parte representativa de la gran cantidad de material obtenida a partir de varios incrementos, con el propósito de representar al total (Pitard 2019). Si la muestra no representa fielmente el material original, los resultados de los análisis realizados con estas muestras carecerán de valor o tendrán un valor limitado.



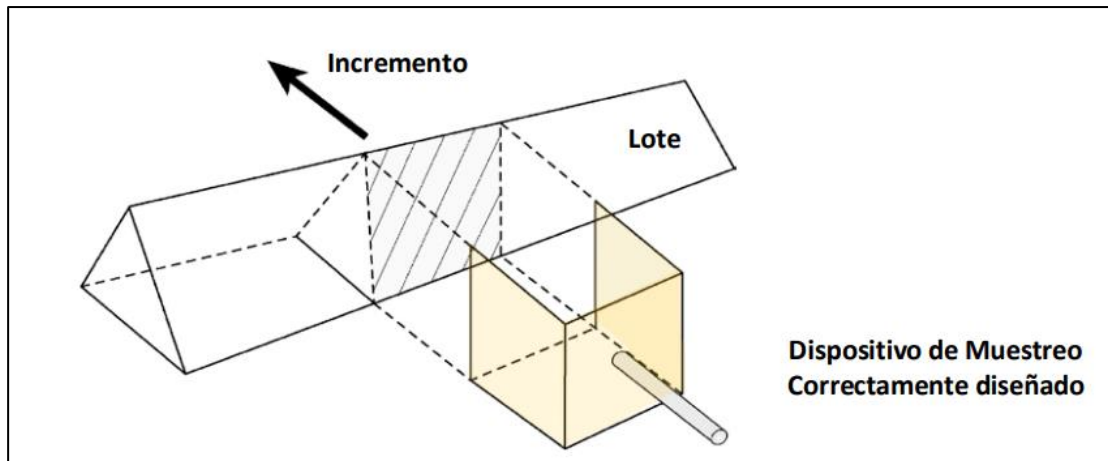


Figura 8. Recolección de muestra usando un dispositivo bien diseñado. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 22.

Delimitando correctamente el volumen, formando límites del incremento, y dando una posibilidad a todas las fracciones recogidas una posibilidad igual y constante de ser parte de la muestra.

- El Composito: Es una muestra formada por la combinación de múltiples muestras individuales. Este proceso se realiza para obtener una muestra representativa que refleje las características de las muestras originales. El composito se forma agregando gradualmente las muestras individuales para crear una muestra compuesta que sea representativa del conjunto.
- El Incremento: es una sección o volumen pequeño de material obtenido en una sola operación del dispositivo de muestreo, representando el material original. Se recolectan múltiples incrementos de forma aleatoria para formar la muestra o submuestra, lo que difiere del proceso de creación de una "muestra compuesta", que implica combinar varias muestras distintas o submuestras.

### 3.3.2. Muestreadores Automáticos

Son mecanismos automáticos que generan un corte a través del material que cae desde la faja en sólidos o tuberías en pulpa.

La posición correcta del cucharón es al frente de la caída del material formando un recto a la trayectoria del material y que cubra en su totalidad más un 10% a la corriente del material, en estos cortadores su velocidad mantiene una constante en todo su trayecto de corte del material de pulpa y sus dimensiones tienen que garantizar que al captar las muestras, estas no reboten o rebalsen.

Cuando realizan el recorrido de muestreo su objetivo es recolectar muestra mediante el corte, sin detenerse en el trayecto hasta llegar a su lugar de reposo según su diseño, evitando contaminarse.

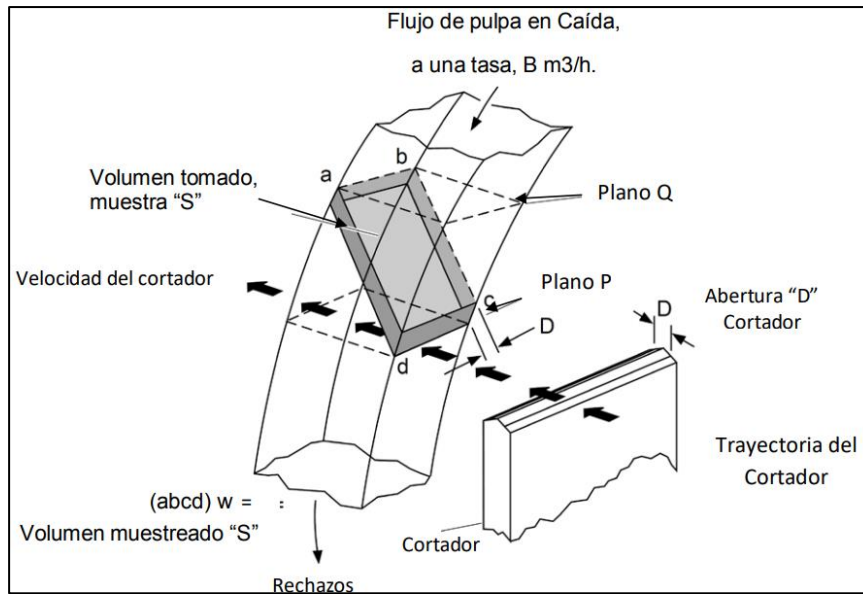


Figura 9. Muestreador transversal. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 24.

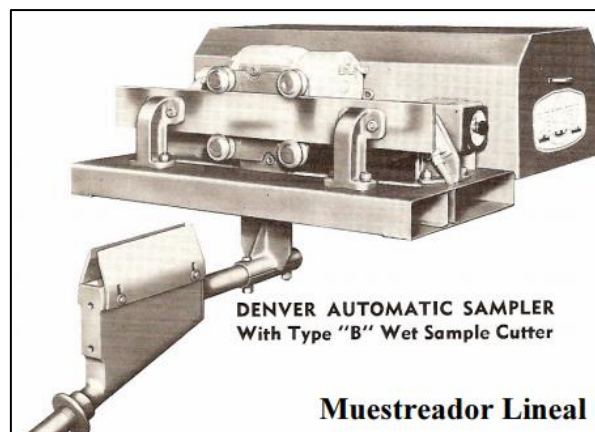


Figura 10. Muestreador lineal o transversal. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 26.

### 3.3.3. Muestreadores de pulpa de mineral

Para un muestreo representativo en pulpas se debe de contar con dos muestreadores automáticos, al inicio contar con un muestreador de trayectoria recta llamado primario, seguido de un muestreador secundario como un muestreador tipo Vezin llamado también rotatorio de 2 a más cucharones cumpliendo siempre las condiciones correctas de delimitación de incrementos (2022).

### 3.3.4. Tipos de cortadores utilizados en la industria

Travezaño (2021) indica que los muestreadores mecánicos están diseñados para extraer muestras de manera precisa y controlada desde el flujo de pulpa. Estos muestreadores deben operar sin derrames ni desbordamientos de pulpa, cortando en línea recta a una frecuencia y velocidad predefinidas. El diseño de la cuchara de recolección es crucial, ya que estos muestreadores pueden operar de forma lineal o girar radialmente para recoger los incrementos que formarán el compuesto de muestra.

### 3.3.5. Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria recta

Los muestreadores de trayectoria recta son diseñados para la primera muestra (muestreador primario) y son de corte transversal atravesando la totalidad del flujo de la pulpa.

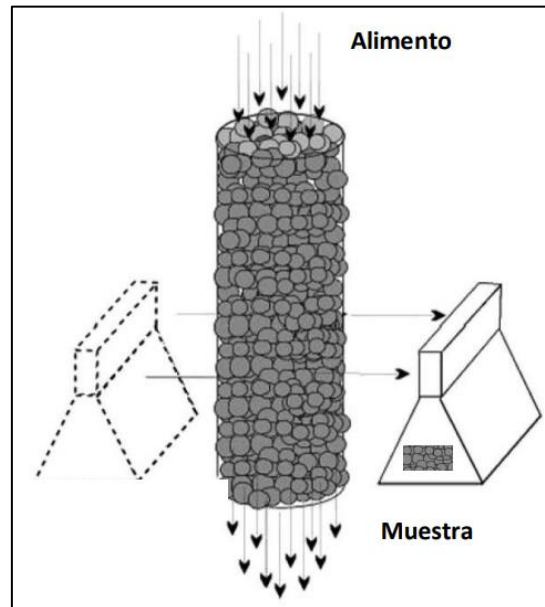


Figura 11. Muestreador transversal. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 28.

### 3.3.6. Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria circular.

Su diseño de este tipo de muestreadores es rotación circular compuesto por 1 o más cucharones permitiendo que los incrementos pasen a través como segmentos de muestra, siempre se debe de cumplir la distancia "d" es  $\frac{2}{3}$  al radio de la cuchara del muestreador y la abertura del cucharón es de acuerdo al volumen que se quiere captar al final de la muestra como referencia se tiene que  $d \times \tan(\alpha)$ .

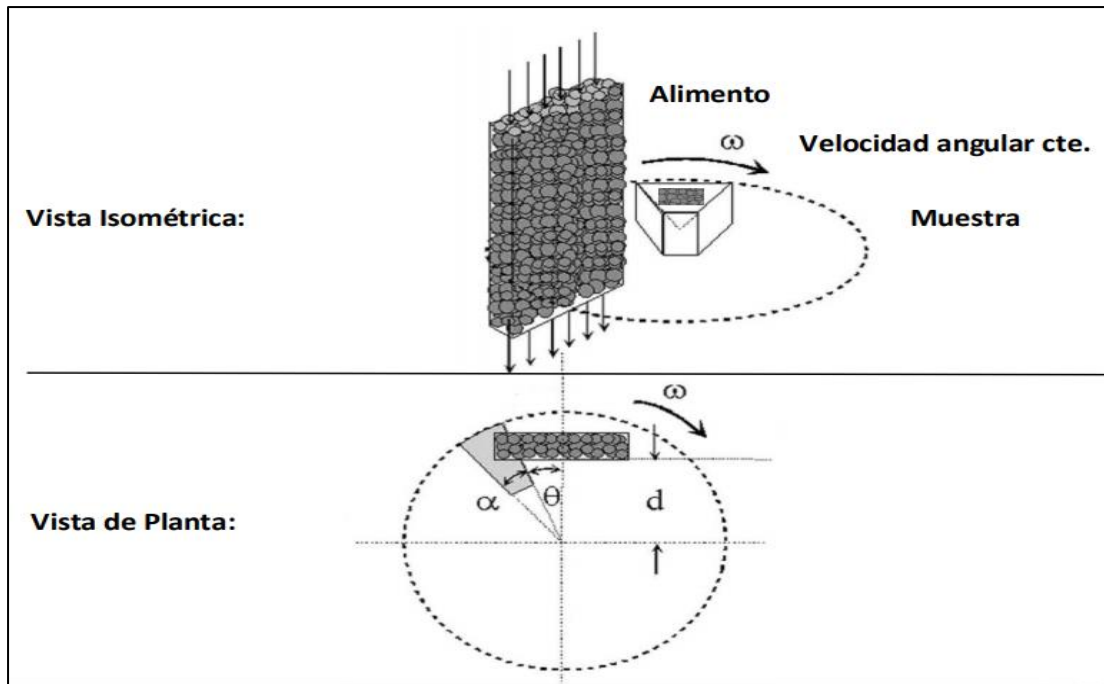


Figura 12. Muestreador de trayectoria circular. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 28.

### 3.3.7. Cortadores de trayectoria recta - geometría correcta.

Los diseños de ese tipo de cortadores deben de cumplir las siguientes condiciones: "la geometría es correcta si el cortador es rectangular".

- El flujo al ingreso del cucharón debe de ser homogéneo y un flujo laminar a velocidad constante.
- El cucharón debe de moverse en forma transversal al flujo y a una velocidad constante.
- Garantizar que la totalidad del flujo sea cubierta por el cucharón y pase por el interior de la abertura del cucharón y cumplir con el intervalo que definen el  $\Delta t$  sean paralelas, "efecto de la geometría de la cuchara". Como lo ilustra la figura 13.

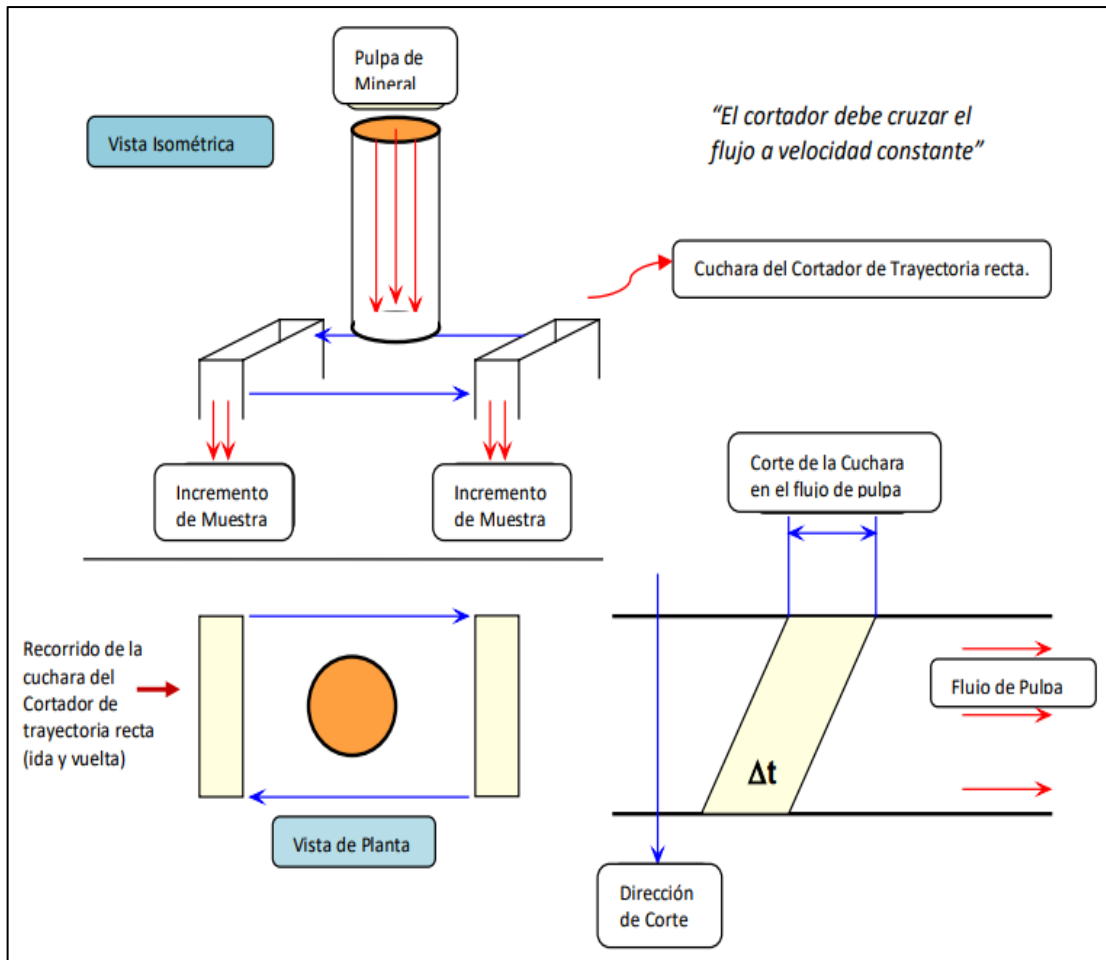


Figura 13. Efecto de la geometría de la cuchara. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 36.

### 3.3.8. Defectos de los muestreadores

#### 3.3.8.1. De corte transversales

Concepción (2020) señala que el componente central en el diseño de un muestreador es la cuchara, la cual debe satisfacer dimensiones y especificaciones específicas. A lo largo de su uso, los muestreadores pueden experimentar deformaciones debido al desgaste o a intervenciones externas que afectan su geometría. Estas deformaciones pueden ser resultado de la calidad de los materiales utilizados o de la corrosión. Cuando esto sucede, la cuchara pierde su paralelismo y ya no cumple con los requisitos para realizar un muestreo representativo.

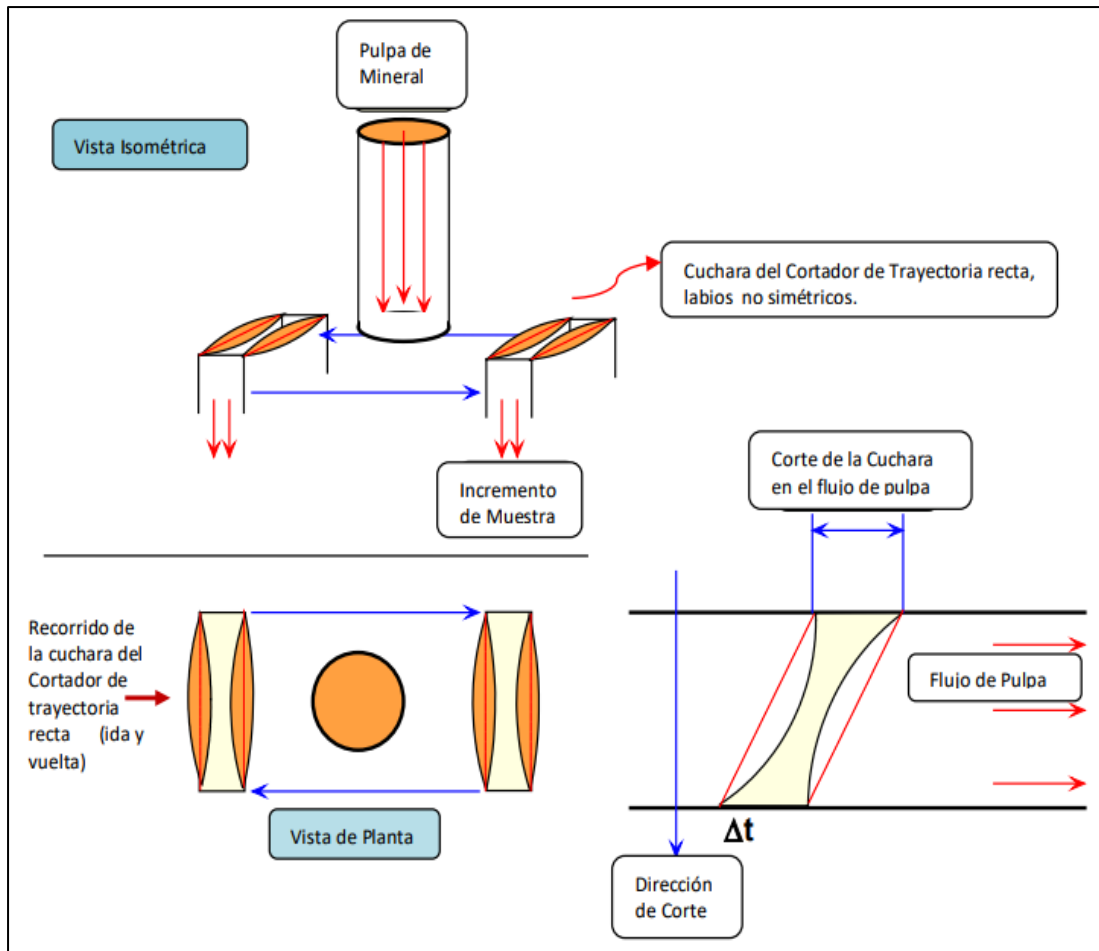


Figura 14. Defecto por desgaste del cortador. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 58.

### 3.3.9. Criterio de diseño de muestreadores

Los criterios de diseño para máquinas de muestreo y cortadores de muestra se determinan principalmente en función de la práctica habitual, con una menor influencia de la investigación.

### 3.3.10. Abertura del cortador

Depende del tamaño de la partícula ( $d$ ) se puede encontrar las siguientes situaciones:

Para  $d \geq 3\text{mm}$   $W = \text{Ancho cortador} \geq W_0 = 3d$  (materiales gruesos)

Para  $d < 3\text{mm}$   $W \geq 3d + 10$  (materiales finos)

### 3.3.11. Velocidad de corte (lineal)

La velocidad (V) debe ser: Uniforme (marcha continua)

$$V \leq \left(1 + \frac{W}{W_0}\right) \frac{V_0}{2}$$

Donde:

V<sub>0</sub> = Velocidad óptima de referencia = 600mm/s

W = Ancho cortador (W > W<sub>0</sub>)

W<sub>0</sub> = Ancho mínimo (W<sub>0</sub> = 3d, o W<sub>0</sub> = 3d + 10mm)

Rango típico de V es de 8in/s (203mm/s) a 50in/s (1270mm/s)

### 3.3.12. Volumen del cortador

Es recomendable que el cortador tenga dimensiones lo bastante amplias para prevenir que las partículas que caigan choquen contra los bordes y se escapen del dispositivo. Se aconseja evitar esquinas con ángulos, ya que estas pueden propiciar la segregación mineral en dichas áreas.

$$V_c \geq 3 V_m$$

Donde:

V<sub>c</sub> = Volumen de cortador

V<sub>m</sub> = Volumen de la muestra

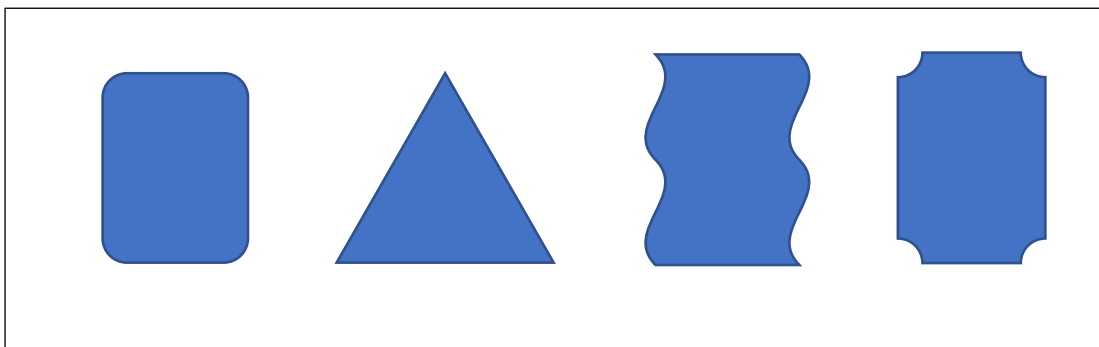


Figura 15. Recomendaciones de diseño de cucharón. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 68.

### 3.3.13. Recomendaciones de cortadores de flujo transversal

En la figura 16 se muestra la forma correcta que debe de recorrer y posicionarse para un muestreo representativo. Debe estacionarse a 3 o más pulgadas de la tubería del flujo de pulpa o faja del mineral del sistema de transporte en la dirección del movimiento.

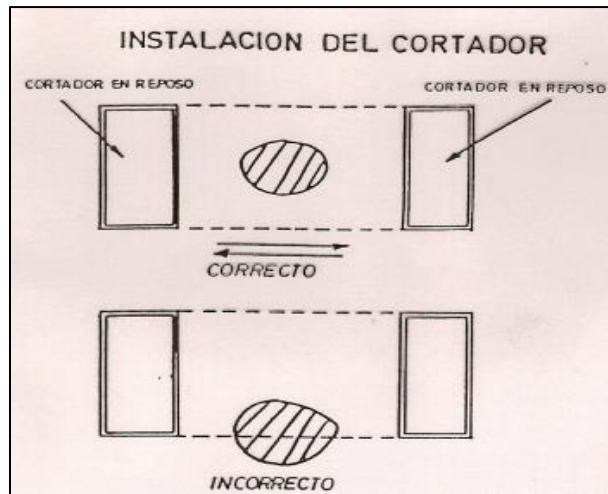


Figura 16. Recomendaciones de diseño de cucharón. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 72.

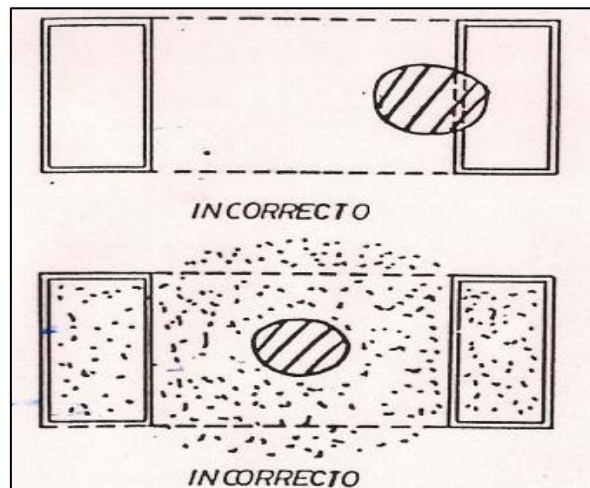


Figura 17. Posicionamiento de la cuchara. Tomado de "Theory of sampling and sampling practice", por Pitard, 2019, p. 72.

### 3.3.14. Diseño y errores del borde de la cuchara colectora.

Este error también involucra los aspectos físicos para tomar la muestra y usar un correcto dispositivo de muestreo. “Cuando el cucharón atraviesa el chorro de pulpa o la faja transportadora habrá pequeñas rocas que se encuentran a través del límite extendido del dispositivo de muestreo, algunas rocas serán forzadas completamente dentro del muestreador central y otras serán forzadas completamente fuera de la muestra en los rechazos” (ver Figura 18.) (Gerlach y Nocerino 2015, p. 129). Esto altera la composición de la incrementa dentro del dispositivo de muestreo cilíndrico a partir del material de muestra que se representará. Pero, sabemos que, para tener un incremento



seleccionado correctamente, debe haber una oportunidad igual para todas las partes del incremento para formar parte de la muestra o parte de los rechazos. Chipana y Runco (2020) argumenta que para evitar este incremento error de selección de materialización, la forma de los bordes de corte del dispositivo de muestreo debe diseñarse con respecto al centro de gravedad de la partícula y su posibilidad de ser parte de la muestra o parte de los rechazos. El dispositivo de muestreo debe pasar completamente a través de la pila o superficie y a una velocidad lenta, tasa uniforme. Una regla general para recopilar correctamente un incremento con respecto a la extracción de incrementos. El error es que el diámetro interno del dispositivo de muestreo debe ser al menos 3 veces al diámetro de la partícula más grande.

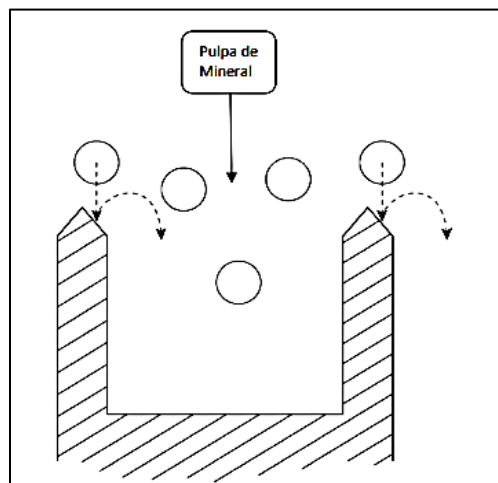
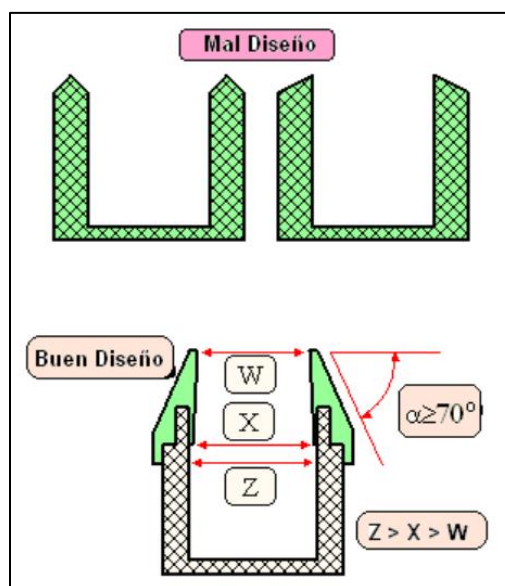


Figura 18: Diseño de recipiente del cortador. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p.126.



*Figura 19.* Recomendaciones para un buen diseño de recipientes del cucharón. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p.132.

Donde:

W = Separación entre los bordes de las cuchillas.

X = Separación media en la cuchara.

Z = Separación en el fondo de la cuchara debe ser mayor para que permita el no retorno de la pulpa fuera de la cuchara.

### **3.3.15. Inclinación del cortador**

La posición correcta del cucharón debe ser perpendicular al flujo a muestrear para garantizar que todos los fragmentos que rebotan y que pertenecen al incremento, caigan dentro del cucharón, (ver Figura 20).

Castillo (2020) explica que en la cuchara del cortador también debe considerarse el raspador que es reemplazado por una corta gotera. En este caso se debe asegurar que el material recogido por la corta gotera caiga dentro del cortador. También es necesario colocar una corta gotera en la longitud del rifle del cucharón que son los remanentes que quedaron en las paredes exteriores del cucharón y esto ya no es una muestra, por lo tanto, se desliza por la parte exterior hasta mezclarse con la muestra, la cual perjudica contaminando la muestra para evitar esto es necesario colocar una corta gotas antes de llegar a la punta del rifle y ser descargado hacia el rechazo, debemos evitar los cortadores con cuchillos verticales, donde se pueden encontrar los siguientes errores:

Las salpicaduras que se genera en los bordes caen fuera del cortador con lo cual se produce un error de extracción. Para evitar este error se debe de cumplir con la figura 20.

Recordemos que toda partícula que se pierda podría ser equiprobabilística, principalmente los gruesos, generándose por lo tanto un sesgo en la granulometría de la muestra.

En el caso de fluidos solo es necesaria una corta goteras después del muestreo que se instalara en el trayecto exterior del rifle la cual ya no se considera una muestra.

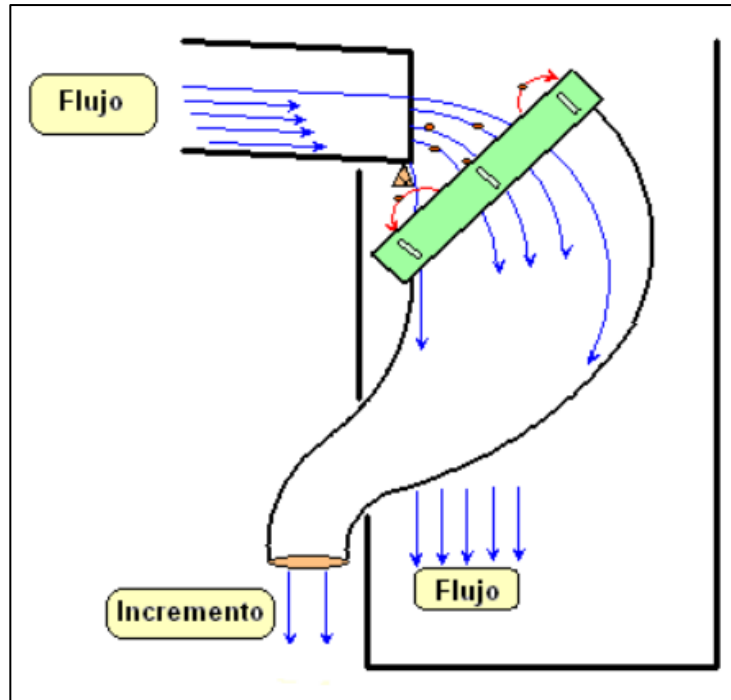


Figura 20. Recomendaciones de diseño correcto del cucharón. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p. 132.

### 3.3.16. Cortadores de trayectoria circular - Vezin

Los sistemas rotativos de muestreo de flujo cruzado de Vezin son críticamente importantes.

Los sistemas rotativos de muestreo de flujo cruzado de Vezin son críticamente importantes para muestrear pequeñas corrientes o realizar un muestreo secundario o terciario en grandes estaciones de muestreo. Sin embargo, en una gran mayoría de estos muestreos, los sistemas tienen fallas de diseño y nunca cumplirán su misión.

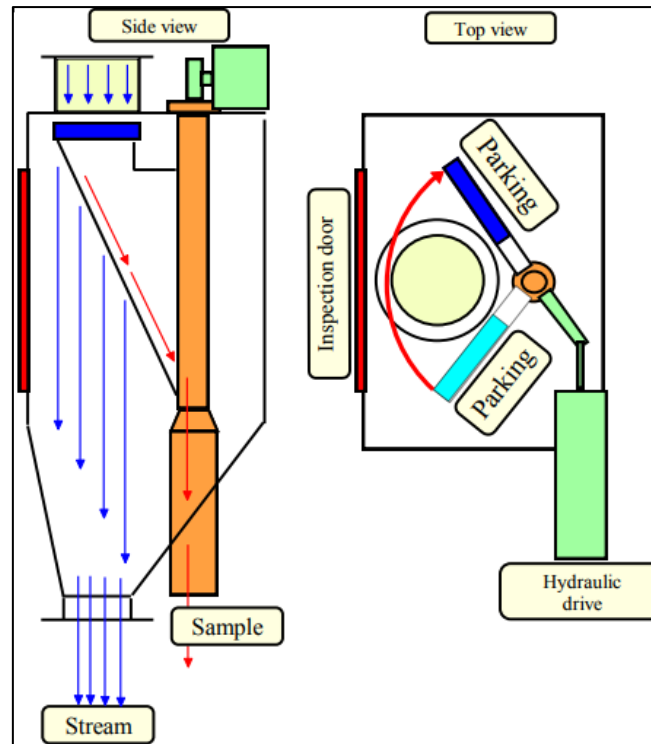


Figura 21. Criterios de diseño de divisores Vezin. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p. 176.

### 3.3.16.1. De pulpa tipo Vezin

Palomino (2022) describe que los divisores de muestras secundarios son especialmente adecuados para su uso en procesos continuos o intermitentes. Estos dispositivos están diseñados con precisión para garantizar la obtención de muestras representativas, minimizando así cualquier posible derrame o fuga de material. Además, están sellados herméticamente entre el cortador de muestra y el conducto de descarga para prevenir contaminaciones o pérdidas de muestras.

El principio de funcionamiento de los divisores tipo Vezin es sencillo: la trayectoria de la cuchilla de corte sigue un movimiento circular, y la porción del círculo que determina la apertura radial del cortador controla la cantidad de material que fluye a través del muestreador.

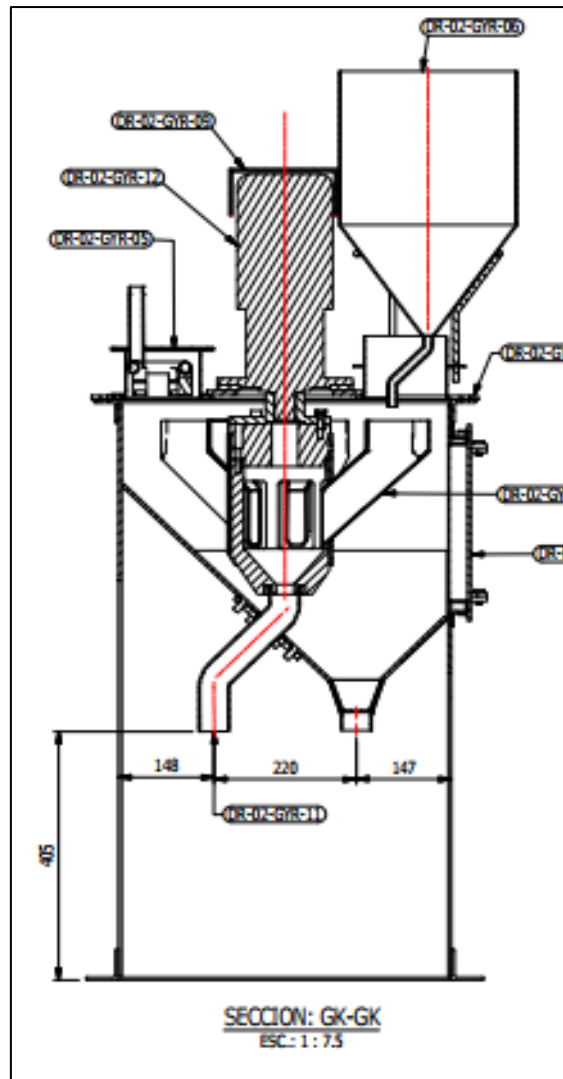


Figura 22. Divisor rotatorio ideal.

En la figura 16, se observa que "w" representa la apertura más estrecha del cortador, que se desplaza a una velocidad "v", mientras que "W" corresponde a la parte más ancha del cortador, que se mueve a una velocidad "V". Esto se expresa de acuerdo a la siguiente relación:

$$w/v = W/V = \text{Constante}$$

Donde:

w = Abertura del cortador en la parte menos ancha.

v = Velocidad del cortador en la parte menos ancha.

W = Abertura del cortador en la parte más ancha.

$$\text{Razón de muestreo} = c/C = w/W = \text{Constante}$$

V = Velocidad del cortador en la parte menos ancha.

Además:

c = Circunferencia que describe la pulpa en la parte más cerca al centro del equipo.

C = Circunferencia que describe la pulpa en la parte más lejos al centro del equipo.

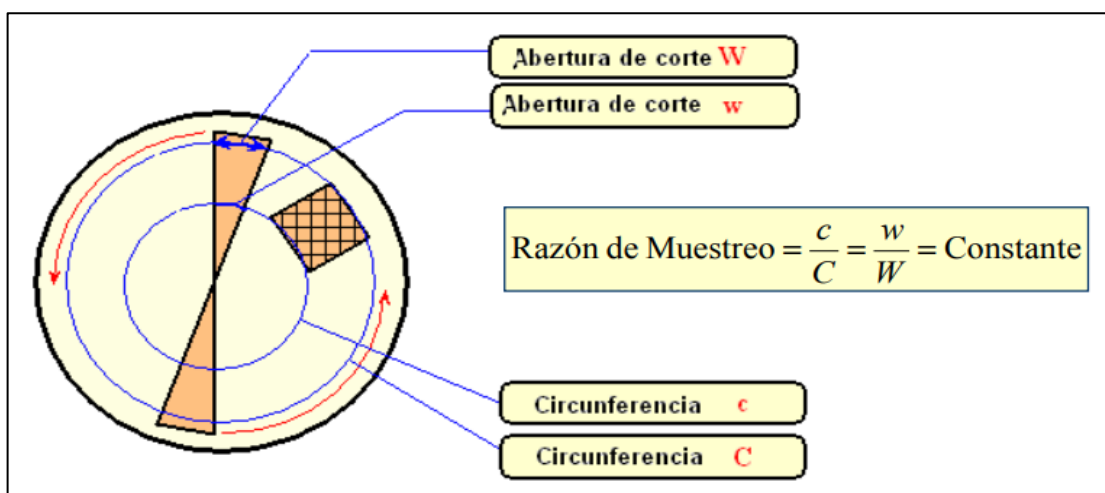


Figura 23. Geometría correcta de un muestreador Vezin. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p. 176.

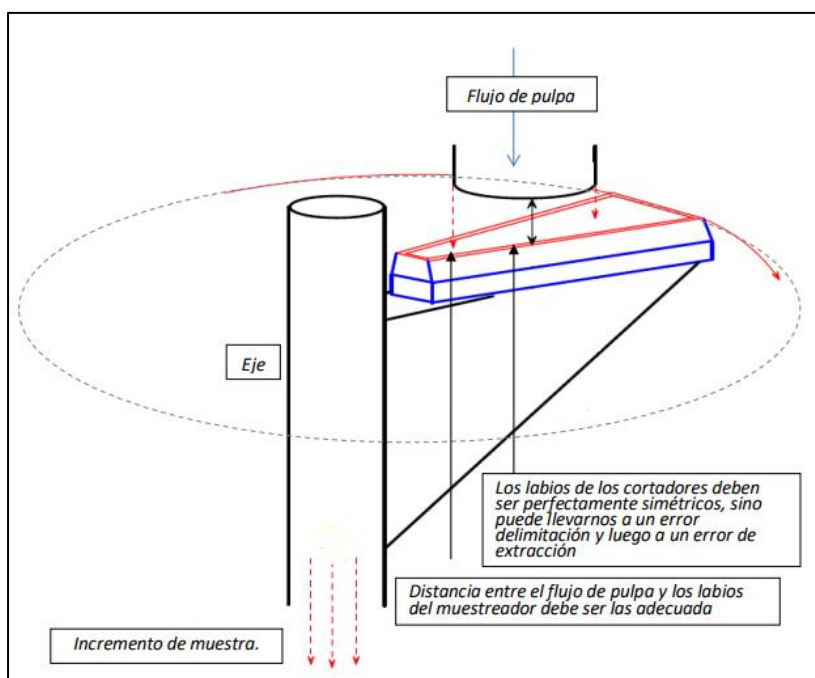


Figura 24. Ilustración de un muestreador Vezin. Tomada de Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples, por Gerlach y Nocerino, 2015, p. 176.

### 3.3.17. Características físicas de la pulpa

Hay atributos físicos que caracterizan una pulpa y están determinados principalmente por la cantidad de partículas sólidas presentes, así como por su densidad y la densidad del líquido transportador.

- Concentración en Peso -  $C_w$ :

Se refiere a la proporción del peso de la fase sólida en comparación con el peso total de la mezcla.

$$C_w = \frac{C_v \times p_s}{p_m} = \frac{C_v \times p}{C_v \times p_s + (100 - C_v)}$$

- Concentración en volumen -  $C_v$ :

$$C_v = \frac{C_w \times p_m}{p_s} = \frac{C_w / p_s}{\frac{C_w}{p_s} + \frac{(1 - C_w)}{p_L}}$$

De manera similar al concepto previo se trata de la proporción del volumen de sólidos en relación con el volumen total de la mezcla.

- Densidad de la pulpa -  $p_m$ :

La densidad en una pulpa se define como la masa de la pulpa dividida por el volumen de la pulpa. Es preferible medir este parámetro cuando la pulpa está completamente homogeneizada, aunque a menudo se relaciona con otros factores como la concentración en peso, la concentración en volumen y la densidad de las fases.

$$p_m = \frac{C_v \times p_s}{C_w} = \frac{1}{\frac{C_w}{p_s} + \frac{(1 - C_w)}{p_L}}$$

Es común expresar este parámetro como densidad específica, que se calcula dividiendo la densidad del lodo entre la densidad del agua. Por lo tanto, podría proponerse una nueva ecuación:

$$s_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} = \frac{C_v \times s_s}{C_w}$$

Tabla 1. Resumen de fórmulas de las características físicas

Parámetro	En función de
-----------	---------------

	<b>Cv</b>	<b>Cw</b>	<b>Sm</b>
<b>Cv</b>	Igual	$\frac{s_L \times C_w}{s_s - (s_s - s_L) \times C_w}$	$\frac{s_m - s_L}{s_s - s_2}$
<b>Cw</b>	$\frac{s_s \times C_v}{s_L + (s_s - s_L) \times C_v}$	Igual	$\frac{s_s (s_m - s_c)}{s_m (s_s - s_c)}$
<b>Sm</b>	$s_L + (s_s - s_L) C_v$	$\frac{s_L}{1 - \frac{(s_s - s_2) \times C_w}{s_s}}$	Igual

Donde:

$\rho_s$  = Densidad de los sólidos (kg/m<sup>3</sup>).

$\rho_L$  = Densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>).

$\rho_m$  = Densidad de la pulpa (kg/m<sup>3</sup>).

$\rho_w$  = Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>).

$s_s$  = Densidad específica de los sólidos.

$s_L$  = Densidad específica del líquido.

$s_m$  = Densidad específica de la pulpa.

$C_w$  = Concentración de sólidos en peso.

$C_v$  = Concentración de sólidos en volumen.

### 3.4. FLUJO EN TUBERÍAS

Una vez entendidas las características físicas de la pulpa y su comportamiento reológico, es fundamental examinar cómo fluye la pulpa dentro de una tubería. Montalvo (2021) indica que la pulpa, siendo un flujo bifásico, muestra un comportamiento distinto al del agua, que es un flujo monofásico. La coexistencia de dos fases implica un comportamiento que varía según la velocidad de flujo, el tamaño de las partículas, la densidad de los sólidos, la viscosidad, entre otros factores. Para comprender este fenómeno, es esencial entender el régimen de flujo y el tipo de pulpa, como señala Fernández (2011).

#### 3.4.1. Número de Reynolds (Re)

El comportamiento de un fluido, especialmente en términos de pérdida de energía, variará según si el flujo es laminar o turbulento. En el caso de un flujo en una sección circular, esto depende de cuatro factores: la viscosidad del fluido, el diámetro del conducto y la velocidad media del flujo (Mott 1996).

Para identificar en qué régimen se encuentra un fluido, se emplea el número de Reynolds que representa la relación entre la fuerza inercial y la fuerza viscosa. Este número se calcula mediante la siguiente fórmula:



$$R_e = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>).

V = Velocidad media del flujo (m/s).

D = Diámetro (m).

$\mu$  = Viscosidad dinámica (Pa.s).

- **Régimen laminar:**

En este tipo de flujo, la resistencia proviene exclusivamente de la velocidad. El fluido se desplaza en capas paralelas, y cada partícula de fluido sigue una trayectoria ordenada conocida como línea de corriente. Este régimen es común en situaciones de velocidades bajas o viscosidades altas (López 2014). En términos de aplicaciones prácticas en flujos compuestos, si el número de Reynolds para el flujo es inferior a 2000, el flujo se considera laminar (Mott 1996).

- **Régimen turbulento:**

A medida que se incrementa la velocidad del flujo, se llega a un punto en el cual el flujo deja de ser uniforme y regular. En este punto, las partículas se desplazan de manera caótica, generando pequeños remolinos no periódicos. Cuando el número de Reynolds supera los 4000, se puede asumir que el fluido está en un estado turbulento (Mott 1996)

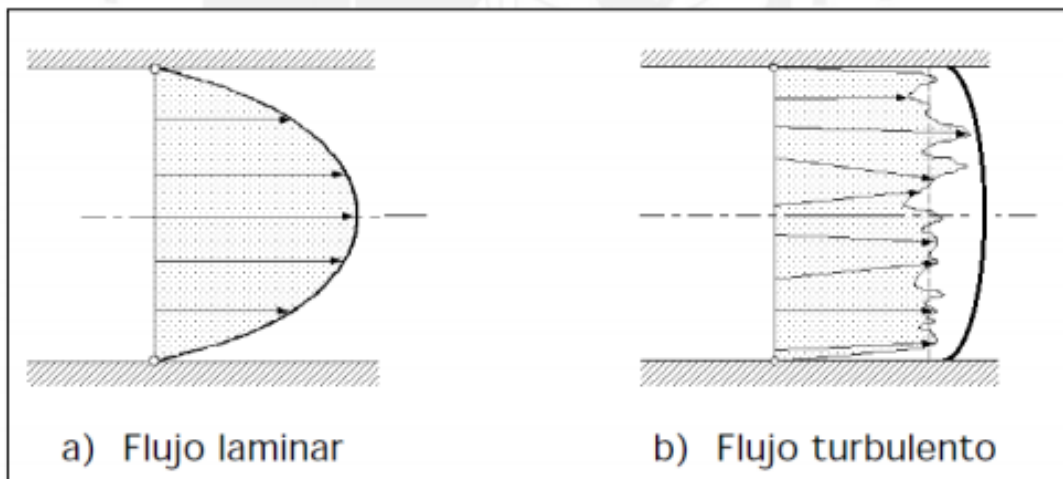


Figura 25. Régimen de flujo. Tomada de “Mecánica de Fluidos“, por Fernández, 2011, p. 174.

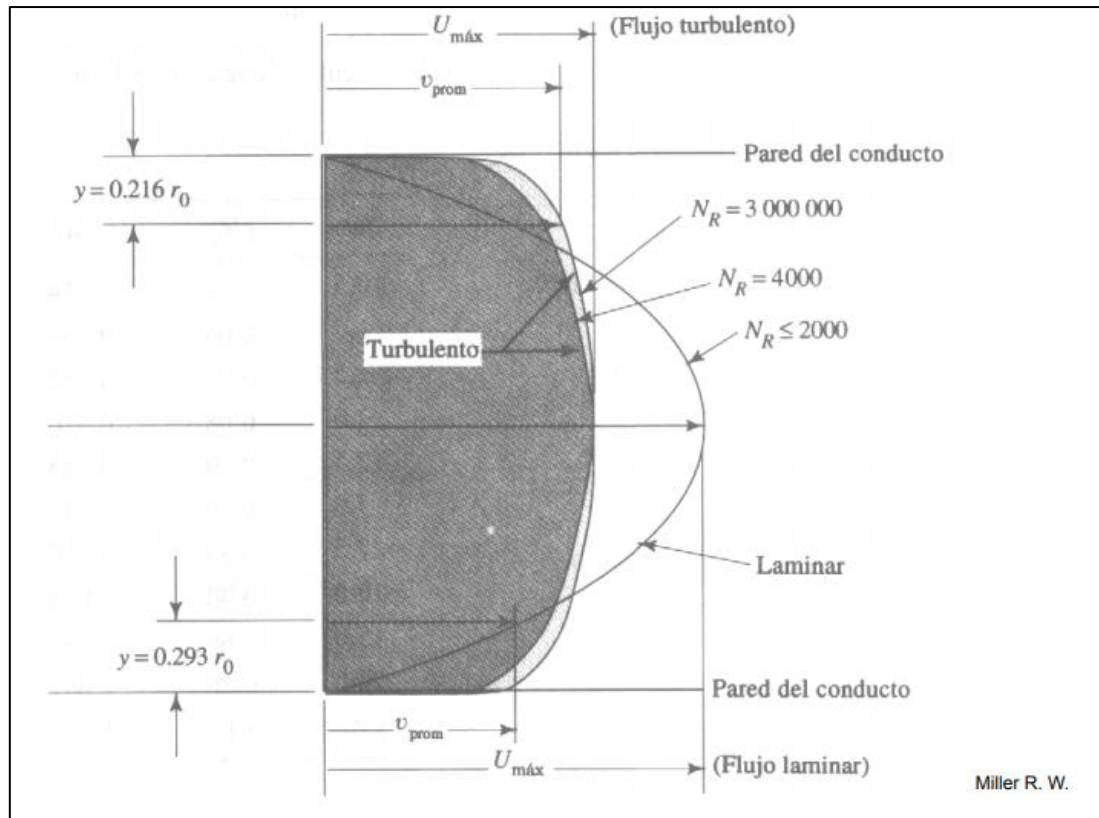


Figura 26. Perfiles de velocidad en flujos laminar y turbulento en un conducto liso. Tomada de "Flow Measurement Engineering Handbook", Miller 1989, p. 312.

### 3.4.2. Cajón amortiguador

Para iniciar un muestreo representativo, es esencial contar con un sistema que regule la velocidad y presión, garantizando una uniformidad en las condiciones de la pulpa y manteniendo un caudal constante.

Este componente se encarga de recibir, homogeneizar y descargar la pulpa hacia el sistema de muestreo. La caja de amortiguación y homogeneización, como se ilustra en la figura 27, consta de dos compartimentos.

El primero, llamado compartimento de recepción, recibe la pulpa, la amortigua, mezcla y homogeneiza en términos de concentración y distribución granulométrica. El segundo espacio, el compartimento de descarga, entrega la pulpa al sistema de muestreo.

Este sistema puede operar en tres situaciones: la primera, en condiciones normales, donde el nivel de la pulpa en ambos compartimentos está por debajo de la altura del tabique; la segunda, cuando hay retención de pulpa en el sistema debido a un aumento repentino en el caudal de entrada o una obstrucción, lo que causa que el nivel de la pulpa supere la altura del tabique.

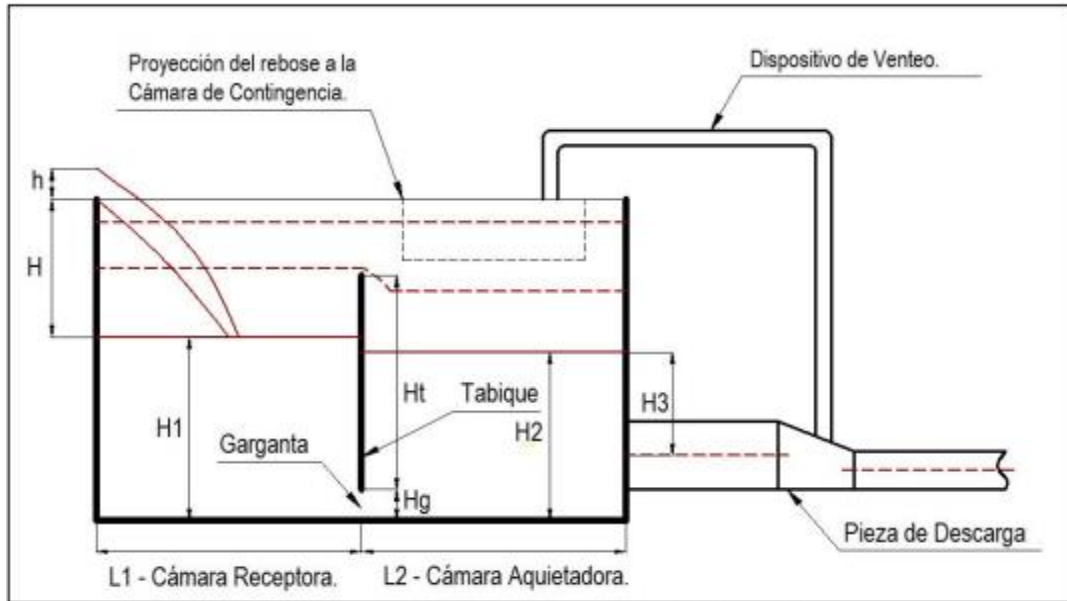


Figura 27. Sistema de recepción. Tomada de “Memorando Técnico del Sistema de transporte de relaves“, por AUSENCO – MINERA SUYAMARCA SAC, 2012, p. 114.

### 3.4.3. Cámara receptora: aireación y zona de burbujas

Se refiere al primer compartimento destinado a recibir y amortiguar la pulpa, donde se logra homogeneizar su concentración y distribución de tamaño de partículas. La homogeneización de la pulpa se alcanza gracias a la turbulencia generada por su caída. Este fenómeno fue investigado por Nakasone en 1987, quien sugirió que cuando un chorro de fluido cae sobre una superficie, se produce un efecto turbulento que abarca aproximadamente las dos terceras partes de la altura del chorro, tal como se muestra en la figura 21.

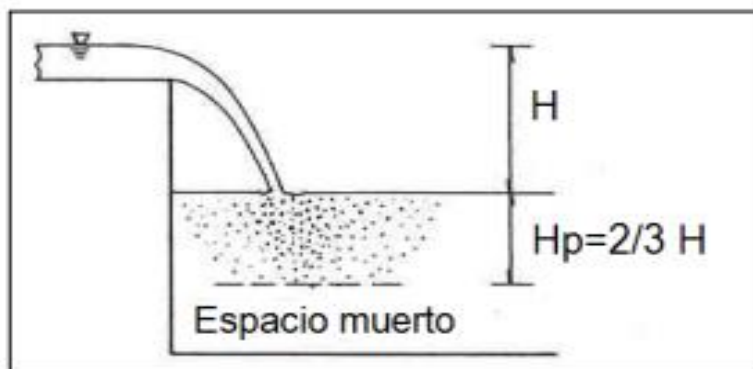


Figura 28. Efecto de turbulencia vertical según Nakasone. Tomada de “Air entrainment with plunging jets“, Smit, 2007, p. 78.

Es crucial considerar la relevancia de la turbulencia horizontal generada por la caída del chorro. En este contexto, se puede utilizar la ecuación presentada a continuación, propuesta de forma experimental por [nombre del investigador], después de correlacionar los datos obtenidos en sus pruebas.

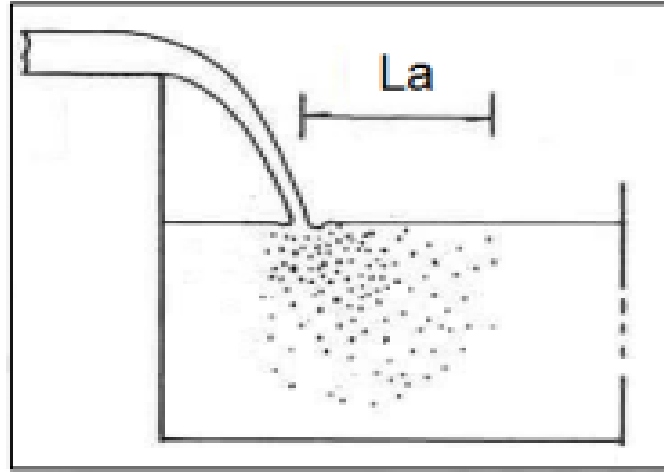


Figura 29. Efecto de turbulencia horizontal. Tomada de “Air entrainment with plunging jets”, Smit, 2007, p. 82.

$$La = 0.3 \times V^{0.5}$$

Donde:

$V$  = Caudal de ingreso (L/s)

Al dimensionar la caja, es esencial que la pulpa dentro de la cámara esté inmersa en la zona de turbulencia. Esto significa que la profundidad debe ser menor que  $H_p$  y el ancho menor que  $La$ . De esta manera, se garantiza que la turbulencia pueda uniformizar la pulpa de manera efectiva. Además, es importante asegurarse de que el alcance del chorro, definido por la ecuación 2.2, no llegue a golpear la pared del tabique (López 2014, p. 312).

$$L_p = \sqrt{4xHx(H + b) - 4xH^2}$$

Donde:

$H$  = Altura del chorro (m).

$H$  = Carga hidráulica del chorro (m).

### 3.4.4. Cámara aquietadora

Luego de ser recibida, la pulpa atraviesa una garganta situada debajo de la barrera del tabique. El flujo ingresa por la parte inferior de la cámara para prevenir la sedimentación de la pulpa, siempre y cuando la velocidad de ascenso sea al menos un 25% más rápida que la velocidad de sedimentación de la partícula correspondiente al  $d_{95}$  (López 2014, p. 318)

La velocidad a través de la garganta debe ajustarse para permitir el paso del mismo caudal que ingresa, pero con una velocidad reducida. Esto resulta en un nivel de pulpa ligeramente inferior al de la cámara de acondicionamiento (Hualpa y Medina 2020).

Para mantener el equilibrio del sistema, el caudal de salida debe igualar al caudal de entrada. La velocidad de salida depende de la columna de pulpa sobre la salida, mientras que el área transversal varía según el diámetro de la tubería de la pieza de descarga. Esta pieza de descarga consta de una tubería y una conexión excéntrica que se integra al sistema de tuberías (López 2014, p. 323).

Finalmente, dado que la pulpa puede transportar aire, se instala un dispositivo de venteo que se extiende desde la pieza de descarga hasta la parte superior de la caja de paso.

### **3.4.5. Cámara de contingencia**

Este compartimento se usa solo en casos críticos, cuando las otras dos cámaras están llenas. La pulpa ingresa por desbordamiento a través de un vertedero rectangular, con un caudal equivalente al que entra en el tanque para evitar su colapso (López 2014, p. 351).

## **3.5. NORMATIVAS**

### **3.5.1. Norma ISO 11749: 2017**

- ISO 11794: 2017 establece los métodos básicos para tomar muestras de material particulado que se mezcla con un líquido, generalmente agua, para formar una suspensión. Los procedimientos descritos en ISO 11794: 2017 se aplican al muestreo de materiales en partículas que se transportan en corrientes en movimiento como lodos, pero no lodos a presión. Estas corrientes pueden caer libremente o estar confinadas en tuberías, lavadores, canales, esclusas, espirales o canales similares.
- ISO 10251, Concentrados de cobre, plomo, zinc y níquel. Determinación de la pérdida de masa del material a granel en el secado.
- ISO 11794, Concentrados de cobre, plomo, zinc y níquel. Muestreo de lodos.
- ISO 12744 Concentrados de cobre, plomo, zinc y níquel. Métodos experimentales para verificar la precisión del muestreo.
- ISO 13292, Concentrados de cobre, plomo, zinc y níquel. Métodos experimentales para verificar el sesgo del muestreo.
- ISO 17025, estándar de calidad mundial para los laboratorios de ensayos y calibraciones.
- CNAM-007 (Norma CODELCO) Condiciones de estaciones de muestreo de flujo de materiales y transferencia de productos.

## **3.6. GLOSARIO DE TÉRMINOS**

- **Muestra:** Es la obtención de una pequeña cantidad de fracción de material que denominamos muestra de una cantidad de volumen mayor.
- **Composito:** Muestra formada por la combinación de múltiples muestras individuales para obtener una representación integral del material original.

- **Incremento:** Porción individual de material recolectado durante el proceso de formación de muestras compuestas, contribuyendo a la representatividad del composito final.
- **Cucharón:** Deposito que recibe, traslada la muestra ya sea solido o liquido con descargas establecidos.
- **Corta gotera:** Accesorio que impide o direcciona la muestra (aplicación en flujos líquidos).
- **Equiprobabilística:** Probabilidad de que cada elemento tenga la misma inclusión.
- **Sesgo:** perdida de material que no podrá ser muestreado por granulometría, contaminación.
- **Cámara quieta:** Espacio que evita la decantación de material para evitar sesgo de mineral.
- **Decantación:** material que se precipita por gravedad o tamaño en las partes inferiores de las cajas

## CAPÍTULO IV

### DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

##### A. Diseño estructural (actividad principal)

- Levantamiento de información
- Criterios de diseño.
- Memoria de cálculo estructural.
- Plan de mantenimiento.

##### B. Logística

- Elaboración de cotización y compra de materiales

##### C. Supervisión y control

- Conformación de frente de trabajo
- Elaboración de cronograma
- Elaboración de informes diarios y avance

##### D. Control de calidad

- Inspección de materiales y certificados de calidad
- Control dimensional
- Inspección de soldadura
- Ensayos no destructivos
- Inspección de preparación superficial para pintura
- Inspección de acabados y pintura
- Liberación de producto terminado
- Despacho y embalaje
- Elaboración de dossier de calidad

#### 4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

##### 4.1.1.1. Diseño estructural (actividad principal)

Los accesos a los equipos sean fáciles para su respectivo mantenimiento e inspección.

Para la elaboración del diseño estructural se toma en consideración normativas de acuerdo con el código ASME.

Se considera como datos iniciales como antecedente inicial para mejorar en la recuperación del mineral.

Datos de recuperación del año enero a diciembre del 2018.

Tabla 2. Resumen de recuperación de mineral Ene-Dic 2018.

<b>Recuperación de mineral ene-dic 2018</b>						
<b>Mineral</b>	<b>Error 95%</b>			<b>Error r (%)</b>	<b>Recuperación (%)</b>	
<b>Au</b>	f	+/-	5	0.81	Rec. Min	94.4
	t	+/-	12		Rec. Max	96.0
					Delta Recup	1.6
<b>Ag</b>	f	+/-	5	3.35	Rec. Min	79.8
	t	+/-	12		Rec. max	85.6
					Delta Recup	5.8

*Nota:* Adaptado de Laboratorio químico UO Inmaculada

#### **4.1.1.2. Logística**

Todo abastecimiento de materiales, insumos, tienen que estar regidos bajo los procedimientos que rigen en la empresa, según sus proveedores seleccionados que dan la garantía de proveer materiales de buena calidad y cumplen con los requisitos exigidos por los clientes.

#### **4.1.1.3. Supervisión y control**

La supervisión está basada bajo los procedimientos de muestreo de relaves de la empresa.

#### **4.1.1.4. Control de calidad**

El control de calidad en los procesos de diseño, fabricación y montaje de los equipos del sistema de muestreo deben de cumplir los procedimientos establecidos en la organización, donde los procesos tienen que ser registrados evaluados y liberados desde la elaboración de los diseños, adquisición de materiales, habilitado, fabricación y montaje donde quedarán registrados en un dossier de calidad.

### **4.1.2. Alcance de las actividades profesionales**

#### **4.1.2.1. Diseño estructural (actividad principal)**

Lo que se quiere alcanzar es una planificación relacionada hasta la realización del plano en base a los requerimientos del cliente, así como alcanzar la planificación de los tiempos.

##### **a) Levantamiento de información**

Al levantar una buena información in situ nos permitirá tener una visión realista y gracias a ello podremos realizar un buen diseño de todo el sistema muestreo.

##### **b) Criterios de diseño.**

Las simulaciones en Softwar nos permiten dimensionar los materiales que debemos de utilizar y garantizar el buen comportamiento de este.

##### **c) Memoria de cálculo estructural**



Documento que nos permite transmitir de forma veraz y detallada de los procedimientos y resultados que obtenemos al momento de diseñar las estructuras y con esto garantizar el buen funcionamiento del sistema.

#### **4.1.2.2. Logística**

Con la buena selección de los proveedores y la adquisición de los productos que conforman el sistema de muestro garantizaremos el funcionamiento de todo el sistema de muestreo.

#### **4.1.2.3. Supervisión y control**

La supervisión estricta nos permitirá que los equipos fabricados y montados cumplirán con los parámetros exigidos por el cliente.

#### **4.1.2.4. Control de calidad**

La documentación y registros realizados en todo el proceso de diseño, fabricación y montaje darán fe del cumplimiento de los procedimientos establecidos para su buen funcionamiento del sistema de muestreo.

### **4.1.3. Entregables de las actividades profesionales**

#### **a) La memoria de cálculo**

Documento que nos permite transmitir de forma veraz y detallada de los procedimientos y resultados que obtenemos al momento de diseñar las estructuras y con esto garantizar el buen funcionamiento del sistema.

#### **b) Planos as built**

Documento que refleja el cumplimiento de los requisitos exigidos y detalles de todos los cambios surgidos durante la implementación del sistema de muestreo, plano de cómo quedó el final del proyecto.

#### **c) Dossier de calidad**

Conjunto de documentación y registros elaborados durante todo el proceso de implementación del sistema de muestreo.

#### **d) Informe final**

Documento exigido por el cliente de forma técnica, documentada y fotográfica que demuestran el cumplimiento del servicio prestado durante todo el proceso de implementación del sistema de muestreo.

## **4.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

### **4.2.1. Metodologías**

La metodología de este informe se basa en la norma ISO 11794 que establece los métodos básicos para tomar muestras de material particulado que se mezcla con un líquido, generalmente agua, para formar una suspensión; el cual se basa en las cuatro actividades:

- Diseño estructural

- Logística
- Supervisión y control
- Control de calidad

#### **4.2.2. Técnicas**

- Observaciones en campo: se realiza las observaciones a los procesos de fabricación, montaje y puesta en marcha del sistema de muestreo.
- Verificación de los requisitos funcionales.
- Manual de funcionamiento de los equipos existentes.
- Recopilación de información por antecedentes.
- Registro fotográfico.
- Hoja técnica de equipos.

#### **4.2.3. Instrumentos**

- Orden de trabajos: documento utilizado con la orden donde el supervisor asigna las tareas a realizar en el sistema de muestreo.
- IPERC línea base: documento que evalúa los peligros, riesgos y evalúan las medidas de control según la Ley 29783 de seguridad y salud que rigen en nuestro país.
- Petar de trabajos de alto riesgo: documento obligatorio para todo trabajo involucrado de alto riesgo que se realiza en la implementación del sistema del muestreo.
- Check list de equipos y herramientas: registros que garantizaran el buen funcionamiento de todas las herramientas que se utilizaran en todo el proceso de implementación del sistema de muestreo.
- PETS: procedimientos establecidos por cada actividad identificada y evaluada para realizar un trabajo seguro durante la implantación del sistema de muestreo.

#### **4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades**

Equipos vehiculares:

- Camión grúa de 10 t (01 Und)
- Camioneta 4x4 (02 Und)
- Minibús (02 Und)

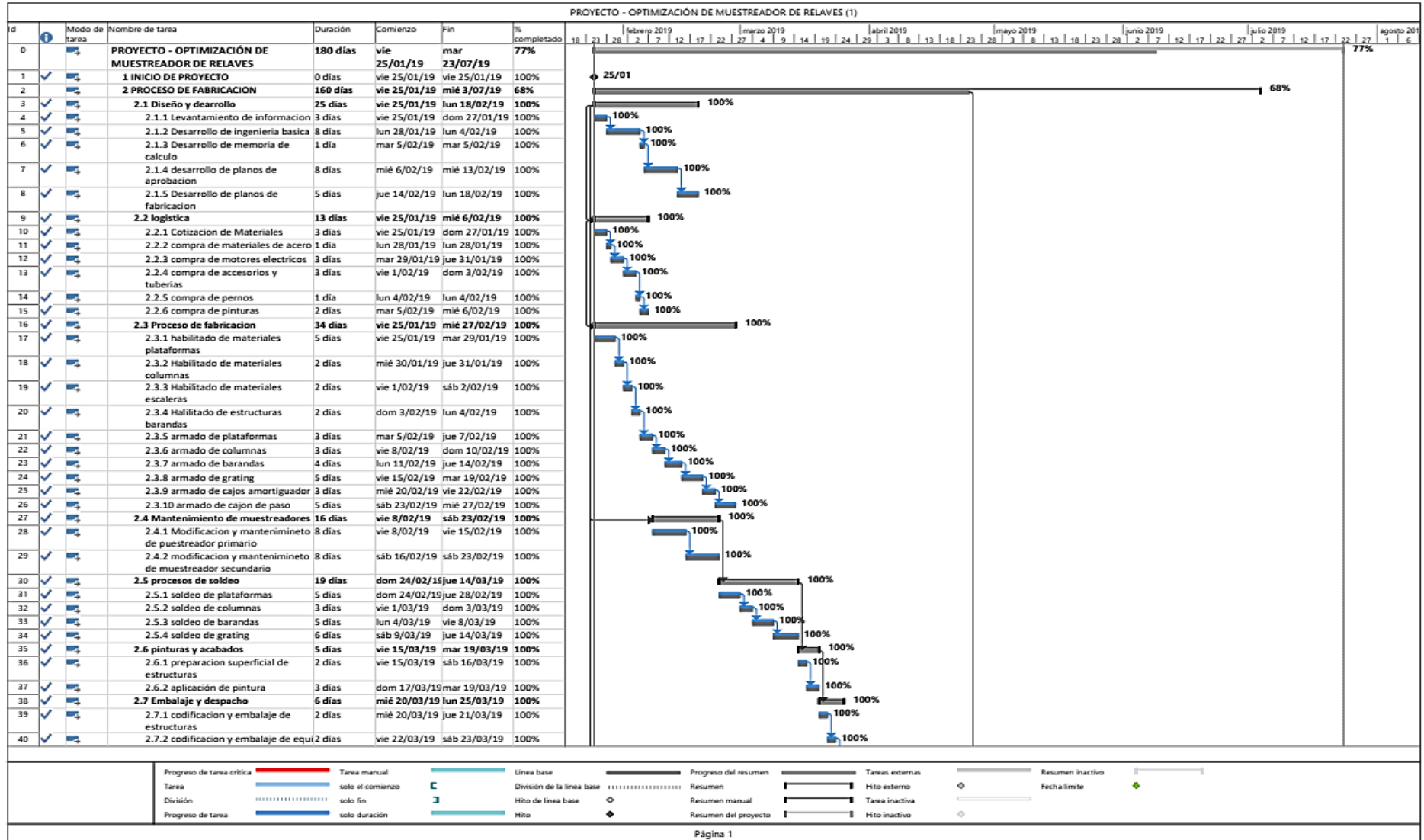
Equipos y herramientas.

- Máquinas de soldar
- Andamios normalizados
- Torquímetros
- Llaves mixtas

- Juego de dados
- Equipo de corte por CNC plasma
- Laptop
- Impresora

### 4.3. EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

#### 4.3.1. Cronograma de actividades realizadas



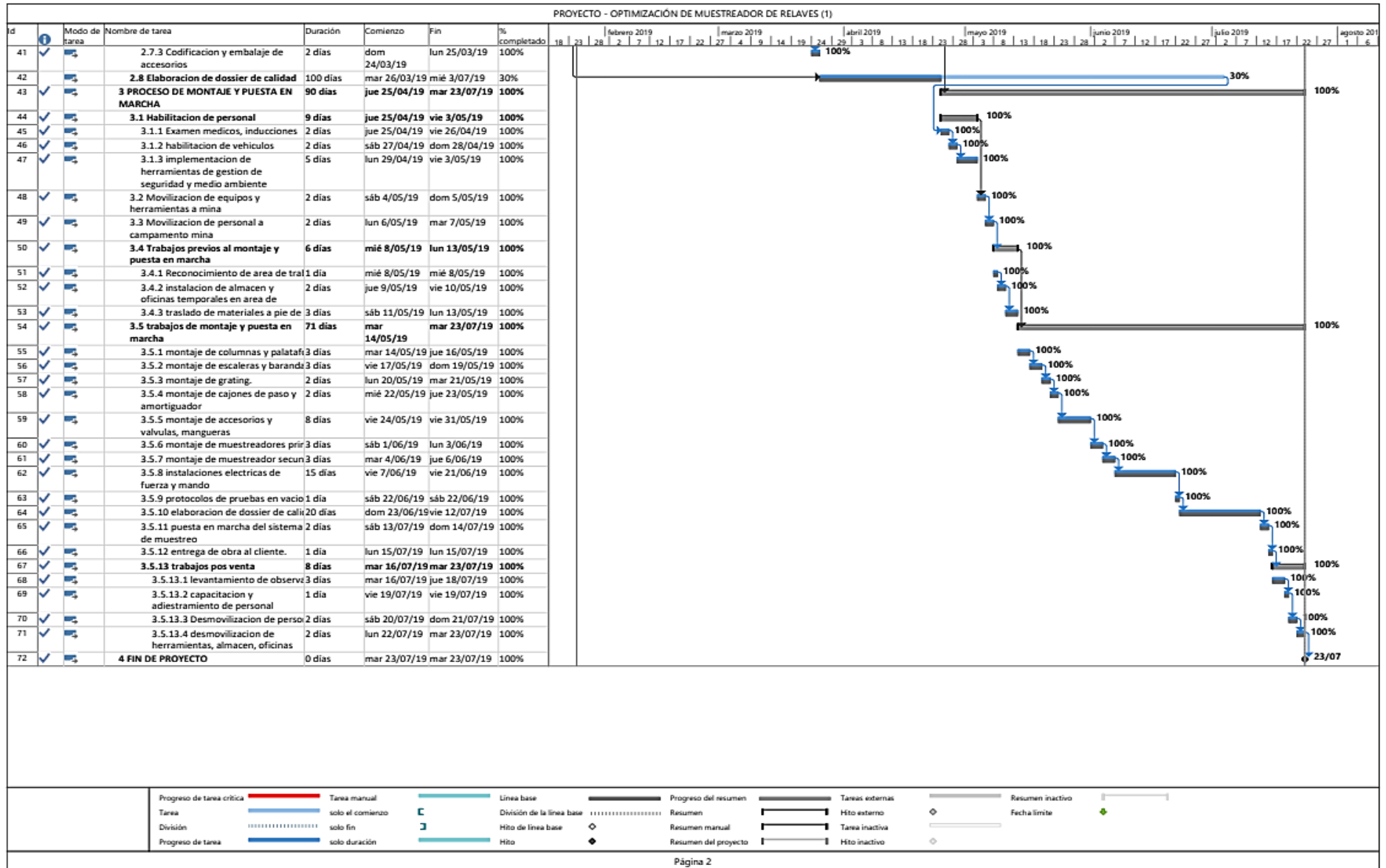


Figura 30. Diagrama Gantt

#### **4.3.2. Proceso de secuencia operativa de las actividades profesionales**

##### **Proceso de fabricación**

- Diseño y desarrollo
- Logística
- Proceso de fabricación
- Mantenimiento de muestreadores
- Procesos de soldeo
- Pinturas y acabados
- Embalaje y despacho
- Elaboración de dossier de calidad

##### **Proceso de montaje y puesta en marcha**

- Trabajos previos al montaje y puesta en marcha
- Trabajos de montaje y puesta en marcha
- Protocolos de pruebas en vacío
- Elaboración de dossier de calidad
- Puesta en marcha del sistema de muestreo
- Entrega de obra al cliente.
- Trabajos posventa
- Levantamiento de observaciones
- Capacitación y adiestramiento de personal operario del cliente
- Desmovilización de personal
- Desmovilización de herramientas, almacén y oficinas temporales.
- Fin del trabajo

## CAPITULO V

### RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

#### 5.1. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Cumplimiento de las funciones desempeñadas por la empresa G&R Máquinas SAC y por el cliente, con responsabilidad eficiencia y eficacia, cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad vigentes con ambas empresas.

En las actividades mencionadas en el capítulo IV se describe los resultados por cada actividad realizada:

##### 5.1.1. Diseño estructural

**Levantamiento de información:** Para iniciar con el dimensionamiento y diseño de estructuras, primero se deberá levantar datos del flujo, frecuencia de corte y equipos que se requieren para el diseño óptimo de un sistema de muestreo; también es importante la solicitud del cliente (laboratorio químico), el resultado que desean obtener para dar respuestas a sus procesos de recuperación de minerales como oro (Au) y plata (Ag).

Para dicho objetivo se obtuvo dichos datos que a continuación se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. *Resumen de datos obtenidos de planta beneficios*

Balance de masa de "Mejora de cortadores de pulpas de relaves"		
Cliente	Minera Inmaculada	
Datos		
Carga m <sup>3</sup> /h		180
Canal sección rectangular (m)		0,3
Inclinación canal		0,00%
Altura vena máx. (mm)		
Factor espuma		
Turno (h.)	4	240
Densidad de pulpa (kg/l.) promedio		1,5
% Sólidos (promedio)		55,0 %
Velocidad flujo (m/s)		2,2
Dmáx. (um)		180
f50 (um)		
Tensión (motor)		440v/60hz
Tensión (control)		110v/60hz
Altura geográfica (m.s.n.m.)		4800

*Nota.* Adaptado de laboratorio químico UO Inmaculada

#### Balance de masa de "Mejora de cortadores de pulpa de relaves"

Para validar los resultados se realiza un balance de masa del proceso de muestreo que se propone obtener con la puesta en marcha del sistema de muestreo en punto de relave, de las cuales se inicia del caudal de flujo que recorre la pulpa en punto de relave que es de  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ , y el resultado final del balance deberá ser lo mismo que ingresa y la suma de toda muestra y rechazo sean de  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ .

A continuación, se muestra el balance de masa en la imagen 31.

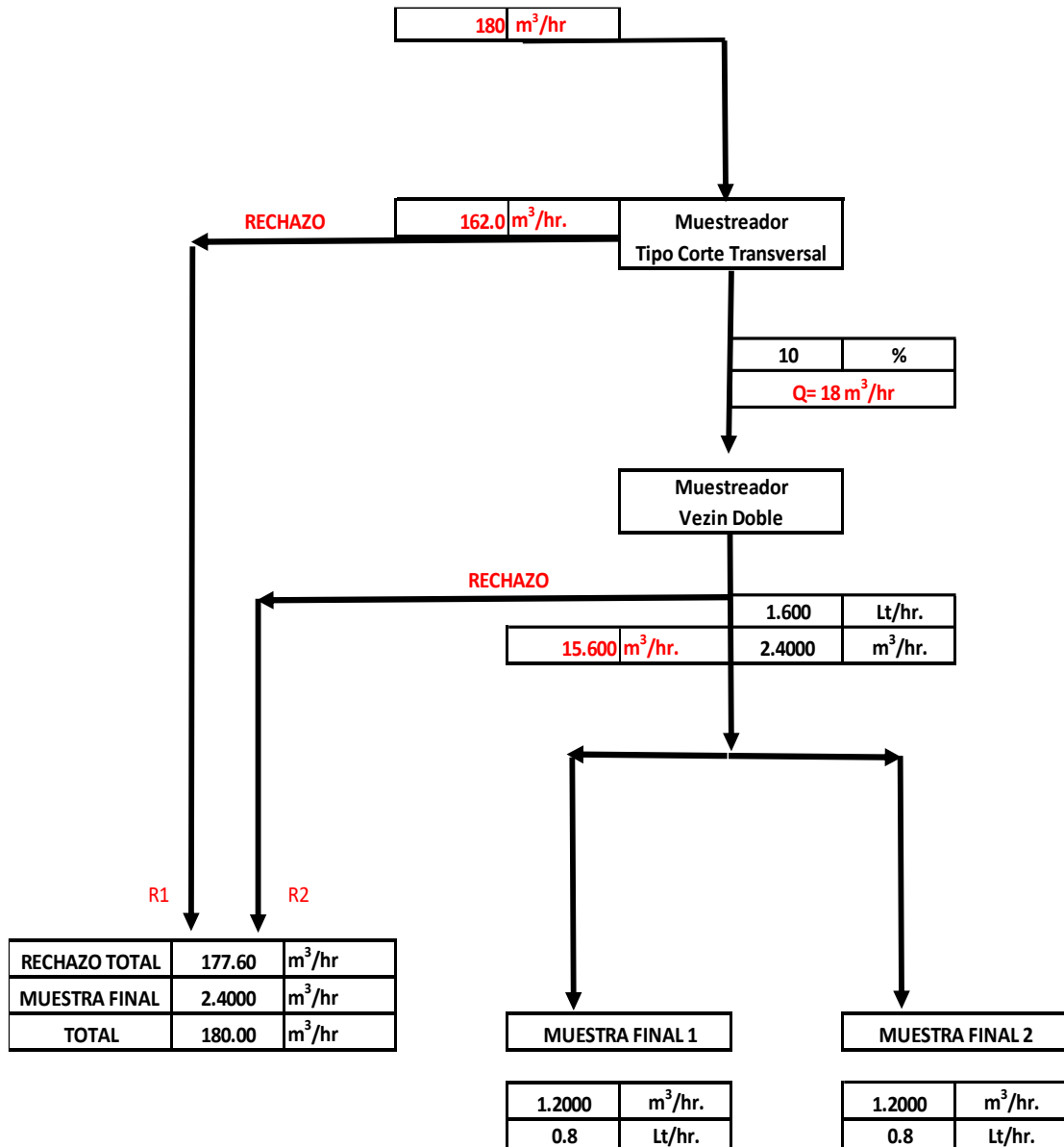


Figura 31. Balance de masa.

**Criterios de diseño.** La fase fundamental para un buen diseño es la del criterio de diseño, esta responsabilidad es obtenida de estudios, experiencia y a solicitud del cliente, para lo cual se plantea un diagrama de flujo de manera inicial y de acuerdo a esto se procede con los dimensionamientos de equipos, accesos a los equipos para inspección y



mantenimientos, seguridad para el operador, confiabilidad y disponibilidad para el proceso de recuperación de minerales.

Deberá de contemplarse la cantidad de equipos a instalar y cada equipo deberá contar con su listado de partes de recambio para mantenimiento.

### Diagrama de flujo

De las visitas técnicas y levantamiento de información se pudo plantear el diagrama de flujos con lo cual se realizó el desarrollo del sistema, obteniendo el resultado en la toma de muestra de 19.2 litros en una guardia de 12 horas.

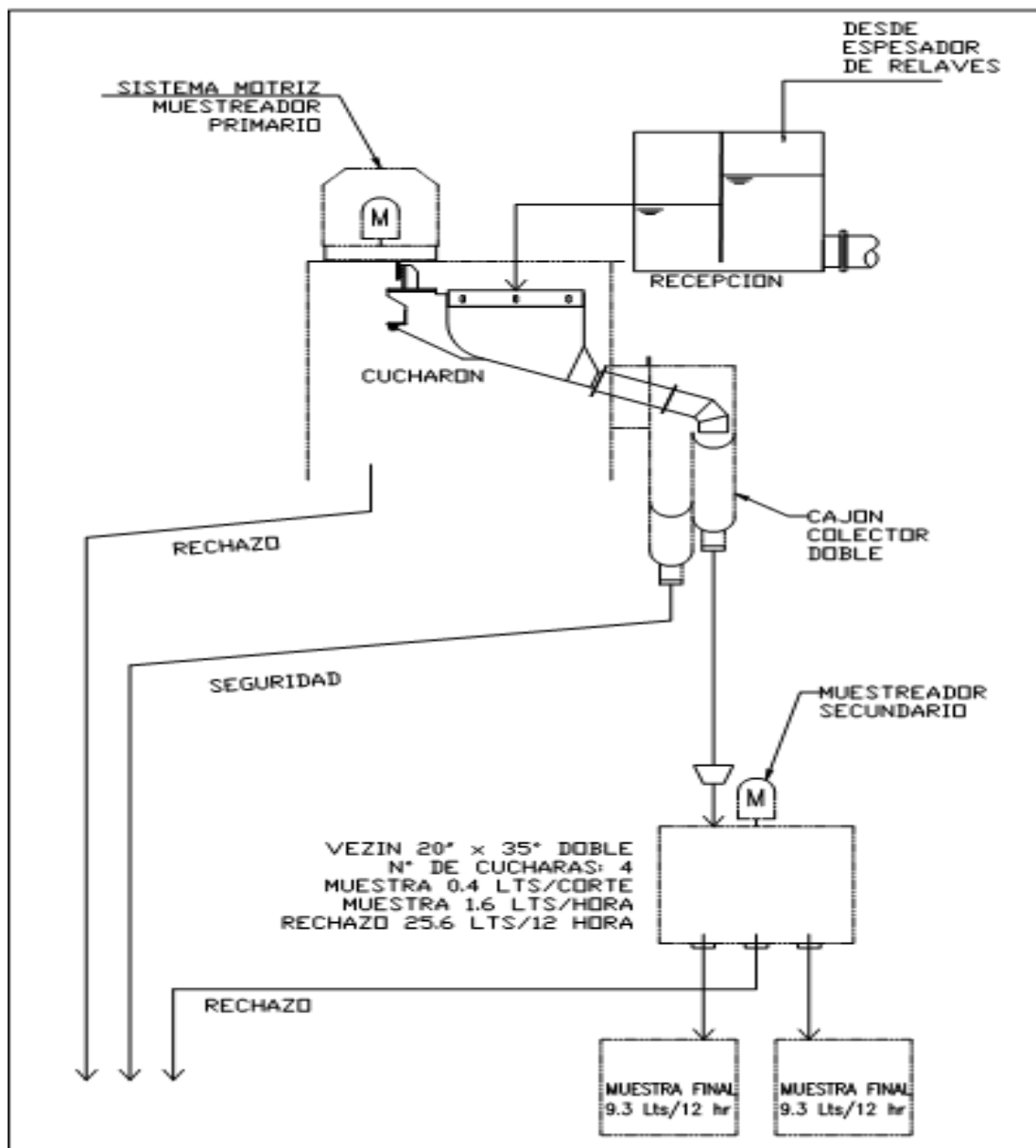


Figura 32. Diagrama de flujo.

La parte fundamental del diseño es el funcionamiento de todo el sistema y eso puede perdurar en el tiempo demostrando los resultados deseados.

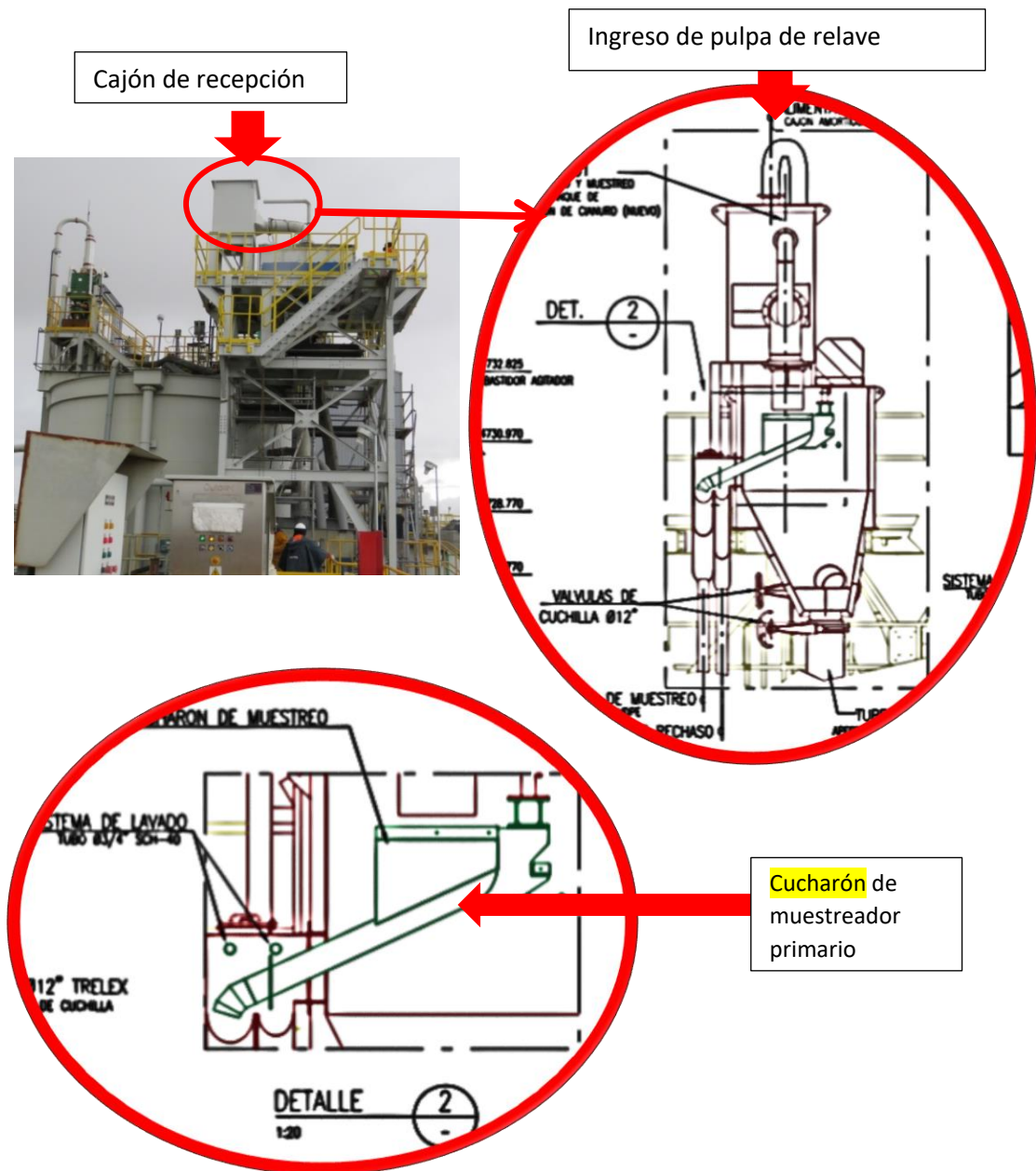


Figura 33. Proceso de muestreo. Adaptado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023

## Listado de equipos que se contemplan en el diseño

Es el conjunto de equipos implementados para que un sistema de muestreo que cumpla la función de recolectar muestra. Deberá tener como mínimo los siguientes equipos:

**Cajón amortiguador.** Este componente se encarga de recibir, homogenizar y descargar la pulpa hacia el sistema de muestreo. Para cumplir con las funciones de amortiguar u homogenizar en concentración, la caja cuenta con dos espacios como se muestra en la figura 27.

El primer compartimento actúa como área de recepción donde la pulpa es recibida, amortiguada, mezclada y homogeneizada en términos de concentración y distribución granulométrica. El segundo espacio funciona como área de descarga, donde la pulpa es entregada al sistema de muestreo.

Este sistema puede operar en tres escenarios: en la primera situación, durante la operación normal, donde el nivel de la pulpa en ambas cámaras es inferior a la altura del tabique; en la segunda situación, cuando hay una retención de pulpa en el sistema debido a un aumento repentino en el caudal de entrada o una obstrucción, lo que resulta en que el nivel de la pulpa supere la altura del tabique.

**Muestreador primario.** Para un muestreo representativo en pulpas se debe de contar con dos muestreadores automáticos, al inicio contar con un muestreador de trayectoria recta llamado primario, cuya función es recolectar muestra de la pulpa de forma transversal recorriendo en forma horizontal, y en cada pase por la descarga del cajón amortiguador recolecta un porcentaje de muestra.

**Cajón colector doble.** Es un cajón cuya función es separar la muestra neta con los excedentes que pudiera recolectar el exterior del cucharón, es por esa razón que tiene doble drenaje, una de ellas es la muestra y la otra es para restos de pulpa que son rechazo.

**Cajón de paso y apertura.** Es un cajón que es de paso que recibe la pulpa y está revestida con caucho natural para soportar la abrasión y darle mayor vida útil.

**Cajón de rechazo.** Es un cajón existente que ahora tiene la función de recibir los rechazos del sistema de muestreo y deriva la pulpa a la etapa de purificación y separación de pulpa y agua.

**Muestreador secundario.** Este muestreador es de doble capacho que su función es reducir la muestra a una cantidad representativa que es de 9.6 l/h por guardia de 12h.

**Recipiente de muestra final.** Es la parte final del sistema donde se divide en 2 recipientes y cada uno recibe la cantidad de 9.6 l/h en una guardia de 12 horas.

A continuación, se muestra la imagen de cómo fueron ubicados los equipos para tener un mejor entendimiento del sistema de muestreo en punto de relaves. Ver imagen 33.

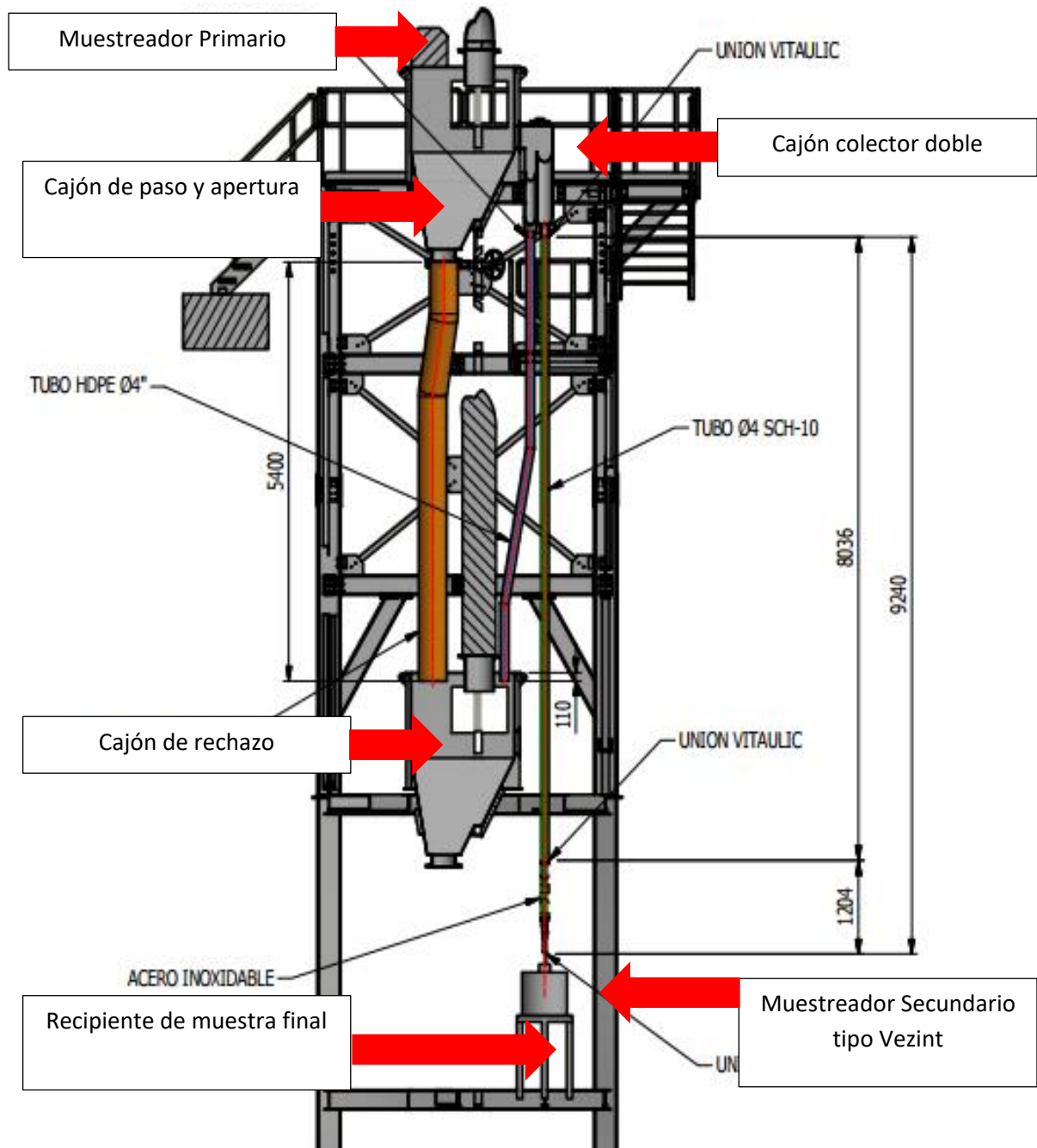


Figura 34. Montaje final del sistema de muestreo. Adaptado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

### 5.1.2. Memoria de cálculo estructural

Se elaboró la memoria de cálculo estructural de las partes fundamentales de soporte de acuerdo con los alcances y criterios de diseño que determinan las bases para el desarrollo de la ingeniería de detalle de las estructuras de acero del trabajo realizado donde se encuentra la estructura, transporte de material para muestreo, para el Proyecto de traslado de muestreador de relave en la Minera Unidad Operativa Inmaculada.

### 5.1.2.1. Código y normas aplicable a la memoria

Todos los diseños y especificaciones estructurales del proyecto actual han sido elaborados conforme a las siguientes normativas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y sus respectivas normas:
  - ✓ Norma Técnica de Edificación E-020 Cargas.
  - ✓ Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismorresistente.
  - ✓ Norma Técnica de Edificación E-090 Diseño en Estructuras Metálicas.
  - ✓ Código del ACI American Concrete Institute.
  - ✓ American Institute of Steel Construction: ASD– 89.
  - ✓ Manual of Steel Construction Allowable Stress Design. Ninth Edición, 1989.
  - ✓ AISC Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, 1992.
  - ✓ AWS- American Welding Society, Structural Welding Code D1.1
- Aplicando datos del acero estructural:
  - ✓  $F_y = 36$  ksi Elementos Estructurales tipo C y L y perfiles de acero tipo A36.
    - Resistencia a la tracción  $4080-5620\text{kg/cm}^2$
    - Límite de fluencia  $2530\text{kg/cm}^2$
  - ✓ Pernos de conexión ASTM A325, con diámetro mínimo de  $\frac{3}{4}$ " , tipo de conexión N,  $f_v=21\text{ksi}$ ,  $f_t = 44\text{ksi}$ .
  - ✓ Soldaduras aplicadas:
    - $F_u = 70\text{ksi}$  Electrodo E70XX
  - ✓ Esquema general.

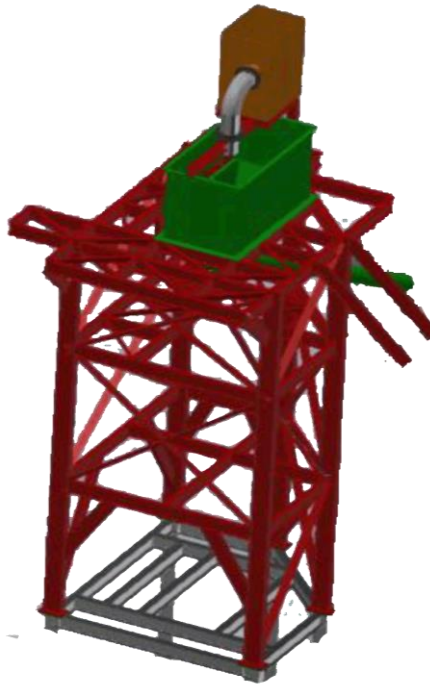


Figura 35. Esquema general de la estructura. Adaptado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

### 5.1.2.2. Cargas aplicadas

#### a) Cargas muertas peso propio de las estructuras (D)

Se ha considerado el peso propio de los perfiles metálicos:

- Peso de cajón de muestreo y cajón amortiguador : 6t.
- Peso de muestreador secundario : 2.4t.
- Peso de cajón de paso existente : 4t.
- Peso de tanque de agitación : 6t.
- Peso específico = 7850 kg/m<sup>3</sup>.
- Material = ASTM A36
- Estructura D = 18.4t.

#### b) Cargas vivas (L)

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E-20:

- Equipos en movimiento: 300kg/m<sup>2</sup>

#### c) Cargas de viento (W)

Para el análisis de la acción eólica en la estructura se tomarán las condiciones establecidas en la NORMA PERUANA E.020 – CARGAS:

Según el mapa eólico del Perú correspondiente al anexo 2 de dicha norma, la velocidad máxima que va de acuerdo con la zona de ubicación de la edificación es de 90 km/h.

Tabla 4. Factores de forma (C)\*

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados y elementos con una dimensión corta en la dirección del viento.	+1.5	
Tanque de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica.	+0.7	
Tanque de agua, chimeneas y otros de sección circular o rectangular.	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°.	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos.	+0.3 +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°.	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical.	+0.8	-0.6

Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas)  
paralelas a la dirección del viento.

-0.7

-0.7

*Nota.* \* El signo positivo indica presión y el negativo succión. Adaptado de Normas técnicas estructurales E020.

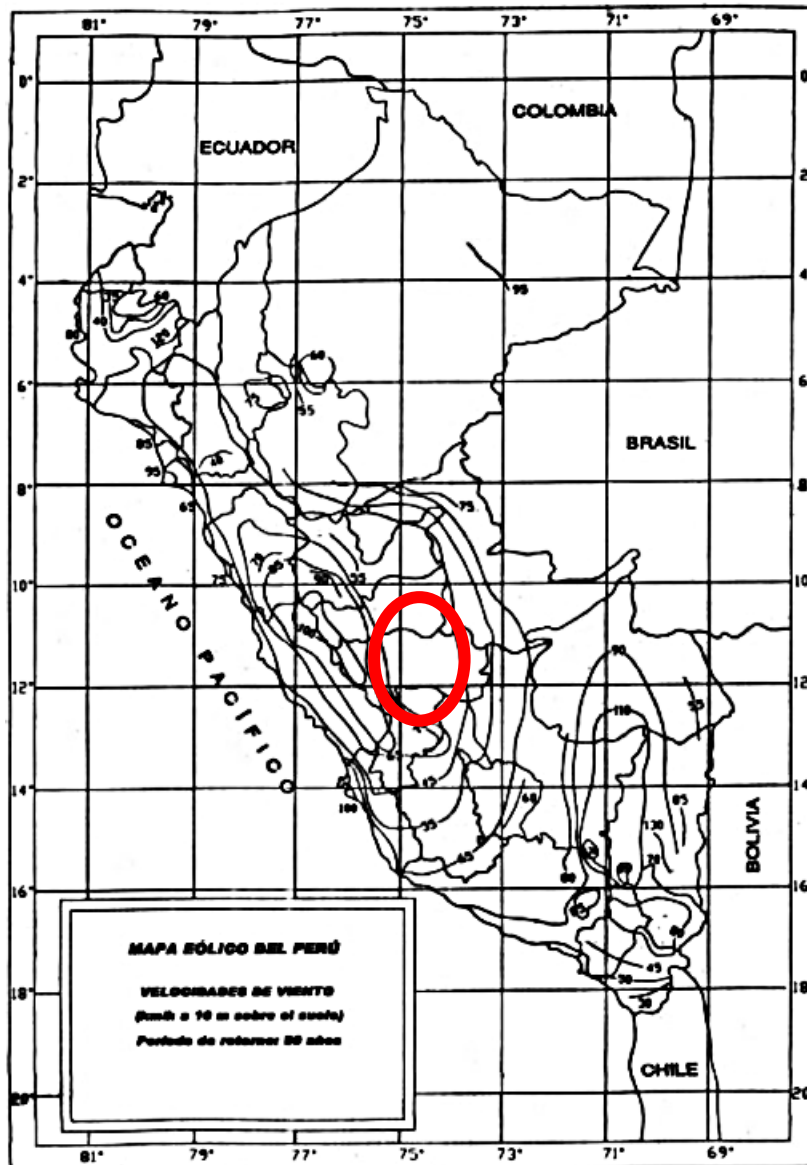


Figura 36. Mapa eólico del Perú. Adaptado de Normas técnicas estructurales E020.

#### d) Cargas de nieve (S)

A más de 3000msnm será diseñadas para una sobrecarga de nieve de un peso específico no menos de  $150\text{kg/cm}^3$  y un espesor no menor de 30cm

$S = 150 \times 30 = 45 \text{ kg/m}^2$ .

**e) Carga sísmica (SDX-SDY)**

Para el desarrollo del análisis estructural se realizó un análisis dinámico.

**f) Cargas de sismo:**

Son definidas como las fuerzas estáticas horizontales y verticales que se definen como las cargas dinámicas resultantes del movimiento del suelo durante un sismo.

El análisis de las cargas de sismo se llevará a cabo de acuerdo con la Norma NTE-E030 de diseño sismo resistente.

Los siguientes son los parámetros y la nomenclatura a ser utilizadas en la evaluación de las fuerzas sísmicas:

Factor de zona	: $Z = 0.4$
Factor de suelo	: $S = 1.2$
Período predominante de vibración	: $T_p = 0.6 \text{ s}$
Factor de uso, según el tipo de edificación	:
Estructuras esenciales	: $U = 1.3$
Factor de amplificación sísmica	: $C = 2.5(T_p/T) \leq 2.5$

Donde, "T" es el periodo fundamental de la estructura.

Factor de Reducción sísmica, según el tipo de sistema estructural: El coeficiente de reducción para las cargas sísmicas (R) se determinará según el tipo de sistema estructural.

Para la estructura de la viga que sostiene la faja, se emplea un valor de  $R = 6.5$ .

Si el sistema estructural a analizar no está especificado en la Norma NTE-E030, se utilizarán los valores establecidos en el Uniform Building Code de la Conferencia Internacional de Oficiales de Construcción.

$$V = Z U S C \cdot P R$$

Espectro de diseño: Espectro de aceleraciones:

$$S_a = \frac{Z \times U \times \min\left(2.5 \times \frac{T_p}{T}, 2.5\right) \times S}{R} \times g$$



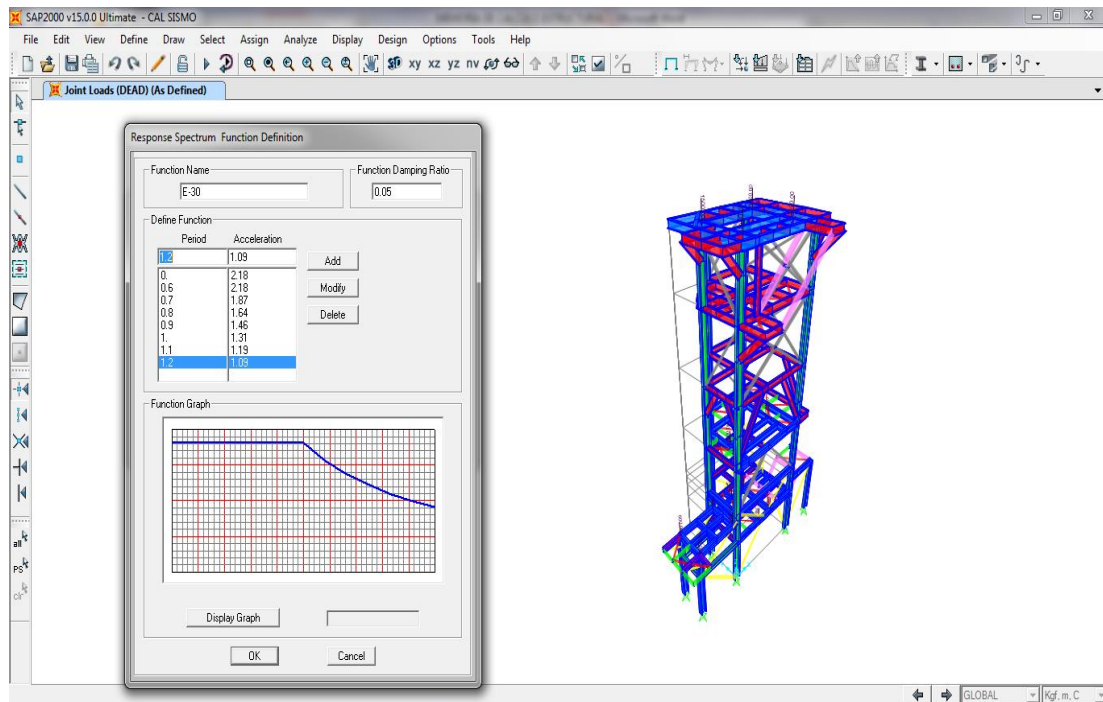


Figura 37. Modelamiento en el Software. Adaptado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

#### g) Combinaciones de carga

Puesto que la estructura va a estar sometida a diversas cargas durante su vida útil, a continuación, se muestran las combinaciones consideradas para el diseño de la estructura:

- D : Carga muerta
- L : Carga viva
- W : Carga de viento
- S : Carga de nieve
- SDX : Carga sismo dirección eje X
- SDY : Carga sismo dirección eje Y

La norma usada es la AISC - ASD - 89.

Las combinaciones son las siguientes:

- Comb. 1 = 1.4D
- Comb. 2 = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 S
- Comb. 3 = 1.2 D + 1 L + 0.5 S + 1 W
- Comb. 4 = 1.2 D + 1 L + 1.6 S
- Comb. 5 = 1.2 D + 1 L + 0.5 S - 1 W

Comb. 6	=	1.2 D + 1.6 S + 0.5 W
Comb. 7	=	1.2 D + 1.6 S - 0.5 W
Comb. 8	=	0.9 D + 1 W
Comb. 9	=	0.9 D - 1 W
Comb. 10	=	1.3 D + 1 L + 0.2 S + 1 SDX
Comb. 11	=	1.3 D + 1 L + 0.2 S - 1 SDX
Comb. 12	=	1.3 D + 1 L + 0.2 S + 1 SDY
Comb. 13	=	1.3 D + 1 L + 0.2 S - 1 SDY
Comb. 14	=	0.8 D + 1 SDX
Comb. 15	=	0.8 D - 1 SDX
Comb. 16	=	0.8 D + 1 SDY
Comb. 17	=	0.8 D - 1 SDY

### 5.1.2.3. Análisis estructural

#### a) Cargas

Se diseña de acuerdo a las cargas calculadas y se analiza de acuerdo al modelo.

#### b) Carga muerta

Las cargas muertas contempladas incluyen el peso propio de los elementos estructurales y de los equipos, como el muestreador primario, el muestreador secundario y el cajón amortiguador.

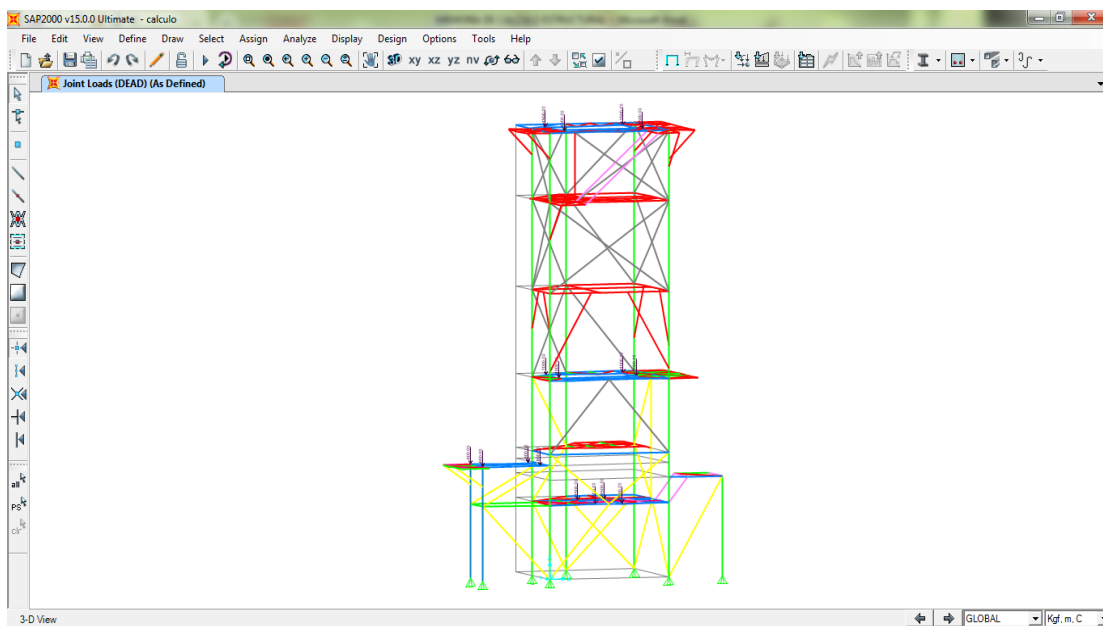


Figura 38: Diagrama de análisis. Fuente: Modelamiento en el Software.

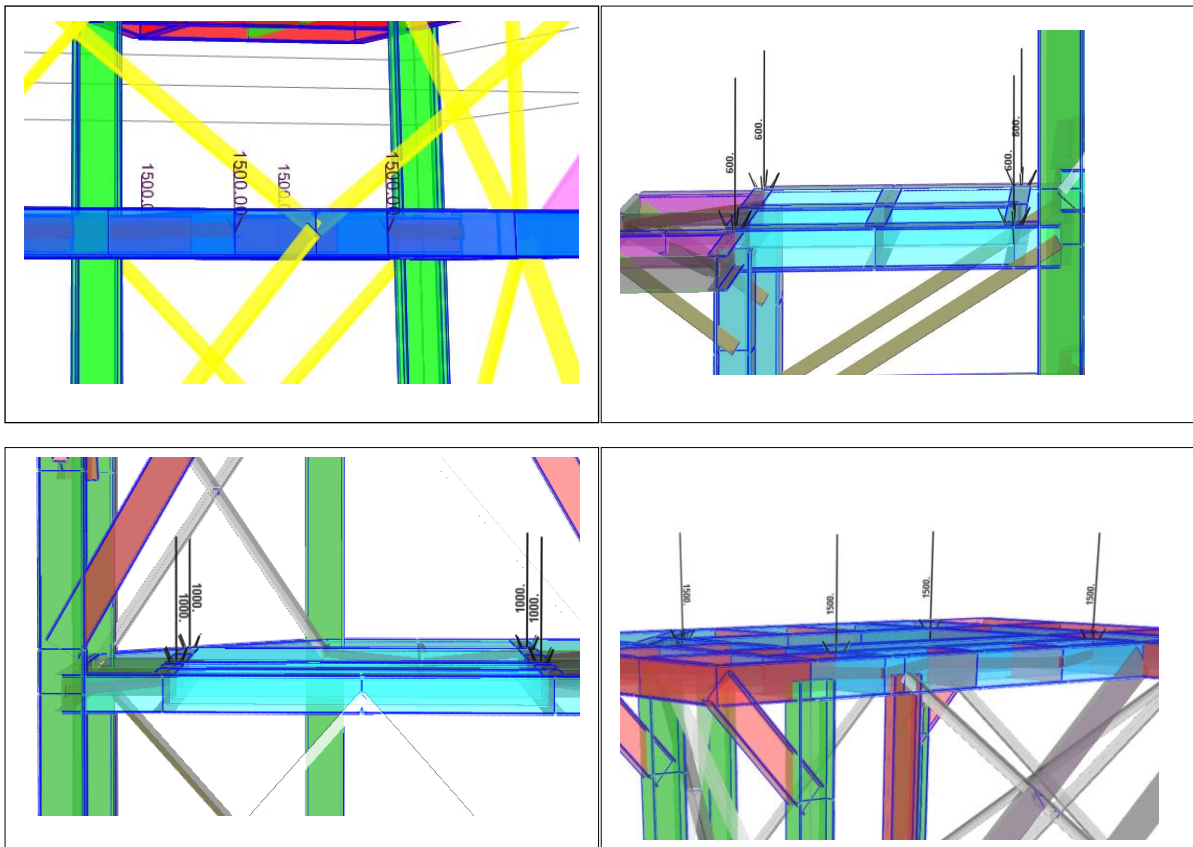


Figura 39. Asignación de carga muerta (D). Fuente: Modelamiento en el Software.

### c) Carga viva

Carga viva según el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú E-20.

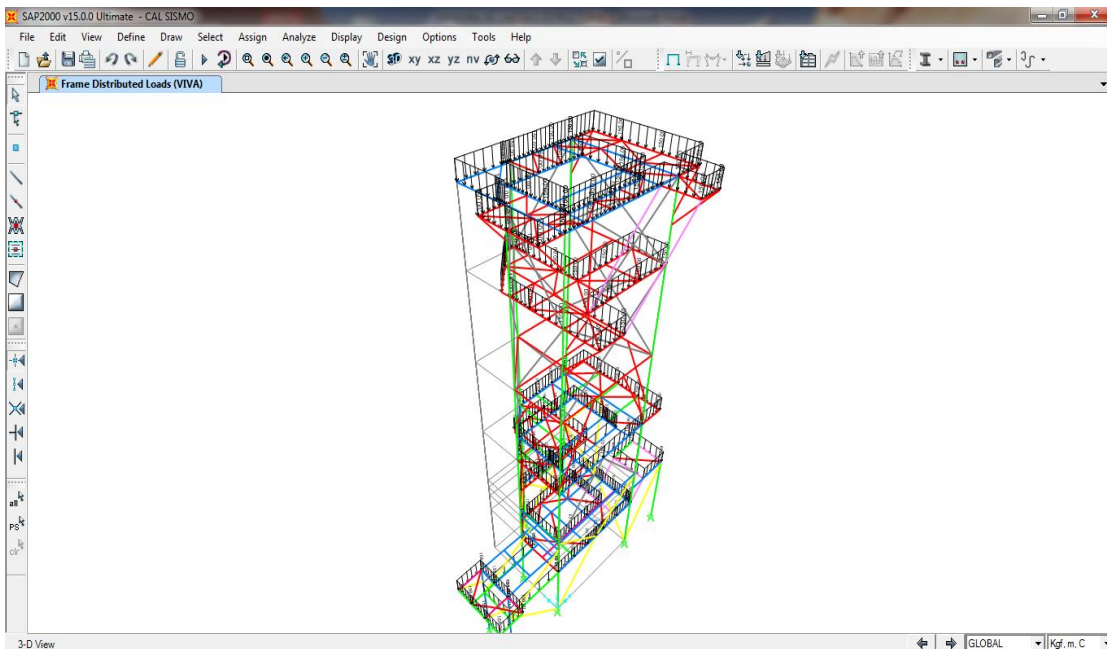


Figura 40. Asignación de carga viva. (L). Fuente: Modelamiento en el Software.

#### d) Carga del viento

De acuerdo al mapa eólico del Perú

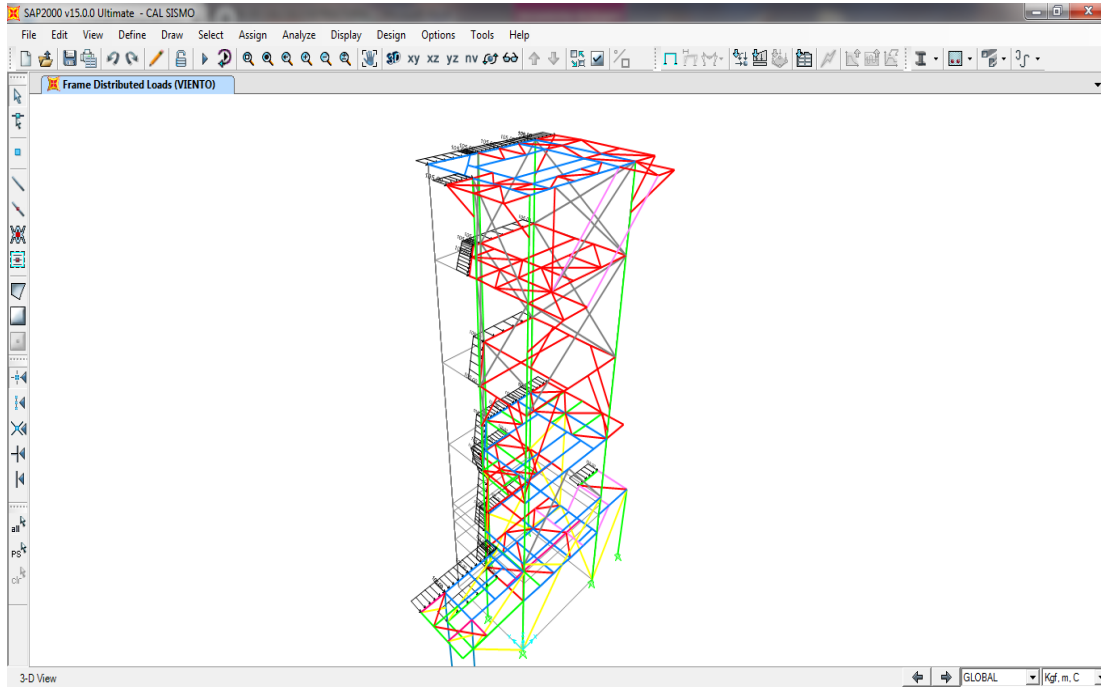


Figura 41. Asignación de carga viva. (W). Fuente: Modelamiento en el Software.

#### e) Carga de nieve

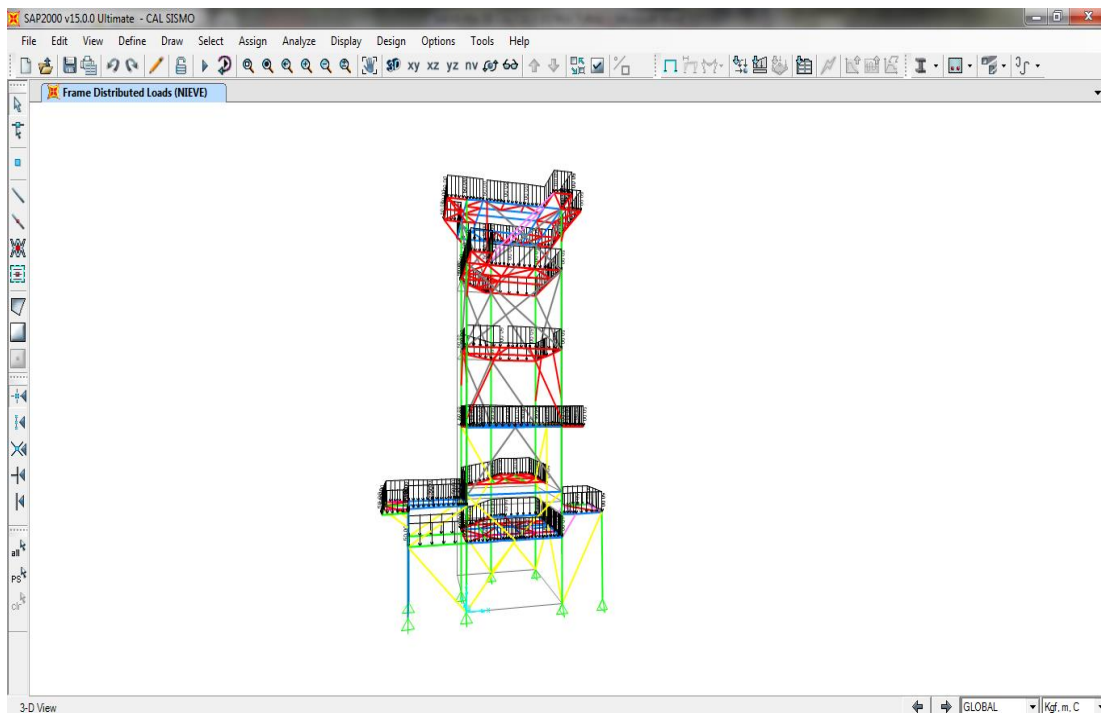


Figura 42. Asignación de carga de nieve. (s). Fuente: Modelamiento en el Software.

**f) Carga de sismo**

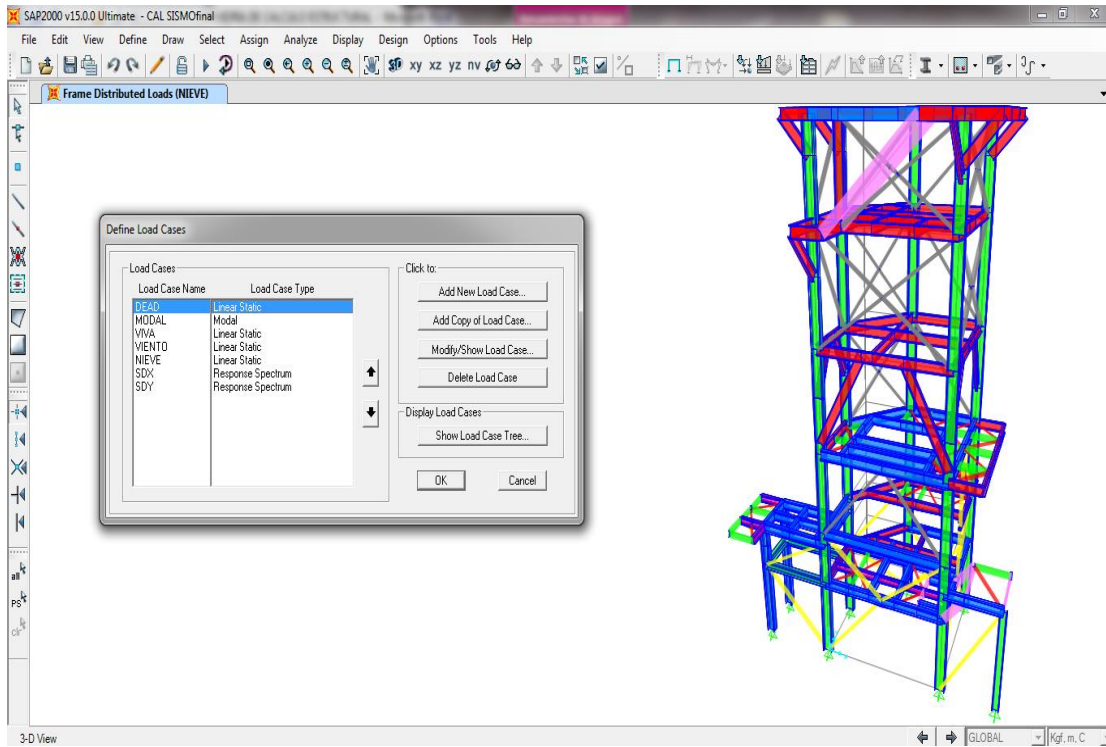


Figura 43. Asignación de carga de sismo. (SDX-SDY). Fuente: Modelamiento en el Software.

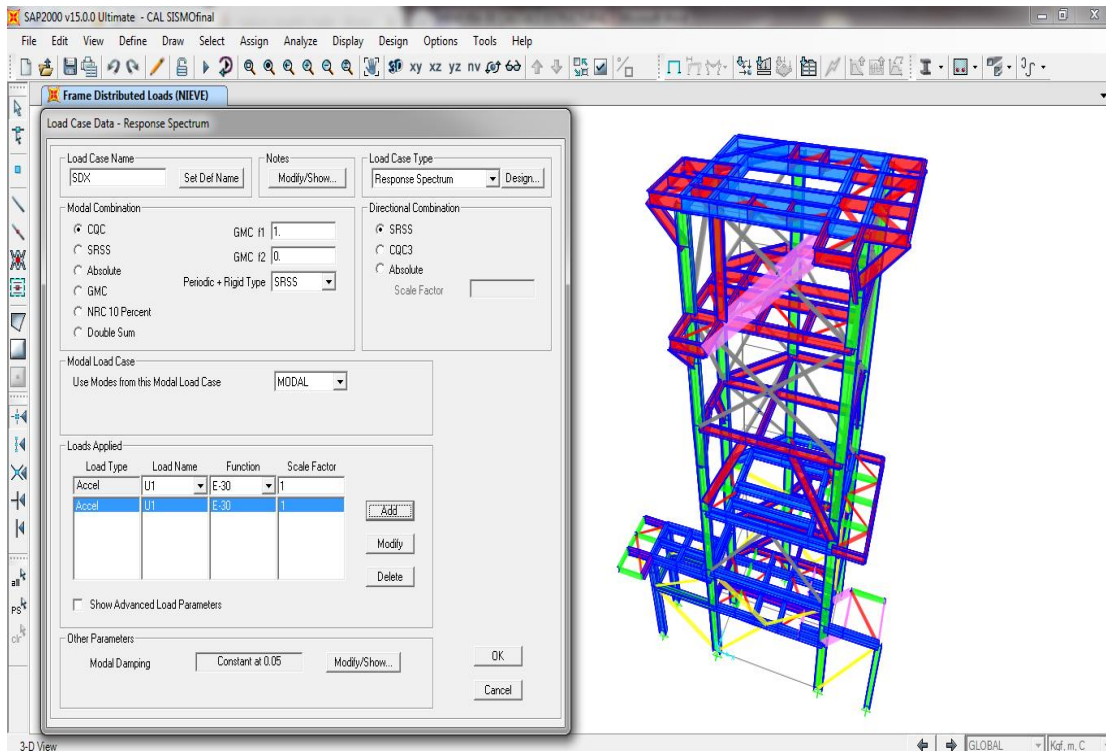


Figura 44. Asignación de carga de sismo dirección. Eje (SDX). Fuente: Modelamiento en el Software.

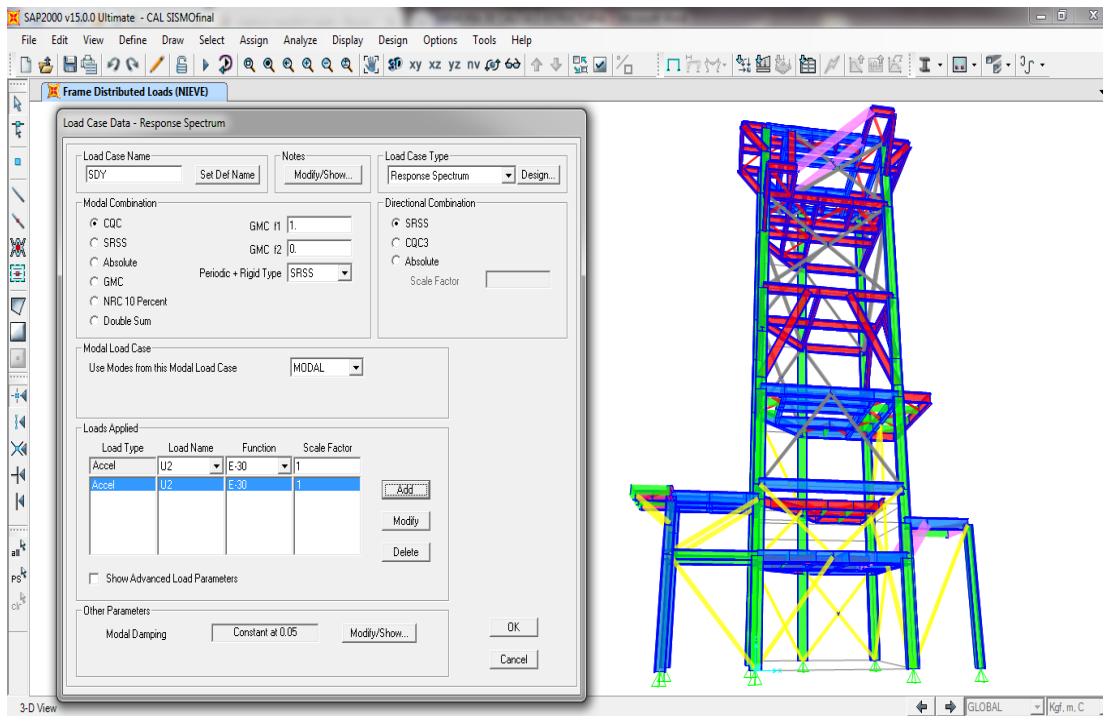


Figura 45. Asignación de carga de sismo dirección. Eje (SDY). Fuente: Modelamiento en el Software.

#### 5.1.2.4. Diseño de la estructura

Para el análisis y el diseño de la estructura se utilizó el programa: SAP2000 V.15. dada la interacción de la estructura metálica donde se desarrolla el desplazamiento de los elementos de tracción, compresión y momentos flectores, se realizó el análisis con sus cargas respectivas.

Para la definición de la estructura metálica se ha considerado todos los puntos de apoyo de la base de las columnas metálicas, las vigas metálicas.

Obteniéndose resultados con ratios óptimos de la estructura metálica del proyecto “Traslado de Muestreador de Relave”.

### a) Diagrama de momentos

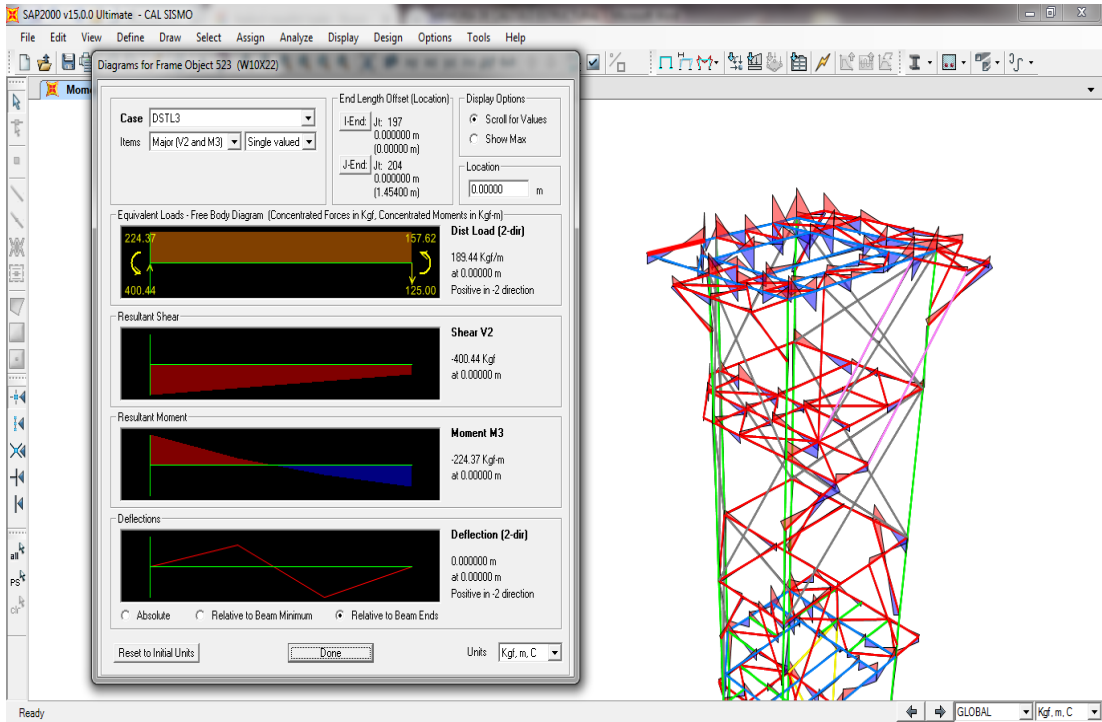


Figura 46. Diagrama de momentos flectores. Fuente: Modelamiento en el Software.

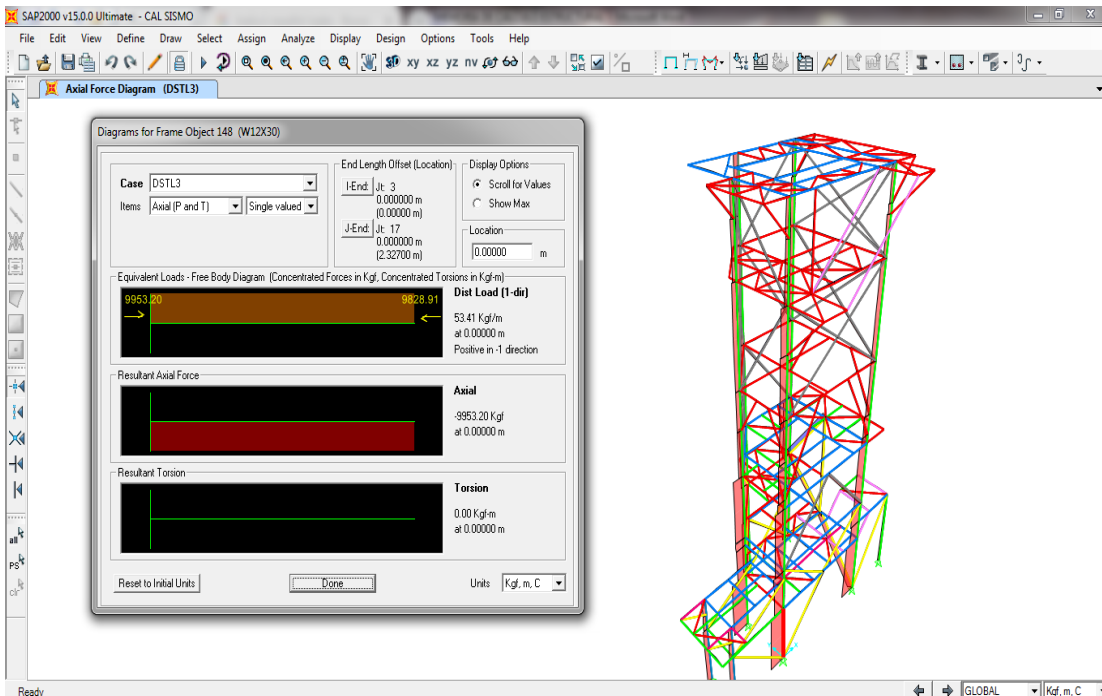


Figura 47. Diagrama de fuerzas axiales. Fuente: Modelamiento en el Software.

**b) Resultados de los ratios de la estructura del proyecto Traslado de Muestreador de Relaves.**

- Estructura metálica – reacciones en los apoyos

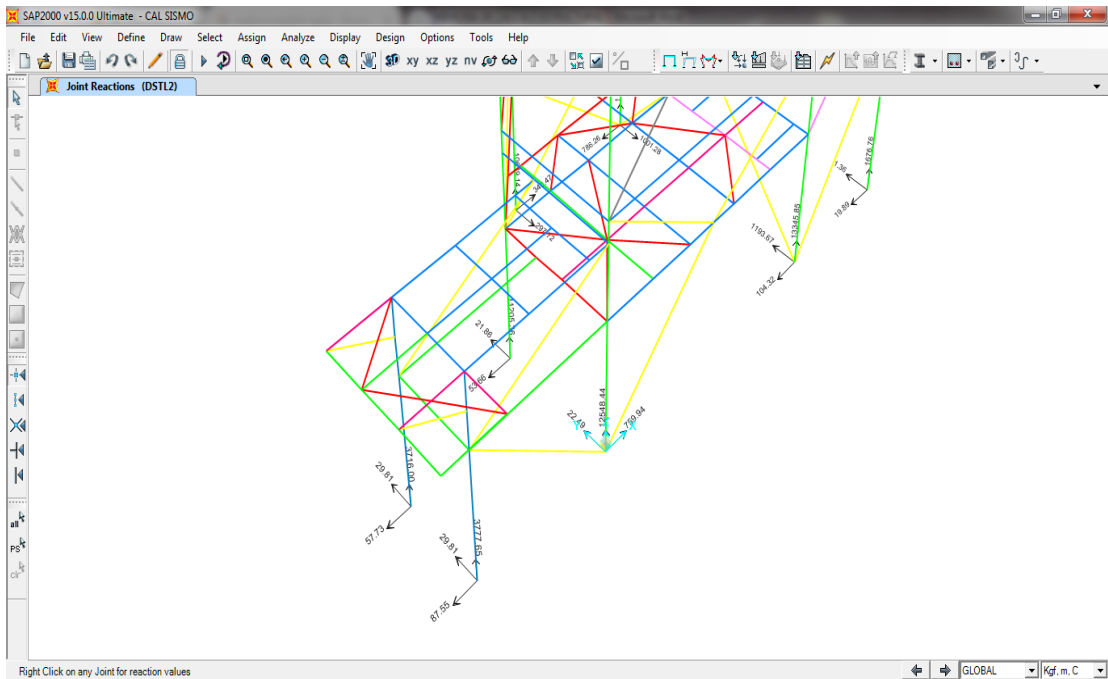


Figura 48. Diagrama de fuerzas en las bases de las columnas. Fuente: Modelamiento en el Software.

- Ratio de la estructura metálica  
✓ Estructura metálica – ratio optimo

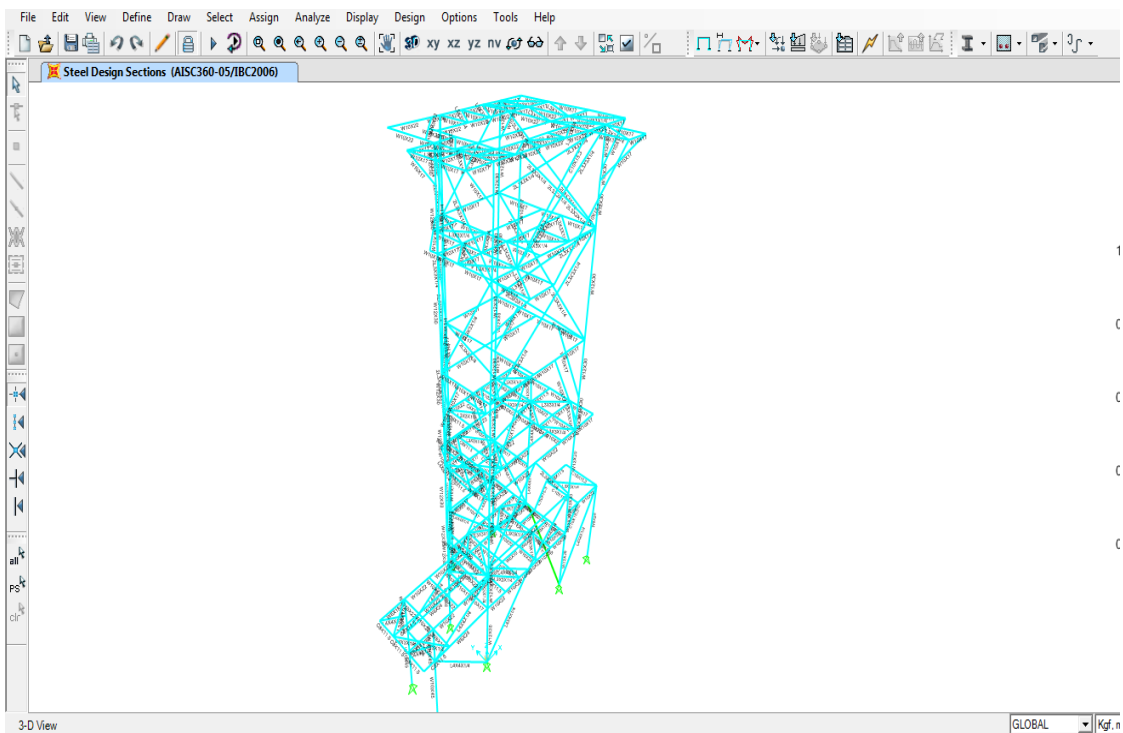




Figura 49. Ratio óptimo de la estructura. Fuente: Modelamiento en el Software.

✓ Estructura metálica - Columnas

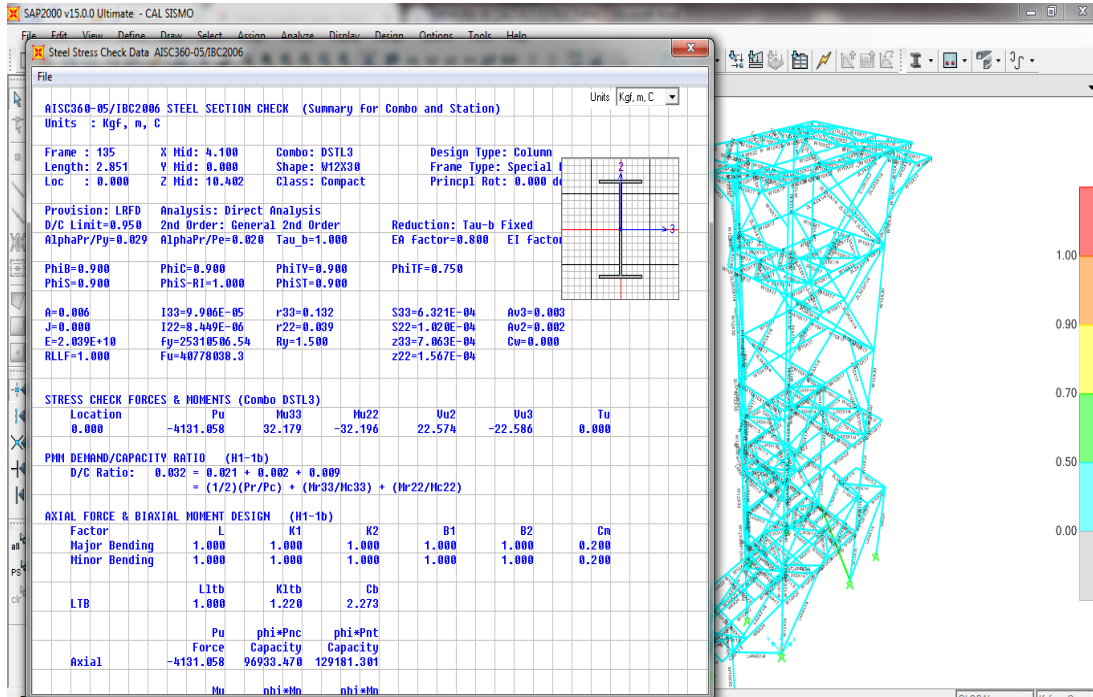


Figura 50. Ratio óptimo Columnas Metálicas W12" x 30 lbs. Fuente: Modelamiento en el Software.

✓ Estructuras metálicas – Vigas

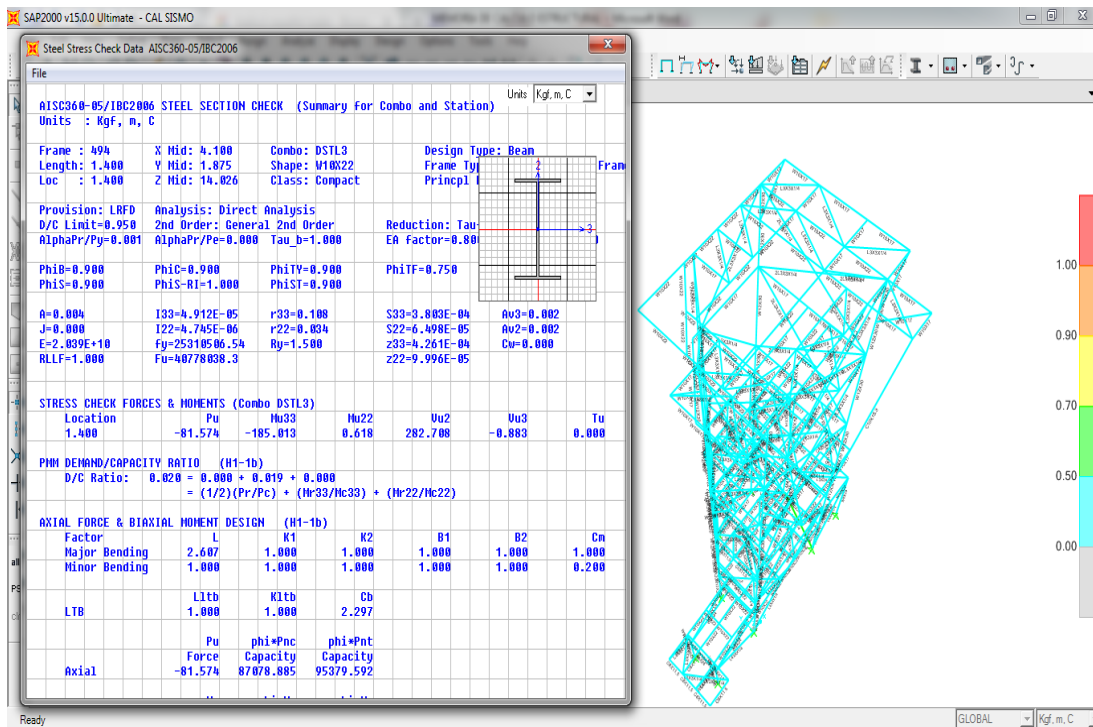


Figura 51. Ratio óptimo vigas metálicas W10" x 22 lbs. Fuente: Modelamiento en el Software.

✓ Estructuras metálicas – Vigas

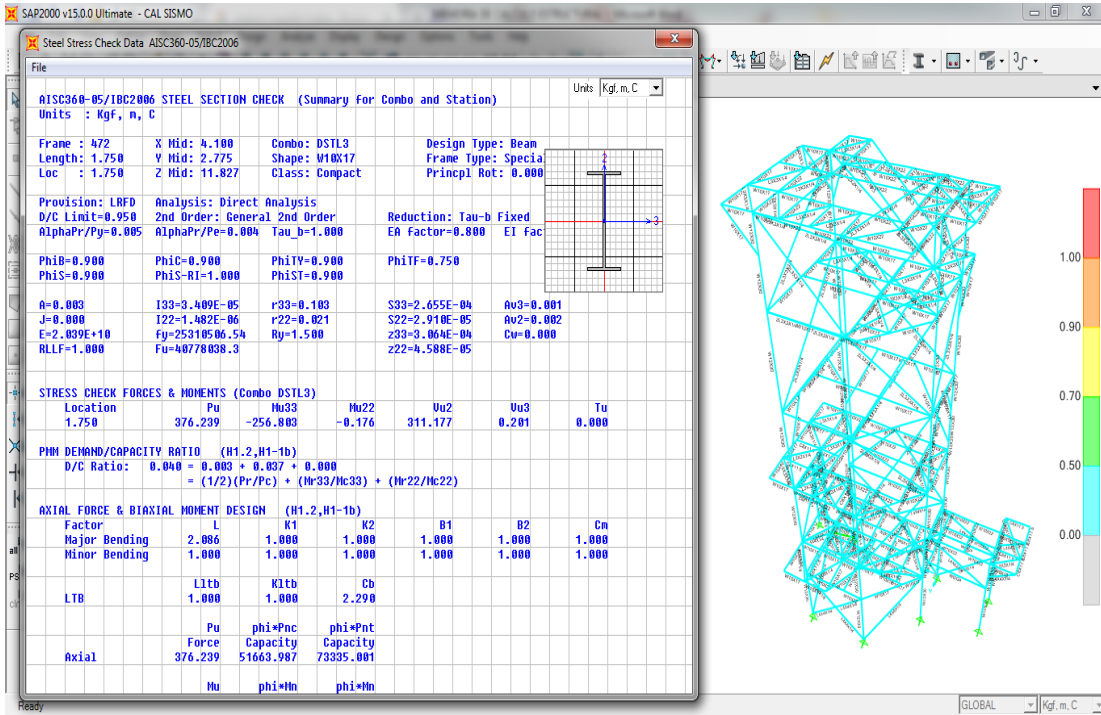


Figura 52. Ratio óptimo vigas metálicas W10" x 17 lbs. Fuente: Modelamiento en el Software.

✓ Estructura metálica – Arriostres

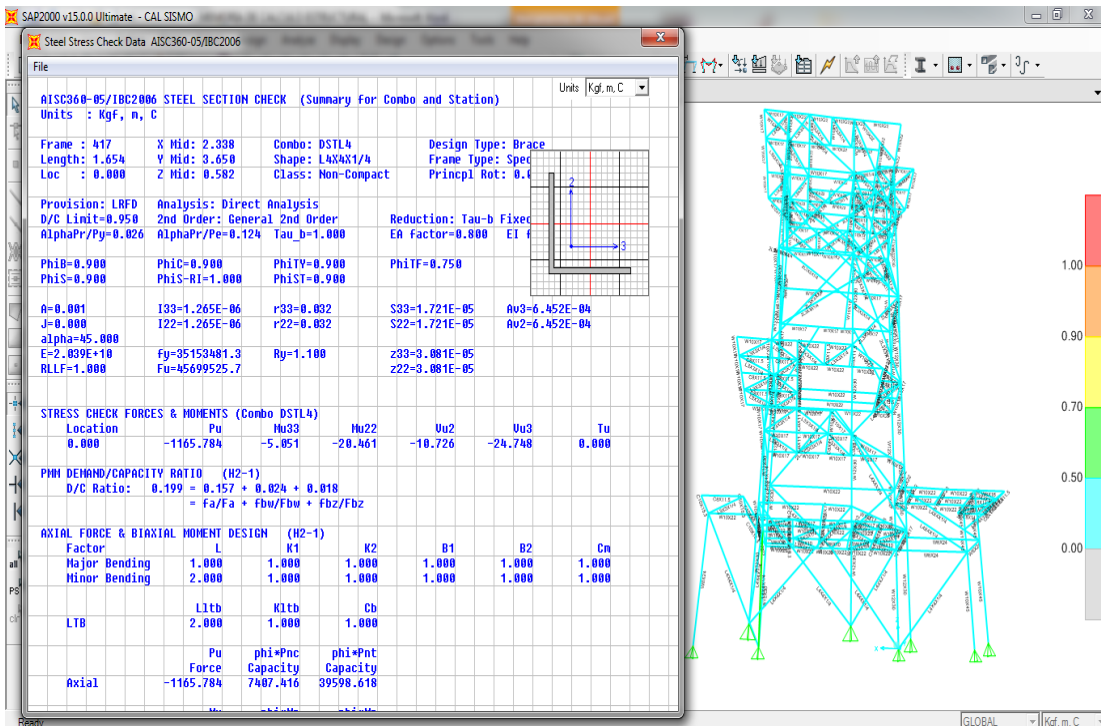


Figura 53. Ratio óptimo de arriostre L4"x4"x1/4". Fuente: Modelamiento en el Software.

✓ Estructura metálica – Arriostres

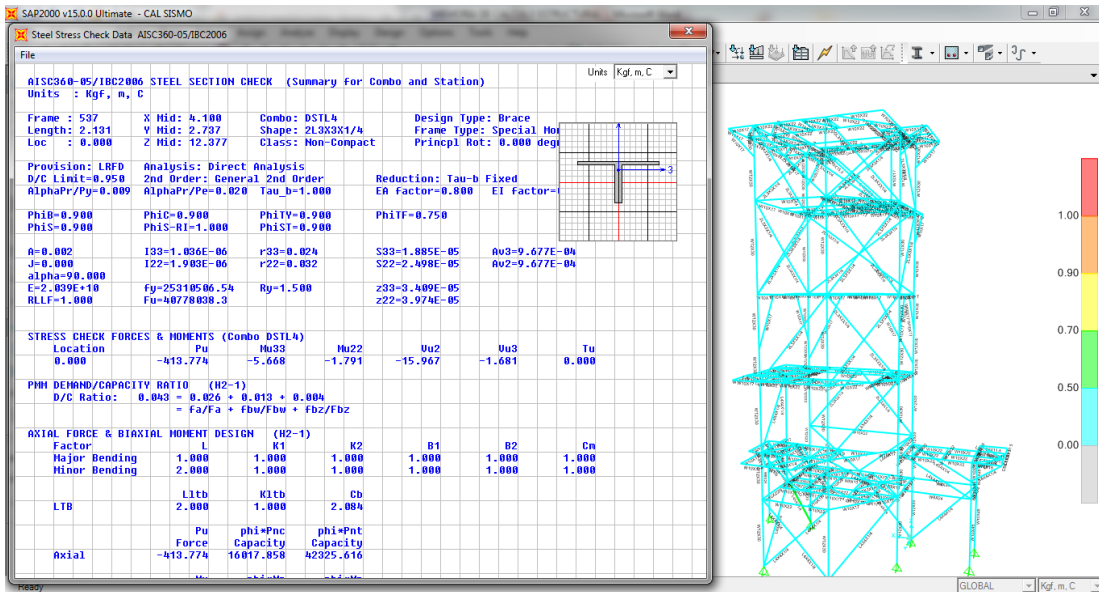


Figura 54. Ratio óptimo de arriostre 2L 3"x3"x1/4". Fuente: Modelamiento en el Software.

### 5.1.2.5. Resumen del diseño estructural

- Los elementos estructurales calculados en el programa SAP V. 2015 cumplen con los Ratios correspondientes, siendo estos óptimos y son los siguientes:
- Para la estructura metálica se define como sigue:

Columnas	W 12"x30 lbs
Vigas	W 10"x22 lbs
Vigas	W 10"x17 lbs
Arriostres	2L 3"x3"x1/4"
Arriostres	L4"x4"x1/4"

Y otros elementos de la estructura existentes.

- Los elementos mencionados cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- En el diseño no se consideran vibraciones externas que no sean de los mismos equipo y estructuras calculadas.

### 5.1.2.6. Estimación de vida útil

Los dimensionamientos de las estructuras siempre se consideran con una vida útil, para ello se recomienda los siguientes criterios:

- **Calidad del diseño arquitectónico.** Parte fundamental de todo diseño que considera todos los aspectos, como pasadizos, accesos, comodidad para mantenimiento de equipos y sobre todo que cumpla con la normativa.
- **Calidad de los materiales.** Si los materiales no son de buena calidad existirá la probabilidad de tener errores de funcionamiento a corto plazo, es por eso que se tiene que considerar los materiales adecuados.
- **Tipo de medio ambiente.** La compañía minera está ubicada a más de 4800 msnm, este clima seco 80% favorece a los componentes metálicos de no corroerse con facilidad y a la vez las estructuras cuentan con una protección superficial que se aplica, que son pinturas epoxicas y acabados con pinturas poliuretano; estas pinturas evitan la corrosión y esto le dará un mayor porcentaje de vida útil.
- **Calidad de mano de obra.** Los clientes solicitan siempre la mano de obra calificada para dar la garantía de que todos los componentes estén hechos con la mano calificada de calidad.
- **Uso que se le dará a la estructura y equipos.** El tipo de uso se considera al inicio del diseño y se emplea los materiales de acuerdo al uso que se le dará a las estructuras y no se recomienda dar otra aplicación.

### 5.1.3. Plan de mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones llevadas a cabo para preservar un activo en funcionamiento de acuerdo con su propósito o diseño inicial. El objetivo del mantenimiento es asegurar la preparación y confiabilidad necesarias para que el activo desempeñe su función prevista de manera efectiva, cumpliendo con los estándares de calidad, incluyendo los ambientales y de seguridad, para lograr el máximo beneficio global.

Para determinar un buen mantenimiento de los equipos primero se deberá de identificar con los componentes de cada equipo crítico que conforma el sistema de muestreo.

- **Muestreador primario**

Tabla 5. *Listado de componentes del muestreador primario*

Listado de parte muestreador primario		
Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Base de muestreador
2	1	Cubierta
3	1	Carro
4	4	Rueda de carro
5	2	Limitador de carrera (sensor inductivo)
6	1	Sprocket del reductor
7		Motor reductor
8	5	Soporte riel

---

9	1	Conjunto sprocket intermedio
10	1	Cadena de rodillos
11	11	Riel guía carro
12	1	Caja de conexión eléctrica
13	1	Tornillo tensor
14	1	Conjunto sprocket tensor
15	2	Conjunto sello
16	1	Pasador cadena
17	1	Guía pasador cadena
18	1	Eje sprocket tensor
19	1	Soporte sprocket tensor
20	2	Soporte limitador
21	1	Soporte sprocket intermedio
22	1	Base motor

---

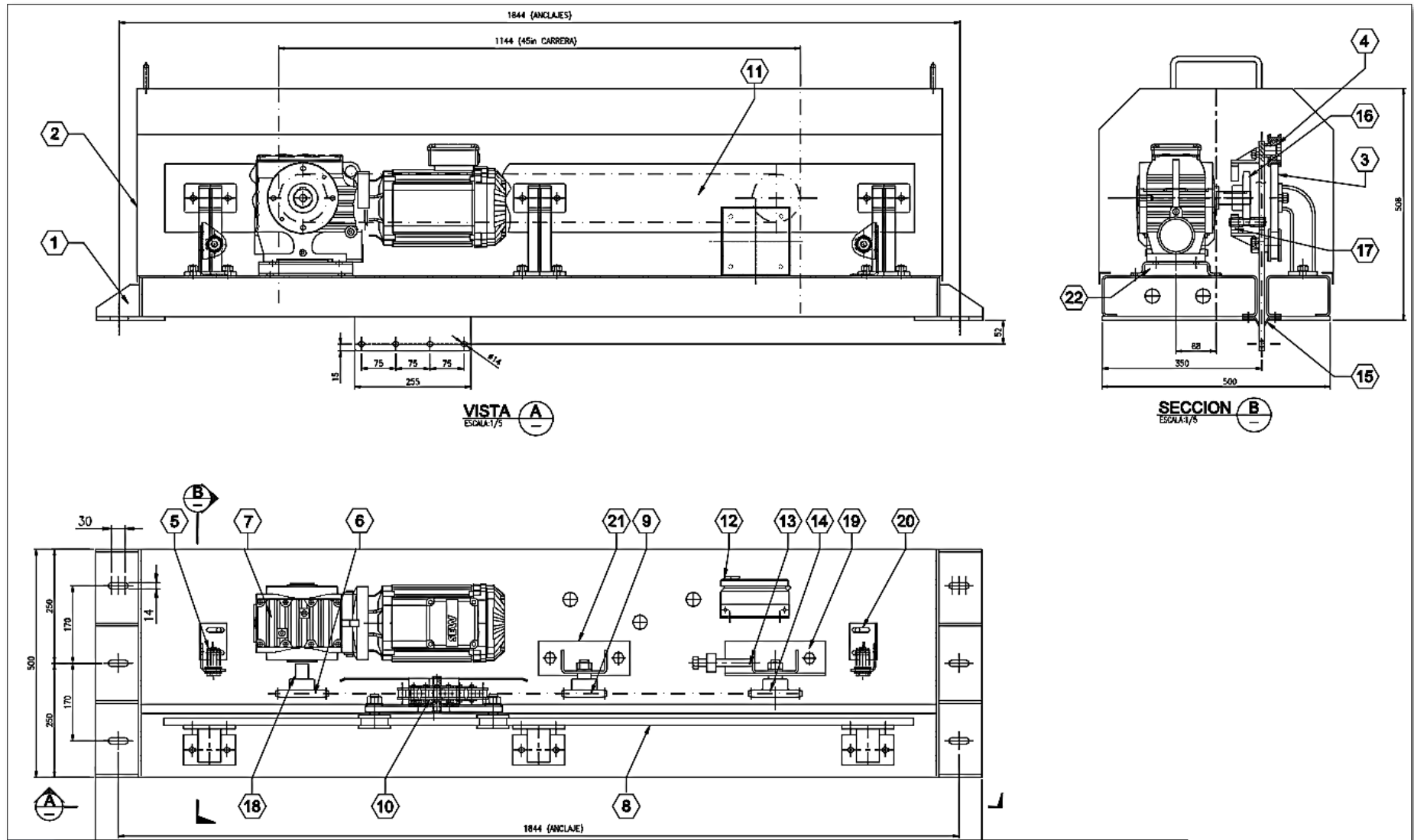


Figura 55. Identificación de componentes del muestreador primario

- **Muestreador secundario**

Tabla 6. *Listado de componentes del muestreador secundario*

<b>Listado de parte muestreador secundario</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	1	Sistema eje conducido
2	1	Base sistema eje conducido
3	1	Ducto de entrada
4	1	Base motor reductor
5	1	Motor reductor
6	1	Eje motriz
7	2	Piñón motriz
8	1	Separador
9	1	Acople árbol central motriz
10	1	Árbol central motriz
11	4	Cucharas - Abertura 10mm
12	1	Sistema de lavado
13	1	Tapa inspección lateral
14	1	Carcasa principal
15	1	Tapa inspección superior
16	1	Cubierta motor y cadena
17	1	Accionador limitador
18	1	limitador inductivo
19	1	Cadena transmisión
20	1	Conjunto sistema tensor
21	1	Perno tensor
22	1	Cubierta superior
23	3	Piñón inversor de giro
24	1	Árbol central conducido

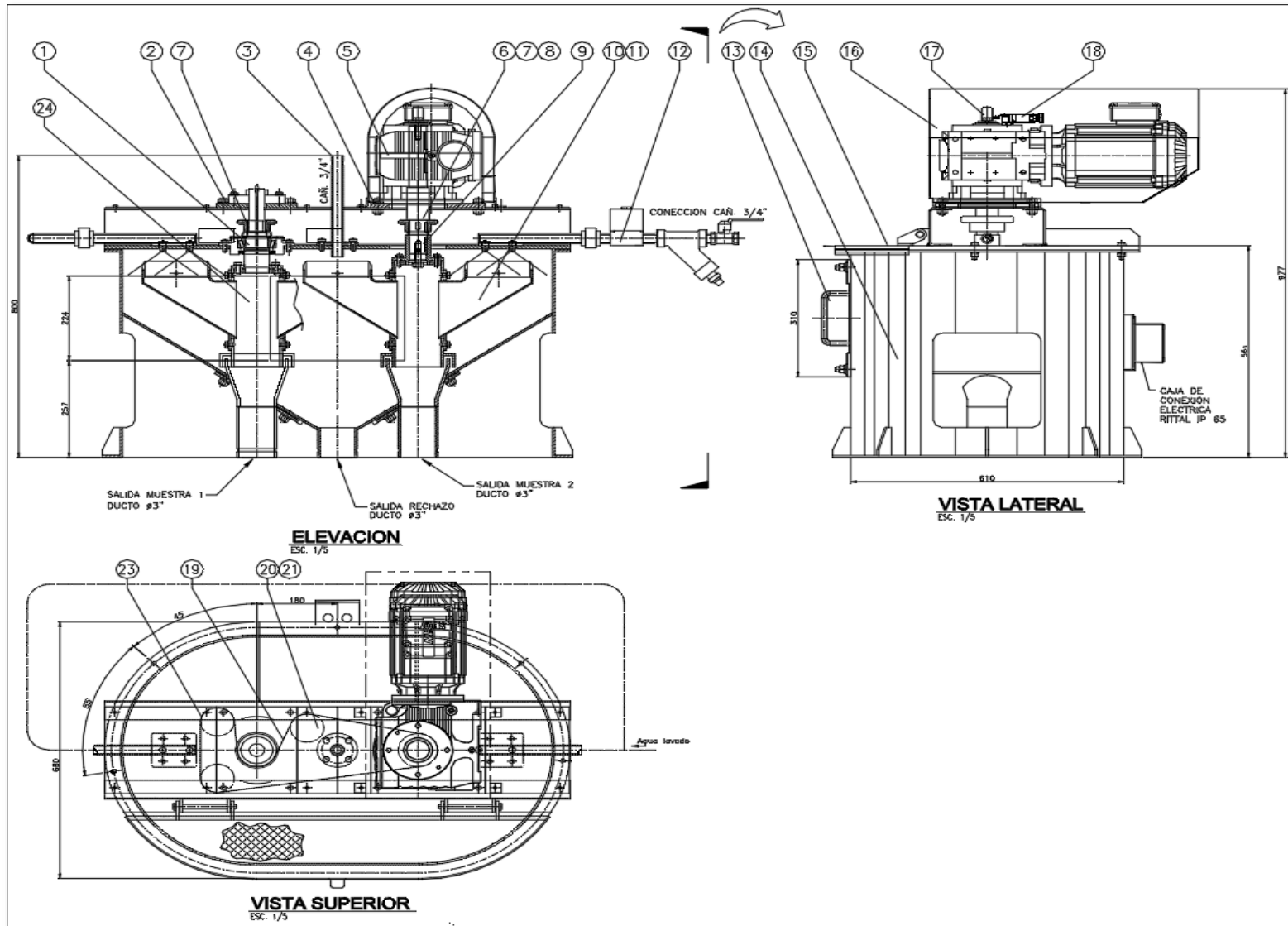


Figura 56. Identificación de componentes del muestreador secundario.



**Mantenimiento preventivo.** Se concibe para asegurar un rendimiento confiable del equipo en situaciones de mal funcionamiento o incidentes, lo que implica prevenir la ocurrencia de fallos en la maquinaria o equipos durante la producción. Los beneficios del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Reducir averías y tiempos de inactividad (mejorar las reservas de dispositivos y sistemas).
- Extender la duración operativa de las máquinas y equipos, aunque es fundamental que todos participen en las prioridades inevitables de implementación y en el objetivo de seguir de cerca el plan establecido.

Para dicho mantenimiento se ha establecido un cuadro de componentes críticos y sus frecuencias de cambio, ver tabla 7.

Tabla 7. Listado de frecuencia de mantenimiento de muestreador primario-secundario

Matriz de lubricación de sistemas de extracción										
Ítem	Sistema	Equipo	Cant. de rod.	Mec.	Lubricante	Marca	Desc.	Cant. Req.	Met. Aplic.	Frec. Camb. (h)
1	Muestreador primario	Motor 2 hp	2	Rod.	Polyrexem	Mobil	Grasa	10 g	Man.	20000
		Reductor	1	Tornillo sin fin	Mobil 80w90	Mobil	Aceite	1.5 ltrs	Man.	20000
					Iso viscosi grade 150	Mobil	Aceite			
					Spirax hd sae 80w90	Shell	Aceite			
Multigear ep 80w90	Texaco	Aceite								
2	Muestreador secundario	Motor 2 hp	2	Rod.	polyrexem	Mobil	Grasa	10 g	Man.	20000
		Reductor	1	Tornillo sin fin	Mobil 80w90	Mobil	Aceite	1.5 ltrs	Man.	20000
					Iso viscosi grade 150	Mobil	Aceite			
					Spirax hd sae 80w90	Shell	Aceite			
Multigear ep 80w90	Texaco	Aceite								

**Mantenimiento correctivo.** Es responsable de corregir los errores o fallos observados y poder realizar correcciones inmediatas y diferidas.

**Reducir el inventario.** El mantenimiento planificado puede reducir los aumentos de inventario inmisarios que ocupan espacio y es un activo muerto.

**Ahorro económico.** Si el equipo opera con mayor eficiencia y los costos de ahorro son excesivos, cada dólar ahorrado en mantenimiento se traducirá en ganancias significativas para la empresa. Un mantenimiento preventivo óptimo puede incrementar el tiempo de funcionamiento y disminuir los gastos. La efectividad del mantenimiento preventivo se ve reflejada en la elección adecuada de las referencias y se implementa completamente cuando se identifican todas las fallas.

**Mantenimiento programado.** “Se realiza por programa de inspección, por tiempo de operación, kilometraje u otros”. (Pazmiño, 2017)

**Mantenimiento establecido.** Se lleva a cabo mediante programas de inspección, programados según las horas de trabajo. Involucra intervenciones planificadas con una frecuencia específica para realizar ajustes en el equipo o la maquinaria de acuerdo con las normativas establecidas por las especificaciones o técnicas del fabricante.

#### **5.1.4. Logística**

La compra realizada con la respectiva antelación nos permitió cumplir el cronograma y a la vez garantizar la calidad de los accesorios y equipos instalados en el sistema de muestreo.

#### **5.1.5. Supervisión y control**

Una buena supervisión permitirá alcanzar los resultados planificados en los cronogramas establecidos, corregir errores, plantear nuevas alternativas de alcanzar el objetivo para el cumplimiento de la implementación del sistema de muestreo.

Se presentaron informe de avances de todo el proceso de la implementación del sistema de muestreo instalado.

**EMPRESA GYR MAQUINAS  
S.A.C.**



**PROYECTO: TRASLADO DE  
MUESTREADOR DE RELAVES**

**INFORME FOTOGRAFICO  
FINAL**

15/04/2019



Foto 05, Estructura de muestreador montaje completo al 100%.



Foto 06, Tubería de descarga montaje al 100%.


*Figura 57.* Informe de montaje del muestreador. Tomado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

Los avances fueron plasmados en cronogramas, informes, y registros de avances al inicio, durante y final del proyecto.

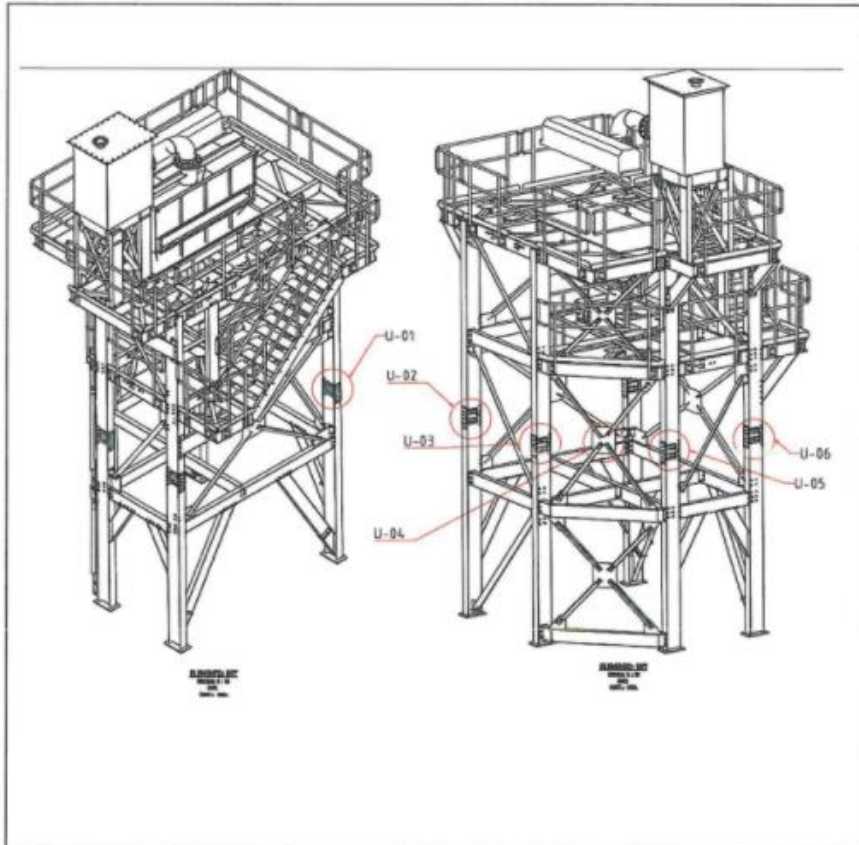
#### **5.1.6. Control de calidad:**

El seguimiento diario en campo a dado un resultado esperado quedando plasmado en los dossiers de calidad elaborados y entregados al cliente. La documentación entregada al cliente es como sigue:

- Dossier de calidad
- Informe final
- Planos As Buill


	<b>PROGRAMA DE CALIDAD</b>	MAQ/REG-6.6-03
	PROYECTO: "TRASLADO DE MUESTREADOR DE RELAVE"	REV: 1
	<b>REGISTRO GENERAL DE AJUSTE Y TORQUEO</b>	Pagina 1 de 1

**GRAFICO**



 <b>JEFE DE CALIDAD</b>	 <b>JEFE DE PLANTA</b>	<b>SUPERVISION</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Figura 58. Esquema de ajuste y torques. Tomado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

	<b>PROGRAMA DE CALIDAD</b>	MAQ/REG-6.6-03
	<b>PROYECTO: "TRASLADO DE MUESTREADOR DE RELAVE"</b>	REV: 1
	<b>REGISTRO GENERAL DE AJUSTE Y TORQUEO</b>	Página 1 de 1

<b>DATOS Y DESIGNACION</b>	<b>REGISTRO Nº :</b> 002
----------------------------	--------------------------

PROYECTO: TRASLADO DE MUESTREADOR DE RELAVE	ELEMENTO: CODIGO:	ESTRUCTURA ES-01 ES-01	FECHA DE INSP:
PLANO REFERENCIA: .....	TIPO DE UNION: PERNOS	X TORNILLO -----	ESPARRAGOS -----

**INSPECCIONES GENERALES**

SUPERFICIE DE UNION LIMPIA:	OK	ESTADO DE ORIFICIO ROSCADO	-----	ESTADO DE TUERCAS	OK
ESTADO DE PERNOS:	OK	EMPAQUETADURAS	-----	ESTADO DE ARANDELAS	OK
HERMETICIDAD:	-----	EPOXICA EN ANCLAJES	-----	SECUENCIA DE AJUSTE	ALT

ITEM	PTO DE ENSAMBLE (COD. UNION)	CODIGO DE ELEMENTO	DESIGNACION DE PERNOS	DIMENSION DE PERNOS	CANT.	TORQUE TEORICO (ft-lb)	TORQUE REAL (ft-lb)	RESULTADO
01	U-01	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	16	365	300	AP
02	U-02	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	18	365	300	AP
03	U-03	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	28	365	300	AP
04	U-04	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	16	365	300	AP
05	U-05	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	20	365	300	AP
06	U-06	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	6	365	300	AP
07	U-07	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	10	365	300	AP
08	U-08	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	10	365	300	AP
09	U-09	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	6	365	300	AP
10	U-10	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	2	365	300	AP
11	U-11	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	8	365	300	AP
12	U-12	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	10	365	300	AP
13	U-13	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	6	365	300	AP
14	U-14	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	10	365	300	AP
15	U-15	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	6	365	300	AP
16	U-16	COLUMNAS/VIGAS/ARRIOSTRES	A-325	2 1/4	6	365	300	AP

**NOTAS**

<b>AP:</b> APROBADO <b>R:</b> RECHAZADO	<b>SECUENCIA DE AJUSTE</b> CRUZ: CR ALTERNADO: ALT HORARIO: HR ANTIHORARIO: AHR	<b>OBSERVACIONES</b> <hr/> <hr/> <hr/>
--------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

 <b>JEFE DE CALIDAD</b>	 <b>JEFE DE PLANTA</b>	<b>SUPERVISION</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Figura 59. Registro de ajuste y torques. Tomado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

<b>DATOS Y DESIGNACION</b>		OT <input type="checkbox"/>	REGISTRO N° : <input type="text" value="00"/>
DESCRIPCION DEL TRABAJO	TRASLADO DE MUESTREADOR DE RELAVES		
EQUIPOESTRUCTURA	TORRE BRT	FECHA DE APERTURA	

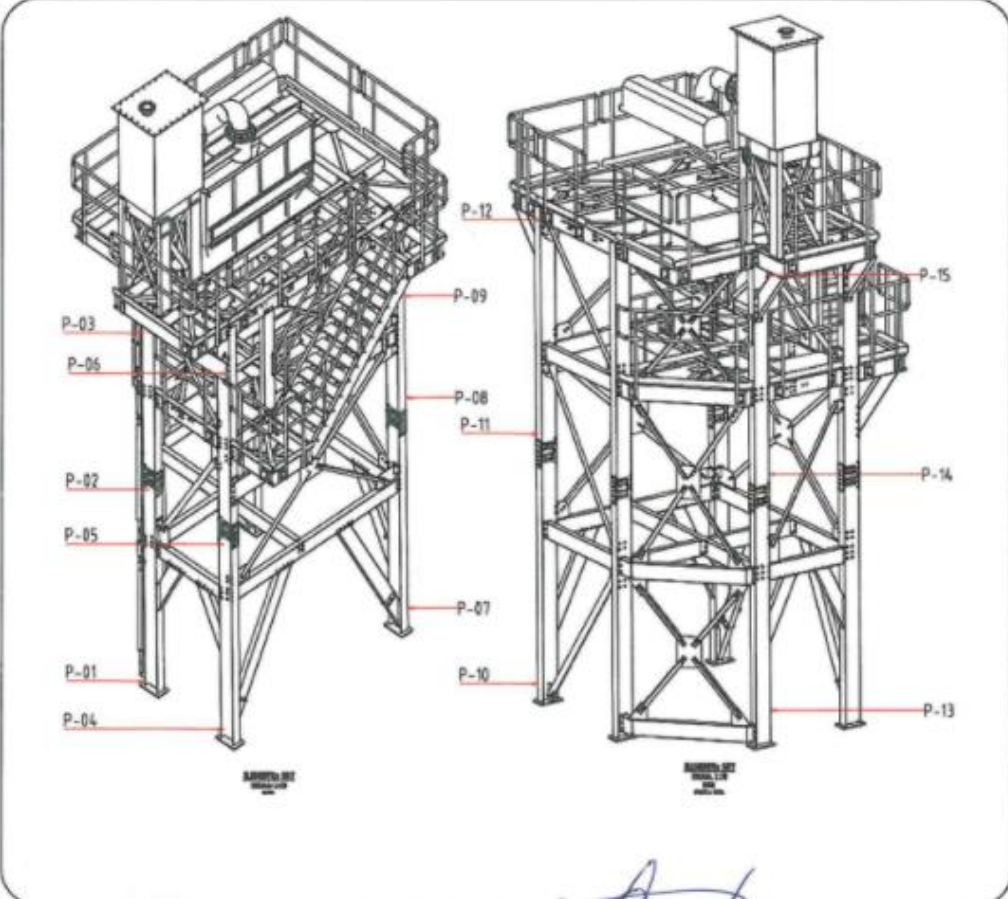
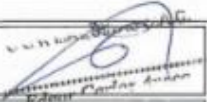

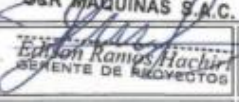


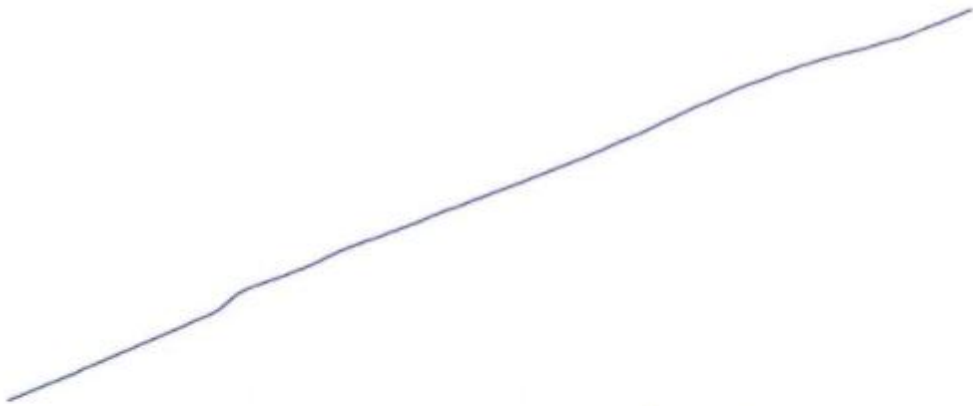
<b>GRAFICO</b>	
	
 <b>Edson Ramos</b> TOPOGRAFO	 <b>Jefe de Calidad</b> JEFE DE CALIDAD
 <b>Edson Ramos</b> JEFE DE MONTAJE	 <b>Supervisor</b> SUPERVISION

Figura 60. Esquema de verticalidad de las columnas. Tomado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.

	<b>REGISTRO</b> <b>CONTROL TOPOGRAFICO</b>		
	Código: MAQ/REG-6.6-01	Versión: 01	Página 2 de 3

INSPECCIONES GENERALES						
EQUIPO / ELEMENTO:		TORRE BRT		EQUIPO TOPOGRAFICO:		LEICA H500
PLANO REFERENCIA:		SERIE DE EQUIPO TOPOGRAFICO				
ITEM	PUNTO DE MEDIDA	SS. PROYECTO	SS. CAMPO	TOLERANCIA	VARIACION	OBSERVACIONES
01	P-01	0	0	0	0	liberado
02	P-02	0	3	0	3	liberado
03	P-03	0	5	0	5	liberado
04	P-04	0	0	0	0	liberado
05	P-05	0	2	0	2	liberado
06	P-06	0	3	0	3	liberado
07	P-07	0	0	0	0	liberado
08	P-08	0	2	0	2	liberado
09	P-09	0	3	0	3	liberado
10	P-10	0	0	0	0	liberado
11	P-11	0	0	0	0	liberado
12	P-12	0	1	0	1	liberado
13	P-13	0	0	0	0	liberado
14	P-14	0	5	0	5	liberado
15	P-15	0	8	0	8	liberado

OBSERVACIONES			
			




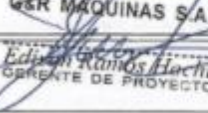
 <b>G&amp;R MAQUINAS S.A.C.</b> <b>Edison Ramos Machiri</b> <b>GERENTE DE PROYECTOS</b>			
 <b>TOPOGRAFO</b>	 <b>JEFE DE CALIDAD</b>	 <b>JEFE DE MONTAJE</b>	<b>SUPERVISION</b>

Figura 61. Registro de verticalidad de las columnas. Tomado de base de datos de G&R Máquinas SAC, 2023.



## 5.2. Logros alcanzados

- Con la información obtenida en campo, logramos establecer un planteamiento objetivo y oportuno para la reestructuración del sistema de muestreo automático.
- Se empleó Software para ejecutar las simulaciones del sistema para prevenir fallos, este proceso es parte fundamental en toda elaboración de diseño y así lograr un buen desempeño de las estructuras planteadas.
- La cotización y compras de los materiales, equipos y accesorios en cumplimiento del cronograma nos permitió un logro alcanzado para el sistema de muestreo.
- Supervisión y control en la elaboración de informes reportando los avances de la implementación y puesta en marcha del sistema de muestreo.
- La experiencia en proyectos anteriores me permitió realizar un cronograma real y cumplible y esto nos ha dado un resultado óptimo en el desarrollo del sistema de muestreo.
- La elaboración de un dossier de calidad nos permite plasmar los registros obtenidos en todo el proceso de la implementación del sistema logrando obtener una buena calidad del servicio.
- Se elaboró la memoria de cálculo estructural puesto que proporciona un registro detallado de las decisiones tomadas, métodos empleados y cálculos realizados; esto permitirá futuras modificaciones, así como una transparencia en la comunicación entre los equipos implicados en el proyecto.
- Con la puesta en marcha del sistema de muestreo en punto de relaves se pudo obtener resultados de la recuperación de mineral que favorecerá al proceso productivo de la planta de beneficios dando mejor rentabilidad.

Tabla 8. Resumen de recuperación de mineral Ene-Dic 2021

Recuperación de mineral Ene-Dic 2021						
Mineral	Error 95%	Error r (%)	Recuperación (%)			
Au	f +/-	3	0.53	Rec mín.	94.7	
	t +/-	8		Rec máx.	95.8	
				<b>Delta Recup.</b>	1.0	
Ag	f +/-	3	2.21	Rec mín.	80.9	
	t +/-	8		Rec máx.	84.7	
				<b>Delta Recup.</b>	3.8	

Nota: Fuente: Laboratorio químico UO Inmaculada.

Tabla 9. Resumen de resultado de recuperación de los años 2008 al 2021

Resultados obtenidos		
Mineral	Resultados	
Au	Error R (%)	0.27
	Delta Recup.	0.57
Ag	Error R (%)	1.14

*Nota:* Fuente: Laboratorio químico UO Inmaculada.

### **5.3. Dificultades encontradas**

Las instalaciones existentes en la zona de montaje se interpuso unas válvulas de apertura del tanque détox, lo que nos llevó consultar a las áreas correspondientes para reubicar estas válvulas.

El clima adverso que se muestra en el lugar de la instalación se presenta bajo cero congelando las tuberías de agua del sistema de lavado de las cucharas, a esto se tuvo que implementar un sistema de calentador y protección y aislamiento de las tuberías para mantener a una temperatura de 15°.

### **5.4. Planteamiento de mejoras**

En este proyecto el suscrito realizó acciones en torno al logro del objetivo del proyecto. Entre estas acciones son los siguientes:

Revisión exhaustiva de investigaciones entre tesis, artículos científicos y literatura en general sobre los métodos de recuperación en relaves, se puede advertir que esta indagación y sistematización permitió tener un panorama más amplio de tecnologías existentes e innovadoras aplicables para mejorar las tasas de recuperación. Entre estas tecnologías se puede señalar: biolixiviación, procesamiento hidrometalúrgico, rodillos de molienda de alta presión (HPGR), flotación, separación magnética y filtración por membrana.

Diseño de los planos de la implementación teniendo en cuenta las estructuras existentes y en condiciones para soportar los equipos nuevos a instalar para el sistema de muestreo, se ubicó los nuevos equipos utilizando la torre de caja escala como punto de trabajo con el fin de evitar hacer una nueva torre completa, sino solo agregando un nivel y sin generar grandes cambios en lo ya existente. Se llevó a cabo el control de calidad de la estructura mecánica mediante pruebas de carga estática y verificación de especificaciones técnicas.

El punto de muestreo está a una distancia de 200 m del laboratorio, esto dificulta a los operarios de laboratorio recorrer esa distancia, para ello se propuso una mejora implementando un aplicativo que nos indique a tiempo real los problemas que pueden presentar el sistema de muestreo y la hora exacta de ir a recoger las muestras para su respectivo análisis.

Con el avance tecnológico y acceso masivo a aplicativos que hoy podemos acceder se propuso una implementación de mejora, se trata de un aplicativo que directamente actúa en el proceso de muestreo tomando los datos y enviándolos a una base en el laboratorio, para ello se requiere implementar canales de comunicación que permita transmitir señales de información del aplicativo en tiempo real.

### **5.5. Análisis**

La implementación tiene como objetivo mejorar el proceso de muestreo y tratamiento de muestras en un laboratorio químico de minerales, tema central de este proyecto. Ante la falta de resultados confiables debido a la incorrecta realización de las etapas del proceso de análisis, se inició el estudio con la primera etapa: el muestreo. Dado que en la industria minera es crucial contar con un

muestreo representativo, el éxito de los resultados y su interpretación sin errores depende en gran medida de este proceso.

En minería e industria, los sistemas de muestreo juegan un papel muy importante en la toma de decisiones, ya que muchas de estas decisiones se toman de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de muestras representativas de los diferentes procesos llevados a cabo.

Oportunidad para desarrollar lo aprendido en clases y plasmarlos en el campo profesional, analizando y aplicando la teoría de Francis F. Pitard sobre la teoría de muestreo en minería.

## **5.6. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución**

El bachiller dentro de las funciones y responsabilidades encargadas realizó los siguientes aportes:

- Participó en la reestructuración del sistema de muestreo automático. Utilizó software especializado para realizar simulaciones del sistema, lo que ayudó a prevenir posibles fallos y garantizar un diseño efectivo. Además, gestionó la cotización y compra de materiales y equipos necesarios, asegurando el cumplimiento del cronograma y el éxito del proyecto.
- Elaboró un cronograma realista y alcanzable, lo que contribuyó al desarrollo eficiente del sistema de muestreo. Asimismo, supervisó de cerca la elaboración de informes, manteniendo a las partes interesadas informadas sobre los avances y asegurando la correcta implementación del sistema.
- También realizó una revisión exhaustiva de investigaciones y tecnologías relevantes para mejorar las tasas de recuperación en relaves, lo que evidencia su compromiso con la innovación y la mejora continua.
- Propuso mejoras significativas como la implementación de un aplicativo para monitorear el sistema de muestreo en tiempo real y la utilización de tecnología para optimizar la transmisión de datos al laboratorio.

En conclusión, el bachiller aportó su experticia técnica, habilidades de gestión y capacidad para identificar y aprovechar oportunidades de mejora, lo que resultó en la implementación exitosa de un sistema de muestreo más eficiente y confiable en la empresa.

## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La reestructuración del sistema de muestreo automático logró un notable avance en la eficiencia del proceso de recuperación en relaves con un impacto directo en la optimización de la recuperación de minerales preciosos en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Inmaculada. Específicamente, la recuperación de oro (Au) y plata (Ag) mostró mejoras significativas, con la recuperación de oro alcanzando hasta un 95.8% y la plata hasta un 84.7%, comparado con los valores antes de la implementación del nuevo sistema, los mismos representan deltas de recuperación de 1.0% y 3.8%, respectivamente. Estos resultados cuantitativos subrayan la relevancia del proyecto en mejorar la rentabilidad y eficacia de las operaciones de la mina.
- SEGUNDA:** La finalización del modelado e ingeniería condujo al desarrollo de un sistema de muestreo optimizado que, gracias al preciso levantamiento de información y simulaciones de Software, permitió un enfoque más eficiente y preciso. La aplicación de este sistema resultó en un incremento significativo en la precisión del muestreo, reduciendo el error en la variabilidad de los resultados al 0.53% para oro y 2.21% para plata, lo cual es crucial para la estimación acertada de la recuperación de minerales.
- TERCERA:** El proceso de modelamiento mediante Software resultó en la identificación y corrección proactiva de posibles complicaciones operativas, lo que mejora significativamente la eficacia del proceso. Las simulaciones confirmaron la capacidad del diseño para manejar un caudal de flujo de 180 m<sup>3</sup>/h, asegurando así que el sistema de recolección de muestras sea óptimo y representativo del material procesado.
- CUARTA:** La meticulosa elaboración de la memoria de cálculo estructural y su alineación con las normativas pertinentes, como la Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismorresistente, garantizan la solidez y durabilidad del sistema implementado. La estructura diseñada demostró, a través de análisis dinámicos, una óptima resistencia a cargas de trabajo y condiciones climáticas extremas, con capacidad para operar eficientemente a más de 4800 m.s.n.m., contribuyendo a una vida útil prolongada del sistema bajo condiciones adversas.

## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** A la Gerencia y Departamento Técnico de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Inmaculada, se sugiere continuar y expandir la implementación de tecnologías de optimización en el proceso de recuperación de minerales preciosos para sostener e incrementar las tasas de recuperación de oro y plata, y de este modo incrementar la rentabilidad y eficacia de las operaciones mineras a través de la inversión en tecnología avanzada de muestreo y procesamiento, así como la capacitación continua del personal en las nuevas tecnologías y metodologías, asegurando su correcta aplicación y mantenimiento.
- SEGUNDA:** A los Equipos de Ingeniería y Operaciones de la Compañía Minera Ares, se sugiere reforzar la recopilación de datos y análisis estadístico en los procesos de muestreo para asegurar la continuidad en la mejora de la precisión de muestreo y con ello una estimación más precisa de la recuperación de minerales, reduciendo aún más el error en la variabilidad de los resultados. Esto podría lograrse implementando sistemas de gestión de datos avanzados, junto con la capacitación del personal en técnicas de muestreo y análisis estadístico.
- TERCERA:** Al Departamento de Desarrollo e Innovación y Equipos de Ingeniería de la compañía minera Ares, se sugiere realizar un seguimiento y ajuste continuo del sistema de muestreo basado en las simulaciones de software para anticipar y prevenir futuros problemas operativos. Esto puede lograrse mediante la creación de un protocolo de revisión periódica y la capacitación en la interpretación y aplicación de los resultados de simulación.
- CUARTA:** A la Gerencia de Proyectos y Departamento de Mantenimiento de la Compañía Minera Ares, se sugiere incorporar revisiones de la memoria de cálculo estructural y normativas de diseño en las revisiones periódicas de mantenimiento para prolongar la vida útil del sistema de muestreo automático e identificar oportunidades de mejora en su diseño y operación bajo condiciones extremas, mediante un programa de mantenimiento preventivo que incluya evaluaciones estructurales y la modernización de componentes críticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AUSENCO – MINERA SUYAMARCA SAC, 2012. *Memorando Técnico del Sistema de transporte de relaves*. Lima, Perú: s.n.
- BLANNIN, R., FRENZEL, M., TOLOSANA-DELGADO, R. y GUTZMER, J., 2022. Towards a sampling protocol for the resource assessment of critical raw materials in tailings storage facilities. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 236, ISSN 03756742. DOI 10.1016/j.gexplo.2022.106974.
- CASTILLO COLLAZOS, A.J., 2020. *Tratamiento de relaves mineros con alto contenido de Zn mediante la flotación - Empresa Hermanos Rosales S.A.C. 2020* [en línea]. Tesis. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7559>.
- CHAVEZ PEREZ, M.A.J., 2023. *Análisis dinámico de estabilidad de un depósito de relaves* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24211>.
- CHIPANA SAAVEDRA, A.J. y RUNCO CHAVEZ, C.W., 2020. *Remoción de metales provenientes de un relave minero en Pasco a través de nano burbujas de aire* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114295>.
- COMPAÑIA MINERA ARES SAC, 2023. *Base de datos CIA MINERA ARES*. Lima, Perú: Cia Minera Ares SAC.
- CONCEPCIÓN CCORAHUA, A., 2020. *Mecánica de flujos de relaves mineros en canales abiertos* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/21740>.
- ESCALANTE ESCALANTE, J.B. y LOVERA DÁVILA, D.F., 2023. Geometalurgia aplicada a relaves auríferos cianurados en la región Arequipa y su posterior proceso por Gravimetría. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 26, no. 51, ISSN 1682-3087, 1561-0888. DOI 10.15381/iigeo.v26i51.24969.

- FERNÁNDEZ FERIA, R., 2011. *Mecánica de fluidos*. 1ra. S.l.: Servicio de Publicaciones y Divulgación Científica de la Universidad de Málaga.
- GERLACH, R.W. y NOCERINO, J.M., 2015. *Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Laboratory Samples*. Washington: Environmental Protection Agency.
- GOOGLE MAPS, 2023. Ubicación geográfica de G&R Máquinas S.A.C. *Google Maps* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/G%26R+M%C3%A1quinas/@-16.4115422,-71.5076574,17z/data=!4m6!3m5!1s0x91424b0de1165551:0x57ee7356f02e099d!8m2!3d-16.4117635!4d-71.506842!16s%2Fg%2F11dyjz95qh?entry=ttu>.
- G&R MÁQUINAS SAC, 2023. *Base de datos G&R Máquinas SAC* [en línea]. Arequipa, Perú: G&R Máquinas. Disponible en: <https://gyrMáquinas.com/>.
- HUALLPA MALDONADO, M.T. y MEDINA CORTEZ, S.J., 2020. *Análisis comparativo entre los métodos de recrecimiento en un depósito de relaves tipo pulpa en Cajamarca* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3556>.
- LÓPEZ BONILLA, J.M., 2014. *Diseño hidráulico de un sistema gravimétrico para relaves mineros con un caudal de 202 m<sup>3</sup>/h y 220 m de desnivel* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5706>.
- MAMANI PORTUGAL, J.A., 2021. *Determinación de los parámetros óptimos de operación de los separadores ciclónicos para mejorar la eficiencia en la clasificación de relaves mineros en una Empresa Minera del Sur del Perú* [en línea]. Tesis de grado. Arequipa, Perú: Universidad Autónoma San Francisco. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UASF\\_c1e13a8c58a6d5c15c422fbb752956fa](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UASF_c1e13a8c58a6d5c15c422fbb752956fa).
- MILLER, R.W., 1989. *Flow Measurement Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- MONTALVO CUCHO, R.M., 2021. *Minimizar el porcentaje de humedad del relave filtrado con filtro prensa, optimizando la densidad y porcentaje de finos de la pulpa de relave*

- [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22451>.
- MOTT, R., 1996. *Mecánica de Fluidos Aplicada* [en línea]. 4ta. S.I.: Prentice Hall Hispanoamericana SA. Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-fluidos-mott.pdf>.
- NORMA CODELCO CNAM 007-2005, 2005. *Condiciones de estaciones de muestreo de flujo de materiales y transferencia de productos*. Santiago de Chile: Gerencia de Planificación y Tecnología Minera.
- PALOMINO ÑAUPA, C.K., 2022. *Aprovechamiento y estabilización de residuos peligrosos de relaves mineros para la fabricación de nuevos materiales de construcción mediante la aplicación de tecnología geopolimérica* [en línea]. Tesis. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14991>.
- PITARD, F.F., 2019. *Theory of sampling and sampling practice*. Third edition. Boca Raton London New York: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-138-47648-6.
- ROMERO SEGURA, W.J. y VARE QUISPE, A.E., 2022. *Adición de relave minero metálico en la capacidad portante de la trocha carrozable del tramo La Quida – Igor, Huaranchal, 2022* [en línea]. Tesis. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/109672>.
- SMIT, A., 2007. *Air entrainment with plunging jets* [en línea]. S.I.: Delft University of Technology. Disponible en: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:64dd3a3b-a700-4258-befd-8aad23aef640/datastream/OBJ>.
- TARRILLO DIAZ, M.L. y NUÑEZ BUSTAMANTE, E., 2022. *Análisis de los métodos más eficientes para la recuperación de suelos contaminados con relaves mineros producto de la actividad minera* [en línea]. Tesis de licenciatura. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/30726>.

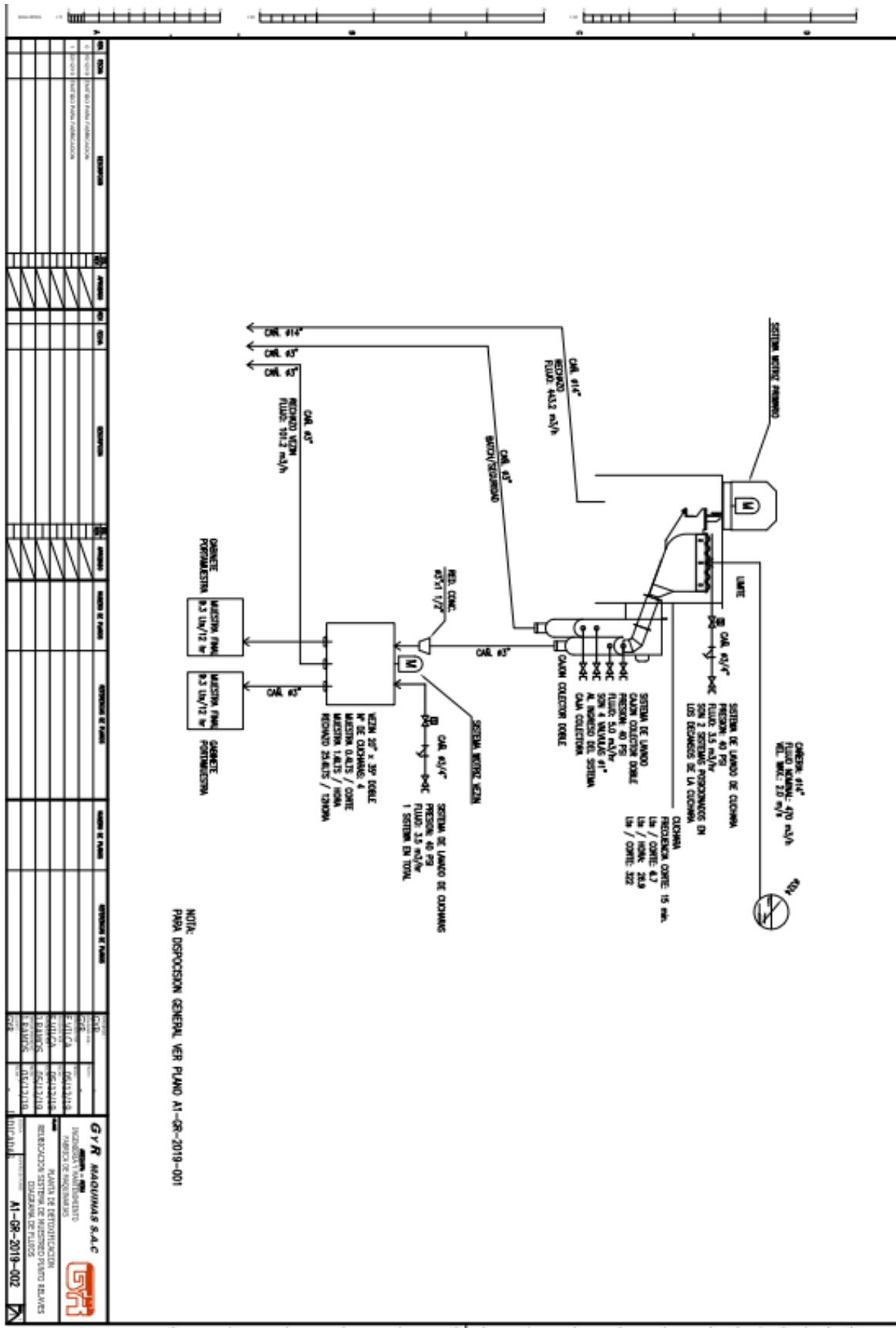


TRAVEZAÑO CASTRO, K.T., 2021. *Servicio de análisis integral de relaves y efluentes en el Perú* [en línea]. Tesis. Lima, Perú: Universidad ESAN. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12640/2193>.

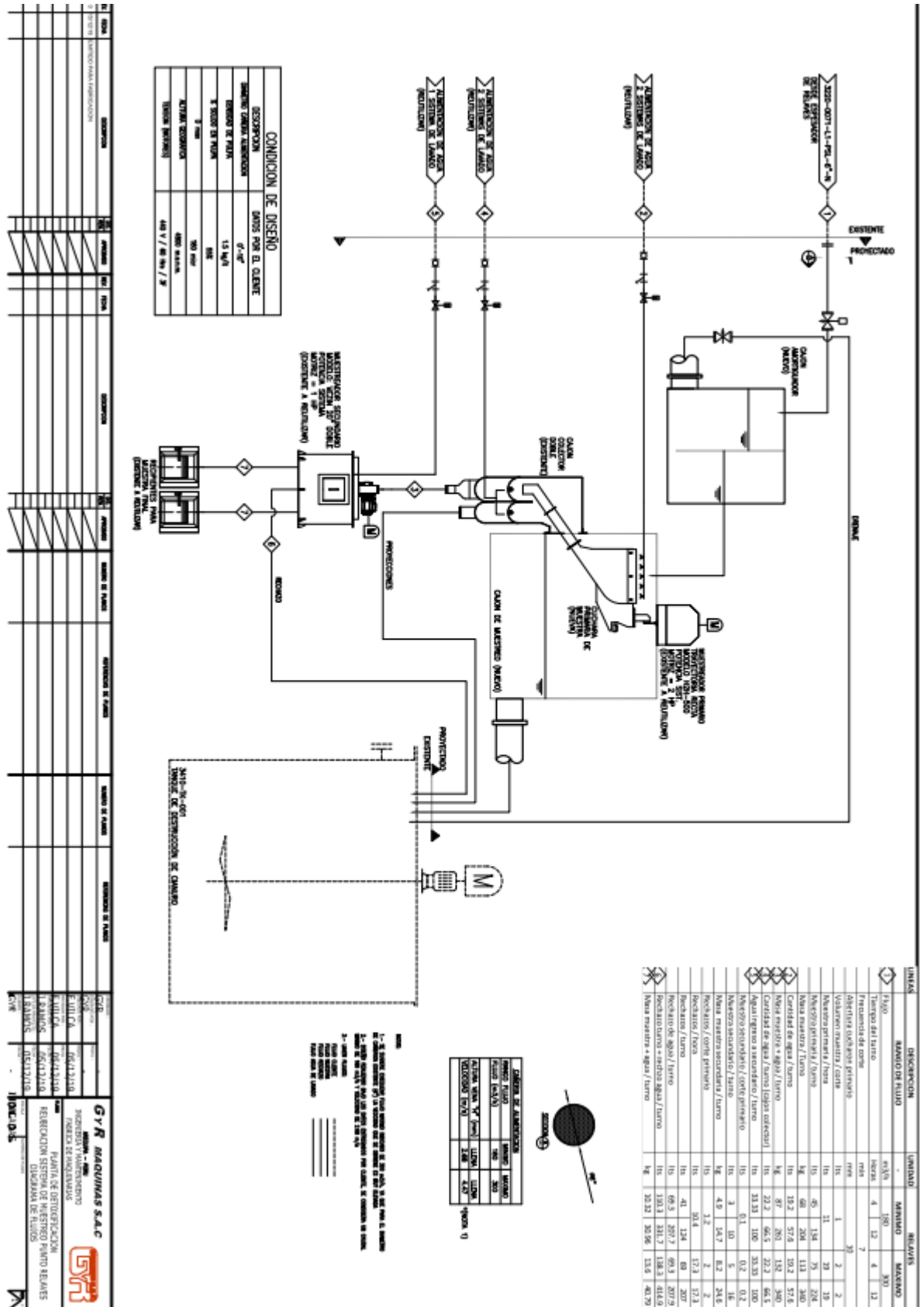
ZAMARREÑO-BASTÍAS, R. y MERA, A.C., 2022. Recuperación de compuestos de hierro y soluciones de cobalto desde relaves mineros. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review /Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, vol. 11, no. Monográfico, ISSN 2695-9933. DOI 10.37467/revtechno.v11.4492.

## **ANEXOS**

# Anexo 1. Sistema de muestreo de pulpa



### Anexo 2. Condición de diseño



**Anexo 3.** Estudio de factibilidad de instalación de sistema de muestreo de pulpa

	<b>INFORME DE INGENIERÍA</b>	8816-17-ING-01-DOC-01	REVISION: A
		FECHA: 04 ENERO 2018	
		PÁGINA 1 DE 17	

**8816-17-ING-01-DOC-01**

ORDEN DE COMPRA / CONTRATO:	2000163881	
DOCUMENTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD INSTALACIÓN DE SISTEMA DE MUESTREO DE PULPA	
CLIENTE:	HOCHSCHILD	
N° DOCUMENTO DE CLIENTE:		
REVISIÓN:	B	
OBRA:	MINERA INMACULADA	
ÁREA / SECCIÓN:	RELAVES (TANQUE DE DETOXIFICACION)	
UBICACIÓN:	PLANTA DE BENEFICIO	
PREPARADO POR:	JORGE BADILLA WRIGHT	FECHA: 04-01-2018
APROBADO POR:	RICARDO HOFFMANN	FECHA: 08-01-2018

*TecProMin S.A.*  
 VATICANO 4097 – LAS CONDES – SANTIAGO DE CHILE- (56-2) 2873 3600 – FAX: (56-2) 2206 5056 - [info@tecpromin.cl](mailto:info@tecpromin.cl)  
 BUENOS AIRES -ARGENTINA (54-11) 48902068 – Graciela Peirano CEL: (54-9) 1157345911 - [info@tecpromin.com.ar](mailto:info@tecpromin.com.ar)  
 CALLE JUAN FANNING 775 MIRAFLORES LIMA – PERU - (51-1) 6280334 - [administracion@tecprominperu.com](mailto:administracion@tecprominperu.com)  
[www.tecpromin.com](http://www.tecpromin.com)

**Anexo 4.** Documento de evidencia de designación de cargo de supervisor de Diseño y Calidad emitida por la empresa



**ACTA DE DESIGNACION DE CARGO**

La gerencia de la empresa INGENIERIA ELECTROMECHANICA G&R MAQUINAS S.A.C., CON RUC: 20454422253 en cumplimiento con lo establecido en el organigrama de la gestión del SIG, delega como SUPERVISOR DE DISEÑO Y CALIDAD al Sr. EDGAR CARLOS ANCCA, quien para tal efecto será la persona encargada del área de diseño y Calidad, Se hace el presente nombramiento en ciudad de Arequipa a los 20 días del mes de enero del año 2018.

**ATENTAMENTE:**

G&R MAQUINAS S.A.C.

*[Firma manuscrita]*

EVANGELINA ALA CHISE  
GERENTA GENERAL

**ACEPTA DESIGNACION**  
G&R MAQUINAS S.A.C.

*[Firma manuscrita]*

SUPERVISOR DE CALIDAD

EDGAR CARLOS ANCCA  
DNI: 41479264

## HOCHSCHILD MINING

G & R MAQUINAS S.A.C.  
RUC: 20454422253  
AV. INDUSTRIAL NRO. 609 URB. PROGRE  
AREQUIPA, PAUCARPATA

PE  
ARE

Su n° proveedor en nuestra empr.  
50020084

Sírvase suministrar a:  
COMPANIA MINERA ARES S.A.C.  
ARES - UO Inmaculada  
RUC: 20192779333  
CALLE LA COLONIA 180 - URB. EL VIVERO  
SANTIAGO DE SURCO  
LIMA - PERÚ

### Pedido

Núm. pedido/Fecha  
2000177236 / 28.09.2018  
Persona de contacto/Tel.  
PIEERO CESAR PACHECO MURGA /  
Nuestro n° fax/E-mail  
/ piero.pacheco@hocplc.com

Su persona responsable  
CONTACTO: EDISON RAMOS

Fecha de entrega 31.12.2018

Cond.pago : Pago factura 30 dias Moneda USD  
Presupuesto: N°:-218-G&R-2018-COT-"REUBICACION SISTEMA DE MUESTREO PUNTO RELAVES#  
Servicio bajo contrato largo coordinado vía correo.  
2018: 249,050 USD + IGV  
2019: 39. 659.85 USD + IGV

Pos.	Material Denominación	Nro. Parte		
	Cantd-pedido	Unidad	Precio por unidad	Valor neto

00010  
INSTALACION MUESTREADOR DE RELAVE  
1 Cada Uno

SERVICIO A REALIZARSE EN LA OPERACIÓN  
COMPONENTE A COMPRAR : INSTALACION DE MUESTREADOR DE RELAVE.

INVITAR A PROVEEDORES TALES COMO: (1) ALTEMEC, (2) ALYABE, (3) G&R  
MAQUINAS, (4) TECPROMIN, ETC.

DATOS DEL EQUIPO DONDE SE INSTALARA EL COMPONENTE

DESCRIPCION :-INSTALACION DE MUESTREADOR DE RELAVE.  
MARCA :-NO APLICA  
MODELO :-NO APLICA

SERVICIO A REALIZARSE EN LA OPERACIÓN