

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO
PRINCIPAL DE AGUAS ÁCIDAS PARA REDUCIR LA
ACIDEZ DE AGUAS DE MINA EN LA UNIDAD MINERA
SHAHUINDO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

AUTORES

DENNIS HIKOLD RUIZ ARIAS
JOSUE ULISES LEANDRO QUISPE
ASESOR: PABLO MAMANI CALLA

Callao, 2023

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO

Presidente del jurado de Tesis: Dr. Juan Manuel Palomino Correa

Secretario del jurado de Tesis: Mg. Juan Carlos Huaman Alfaro

Vocal del jurado de Tesis: Mg. Andres Collantes Huanto

Suplente del jurado de Tesis:

Asesor: Mg. Pablo Mamani Calla

Nº de Libro: 01

Nº de Folio: 168

Nº de Acta: 142

Fecha de Aprobación de tesis: 28 de octubre 2023

Resolución de Consejo de Facultad: 163-CF-FIME

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

TÍTULO:

Implementación de un tren de tratamiento principal de aguas ácidas para reducir la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo

AUTORES / CÓDIGO ORCID / DNI:

Dennis Hikold Ruiz Arias / 0009-0007-3256-0642 / 47664025

Josué Ulises Leandro Quispe / 0009-0007-3121-1096 / 70442014

ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:

Pablo Mamani Calla / 0000-0002-6835-0213 / 25813662

LUGAR DE EJECUCION:

Unidad minera Shahuindo - Cajamarca

UNIDAD DE ANÁLISIS:

Tren de tratamiento principal de aguas ácidas

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACION:

Investigación Aplicada / Enfoque Cuantitativo / Diseño Pre-experimental

TEMA OCDE:

Ingeniería, tecnológica - Ingeniería Mecánica

**ACTA N° 142 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001 FOLIO N° 168 ACTA N° 142 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO
TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO.**

A los 28 días del mes de octubre, del año 2023, siendo las 9:30 horas, se reunieron, en el auditorio "Ausberto Rojas Saldaña", el **JURADO EVALUADOR del I CICLO TALLER DE TESIS 2023** designado con RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 163-2023-CF-FIME.- CALLAO, 14 DE AGOSTO DE 2023, para la obtención del **TÍTULO** profesional de **INGENIERO MECÁNICO** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA : Presidente
- Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO : Secretario
- Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO : Vocal
- Dr. PABLO MAMANI CALLA : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **LEANDRO QUISPE JOSUÉ ULISES**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis titulada "**IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO PRINCIPAL DE AGUAS ACIDAS PARA REDUCIR LA ACIDEZ DE AGUAS DE MINA EN LA UNIDAD MINERA SHAHUINDO**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al Artículo 56° de la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **BUENO** en la escala de calificación cualitativa y con calificación cuantitativa de **15 (QUINCE)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE

Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO
VOCAL

Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO
SECRETARIO

Dr. PABLO MAMANI CALLA
ASESOR

Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL DE TESIS RUIZ - LEANDRO.docx (D176683678)
Submitted	2023-10-23 19:36:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	5%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS CIVIL UPN - DARWIN VILLAR.pdf Document TESIS CIVIL UPN - DARWIN VILLAR.pdf (D109425308)	 3
SA	Tesis -Noe Valencia rev02 01-08.pdf Document Tesis -Noe Valencia rev02 01-08.pdf (D147249718)	 4
SA	VICTOR GONZA.docx Document VICTOR GONZA.docx (D11275305)	 4
SA	victor ok.docx Document victor ok.docx (D12020379)	 3
SA	TRABAJO DE SUFICIENCIA -FINAL DE JOSE MARTIN EGOAVIL ESCOBAR - LISTO PARA SUSTENTACION (1).docx Document TRABAJO DE SUFICIENCIA -FINAL DE JOSE MARTIN EGOAVIL ESCOBAR - LISTO PARA SUSTENTACION (1).docx (D152513904)	 1
SA	Tesis - Tratamientode aguas acidas.pdf Document Tesis - Tratamientode aguas acidas.pdf (D37499303)	 1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA "IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO PRINCIPAL DE AGUAS ACIDAS PARA REDUCIR LA ACIDEZ DE AGUAS DE MINA EN LA UNIDAD MINERA SHAHUINDO"
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
AUTORES:
DENNIS HIKOLD RUIZ ARIAS
JOSUE ULISES LEANDRO QUISPE
LINEA DE INVESTIGACION: DISEÑO MECANICO

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO
PRINCIPAL DE AGUAS ÁCIDAS PARA REDUCIR LA
ACIDEZ DE AGUAS DE MINA EN LA UNIDAD MINERA
SHAHUINDO”**

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres, por su ejemplo, su tenacidad y espíritu de trabajo, que nos han llevado a ser profesionales, con valores y capacidad de aportar en el desarrollo de nuestra sociedad.

AGRADECIMIENTO

A nuestras esposas e hijos, a nuestros colegas de labor, a nuestra alma mater y a todos que nos impulsaron a culminar satisfactoriamente esta etapa.

ÍNDICE

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Objetivos.....	17
1.4 Justificación.....	18
1.5 Delimitantes de la investigación.....	19
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes.....	21
2.2 Bases teóricas.....	24
2.3 Marco Conceptual.....	31
2.4 Definición de términos básicos.....	57
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	60
3.1 Hipótesis.....	60
3.1.3 Operacionalización de variables.....	61
IV. METODOLOGIA DEL PROYECTO.....	62
4.1 Diseño metodológico.....	62
4.2 Método de Investigación.....	64
4.3 Población y muestra.....	65
4.4 Lugar de estudio.....	66
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la información...	66
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	67
4.7 Aspectos éticos de la investigación.....	117
4.8 Estudio económico-financiero.....	118
V. RESULTADOS.....	122
5.1 Resultados Descriptivos.....	122
5.2 Resultados Inferenciales.....	129
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	132
6.1 Contrastación de resultados.....	132

6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	137
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	139
VII.	CONCLUSIONES.....	140
VIII.	RECOMENDACIONES	141
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	142
X.	ANEXOS	151
	Anexo 1. Matriz de consistencia	152
	Anexo 2. Hoja de datos de los tanques.....	154
	Anexo 3. Especificación de procedimiento de soldadura (WPS)	155
	Anexo 4. Registro de calificación de procedimiento de soldadura (PQR)....	156
	Anexo 5. Procedimiento de pintura	158
	Anexo 6. Mapa sísmico de factores de zona, Norma técnica E.030.....	160
	Anexo 7. Certificado de calibración de Equipos y o instrumentos	161
	Anexo 8. Estándar de calidad ambiental ECA -3 (Decreto supremo n° 004-2017 MINAM)	167
	Anexo 9. Límites Máximos Permisibles para efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicos (Decreto supremo n° 010-2010-MINAM).....	168
	Anexo 10. Arreglo general tanque de Neutralización	169
	Anexo 11. Arreglo general tanque de Oxidación.....	170
	Anexo 12. Arreglo general tanque de agua clarificada.....	171
	Anexo 13. Plan de izaje con grúa	172
	Anexo 14. Diagrama de flujo de planta de tratamiento de aguas ácidas	173
	Anexo 15. Registros de Inspección de calidad.....	174
	Anexo 16. Plan de mantenimiento	181
	Anexo 17. Instrumento utilizado para recolectar datos en campo	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de aguas residuales en función al pH	46
Tabla 2.2 Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad	46
Tabla 3.1 Operacionalización de variables.....	61
Tabla 4.1 Generalidades de los Tanques.....	68
Tabla 4.2 Factores de zona	71
Tabla 4.3 Parámetros básicos para diseño	73
Tabla 4.4 Datos generales de tanques.....	73
Tabla 4.5 Espesor de anillos	77
Tabla 4.6 Espesor de anillos	83
Tabla 4.7 Dimensiones de separación de las aberturas del cuerpo del tanque	88
Tabla 4.8 Geometría de calculo	91
Tabla 4.9 Planos de Fabricación.....	101
Tabla 4.10 Registro de control dimensional de corte del tanque de neutralización	103
Tabla 4.11 Inspección de líquidos penetrantes al tanque de neutralización ...	108
Tabla 4.12 Registro promedio de preparación y recubrimiento superficial.....	110
Tabla 4.13 Lista de planos de montaje.....	111
Tabla 4.14 Registro de desviación vertical en cada eje.....	113
Tabla 4.15 Tolerancia dimensional tomado de API 650	113
Tabla 4.16 Registro de inspección de redondez.....	114
Tabla 4.17 Registro de Inspección de valores de pH en el tren de tratamiento principal	116
Tabla 5.1 Resultado de los parámetros básicos de diseño.....	122
Tabla 5.2 Resultado de dimensionamiento de Tanques de Neutralización, Oxidación y agua clarificada	122
Tabla 5.3 Resultado de cargas y alturas que intervienen en el desarrollo del diseño mecánico.....	123
Tabla 5.4 Resultado de lista de planos de fabricación de tanques de neutralización, oxidación y agua clarificada	123

Tabla 5.5 Lista de planos de Montaje.....	124
Tabla 5.6 Resultado del control dimensional para trazo y corte de planchas de tanque de Neutralización	124
Tabla 5.7 Resultado de líquidos penetrantes en el tanque de neutralización	125
Tabla 5.8 Resultados promedio de rugosidad y espesores de película seca en los tanques de neutralización, oxidación y agua clarificada.....	126
Tabla 5.9 Resultado del control dimensional de verticalidad para los tanques de Neutralización, Oxidación y Agua clarificada.....	127
Tabla 5.10 Control dimensional de Redondez en los tanques de Neutralización, Oxidación y Agua clarificada.....	127
Tabla 5.11 Resultado de toma de medidas de pH antes y después del tratamiento	128
Tabla 5.12 Prueba de normalidad usando el programa SPSS	129
Tabla 5.13 Estadígrafo de acuerdo a la distribución de la diferencia (pre - post tratamiento).....	130
Tabla 5.14 Estadísticos de prueba según resultados de programa SPSS.....	131
Tabla 6.1 Datos de pH obtenidos en el periodo 2021	132
Tabla 6.2 Datos de pH obtenidos en el periodo 2023.....	132
Tabla 6.3 Tolerancias para dimensiones Según la norma DIN en iso 13920.	133
Tabla 6.4 Tolerancia dimensional en tanque de neutralización de acuerdo a Norma DIN en iso 13920.....	133
Tabla 6.5 Rango de rugosidad y espesores de película seca brindada en el alcance	134
Tabla 6.6 Rugosidad y espesores promedio inspeccionados en campo	135
Tabla 6.7 Tolerancia dimensional de desviación vertical.....	136
Tabla 6.8 Tolerancia dimensional de redondez conforme a API 650.....	136
Tabla 10.1 Tolerancia dimensional de redondez conforme a API 650	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Poza de relave Unidad Minera Shahuindo - Cajamarca	16
Figura 1.2 Promedio Histórico de Neutralización del Agua de relave Minero....	16
Figura 2.1 Diagrama de esfuerzo - deformación de materiales	25
Figura 2.2 Estándar de calidad del agua tipo III	30
Figura 2.3 Clasificación de procesos de fabricación.....	34
Figura 2.4 Rayador metálico o granete	35
Figura 2.5 Compas de trazo.....	35
Figura 2.6 Trazado de planchas de acero	36
Figura 2.7 Habilitado por oxicorte	36
Figura 2.8 Biselado con equipo biseladora.....	37
Figura 2.9 Rolado de planchas de tanque.....	37
Figura 2.10 Soldeo por proceso de GMAW	38
Figura 2.11 Limpieza por chorro abrasivo	39
Figura 2.12 Recubrimiento superficial	40
Figura 2.13 Secuencia de tratamiento de aguas en función a contenido de alcalinidad y acidez.....	43
Figura 2.14 Formación de aguas ácidas de mina.....	44
Figura 2.15. Neutralización Química	45
Figura 2.16 Etapas de la formación de aguas ácidas	50
Figura 4.1 Planta de tratamiento de aguas ácidas Unidad Minera Shahuindo.	66
Figura 4.2 Diagrama de flujo de análisis y procesamiento de datos	68
Figura 4.3 Maqueta de Planta de tratamiento de aguas ácidas, elaborado por Unidad Minera Shahuindo 2020.....	69
Figura 4.4 Mapa de la zonificación sísmica del Perú, tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.30 (2018)	71
Figura 4.5 Disposición de aberturas en el cuerpo del tanque, tomado de “welded tanks for oil storage” por API estándar 650, 2012, p.5-20.....	87
Figura 4.6 Dimensiones de manhole Tomado de “welded tanks for oil storage” por API estándar 650 sección 5.7.5, 2012.....	89
Figura 4.7 Geometría de oreja de izaje	91

Figura 4.8 Presión Hidrostática sobre las paredes cilíndricas tanque de Neutralización y Oxidación.....	94
Figura 4.9 Presión Hidrostática sobre las paredes cilíndricas tanque de Agua Clarificada.....	95
Figura 4.10 Modelo hidrodinámico de Housner.....	95
Figura 4.11 Cronograma de Fabricación de Tanque y Estructuras - 1	97
Figura 4.12 Cronograma de Fabricación de Tanque y Estructuras - 2.....	98
Figura 4.13 Curva S de programación de avance semanal	99
Figura 4.14 Desarrollo de fabricación Metalmecánico	101
Figura 4.15 Trazado de planchas.....	103
Figura 4.16 Habilitado de planchas por Oxicorte.....	103
Figura 4.17 Biselado de planchas	105
Figura 4.18 Rolado de planchas	105
Figura 4.19 Armado de anillos de tanques	105
Figura 4.20 Soldeo de casco de tanque.....	106
Figura 4.21 Registro de Welding map	107
Figura 4.22 Inspección de juntas verticales.....	107
Figura 4.23 Inspección de juntas horizontales.....	108
Figura 4.24 Inspección de juntas horizontales.....	108
Figura 4.25 Tanque de agua clarificada en capa base	109
Figura 4.26 Tanque de neutralización en capa base	110
Figura 4.27 Tanques de neutralización y oxidación en capa acabado.....	110
Figura 4.28 Despacho de tanque de neutralización.....	111
Figura 4.29 Montaje de tanques de neutralización y oxidación	112
Figura 4.30 Montaje de tren de tratamiento principal.....	113
Figura 4.31 Muestra tomada en el Tanque de Neutralización	115
Figura 4.32 Muestra tomada en el Tanque de agua clarifica obteniendo un pH optimo.....	116
Figura 4.33 Registro de pH en cada etapa del tren de tratamiento principal .	116
Figura 4.34 Datos obtenidos en la medición de pH en cada etapa del tren de tratamiento principal.....	117
Figura 5.1 Acidez del agua de Mina (6 meses)	128

Figura 5.2 Promedio de acidez en el 2023 129

ABREVIATURAS

AISC: American Institute of Steel Construction
ANS: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
API: Instituto Americano del Petróleo
ASCE: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles
ASD: Diseño de esfuerzo Admisible
ASME: The American Society of Mechanical Engineers
ASTM: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
AWS: American Welding Society
DAM: Drenaje Acido Minero, Drenaje Acido Minero, Drenaje Acido Minero
ECA: Estandar de Calidad para el Agua
FCAW: Fluxed Cored Arc Welding Metal Arc Welding
fs: Factor de seguridad
G: Gravedad específica de diseño del líquido
GMAW: Gas Metal Arc Welding
GTAW: Soldadura por arco de gas tungsteno - gas tungsten arc welding
ISO: Organización Internacional de Normalización
LEP: Limite Elastico Plastico
LMD: Drenajes alcalinos de mina
LMP: Limites Maximo Permisibles
MINAM: Ministerio del Ambiente
MPa: Megapascales
NDE: Ensayo no destructivo
OBELA: Observatorio económico Latinoamericano
pH: Potencial Hidrogeno
RAE: Real Academia Española
RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones
SMAW: Shielded Metal Arc Welding – Soldadura de Arco con electrodo revestido
SSP: Societu for Protective Coatings
Sy: Límite de fluencia

t_a: Espesor de anillo

t_d: Espesor de diseño

t_t = Espesor de prueba hidrostática

CA: Tolerancia para la corrosión

D: Diámetro nominal del tanque

H: Nivel de diseño del líquido

S_d: Esfuerzo admisible

t_d: Espesor de diseño del cuerpo

RESUMEN

En la actualidad, la industria minera se enfrenta a la necesidad de tratar las aguas ácidas generadas del drenaje minero (DAM). Para abordar este desafío, se estableció un tren de tratamiento principal de aguas ácidas el cual se desarrolló en tres etapas claves.

En primera instancia se desarrolló el diseño mecánico, lo que permitió conocer los parámetros básicos de diseño, el dimensionamiento y las cargas a las cuales estarán sometidas las estructuras. Como segundo punto clave se desarrolló la fabricación, el cual permitió encontrar las desviaciones permisibles según los estándares de calidad y alcance del proyecto. Como tercer punto clave se desarrolló el montaje del sistema, el correcto desarrollo de esta actividad permitió garantizar un correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal, a fin de lograr estas 3 etapas se planteó como objetivo la implementación de un tren de tratamiento de aguas ácidas mineras, con el propósito de reducir la acidez de aguas de mina y que cumplan en sus efluentes las normas ambientales vigentes para el agua, tales como el ECA 3 y el LMP.

En consecuencia, la metodología que se utilizó fue de un diseño preexperimental con un grupo de pre y post prueba, para lo cual se contó con una población y muestra de cuatro tanques (Neutralización, Oxidación, Densadeg y Agua Clarificada) pertenecientes al tren principal, para ello se utilizó como instrumento un documento denominado registro de datos en campo. Finalmente, se hizo un análisis del agua logrando resultados esperados pues se logró obtener un pH promedio de ingreso de 3.35 y un pH promedio en la salida de 7.45, logrando así que el agua a entregar a sus efluentes cumplan las normas legales vigentes.

PALABRAS CLAVES: Tren de tratamiento principal, Aguas ácidas, Unidad minera.

ABSTRACT

Currently, the mining industry is faced with the need to treat the acidic water generated from mine drainage (DAM). To address this challenge, a main acid water treatment train was established and developed in three key stages.

In the first instance, the mechanical design was developed, which made it possible to know the basic design parameters, the sizing and the loads to which the structures will be subjected. As a second key point, manufacturing was developed, which made it possible to find the permissible deviations according to the quality standards and scope of the project. As a third key point, the assembly of the system was developed. The correct development of this activity made it possible to guarantee the correct functioning of the main treatment train. In order to achieve these 3 stages, the objective was the implementation of a treatment train for acidic mining waters, with the purpose of reducing the acidity of mine waters and ensuring that their effluents comply with current environmental standards for water, such as ECA 3 and the LMP.

Consequently, the methodology used was a pre-experimental design with a pre-and post-test group, for which there was a population and sample of four tanks (Neutralization, Oxidation, Densadeg and Clarified Water) belonging to the main train, for this, a document called field data registration was used as an instrument. Finally, an analysis of the water was carried out, achieving the expected results since it was possible to obtain an average inlet pH of 3.35 and an average outlet pH of 7.45, thus ensuring that the water to be delivered to its effluents meets current legal standards

KEYWORDS: Main treatment train, Acid waters, Mining Unit.

INTRODUCCIÓN

En el Perú la industria minera actual está llevando a cabo importantes proyectos destinados al tratamiento de aguas ácidas provenientes de la minería. Este hecho conlleva una necesidad importante de diseñar, fabricar, montar y poner en marcha de manera adecuada las plantas de tratamiento de aguas ácidas de mina, de tal manera que sea un proceso eficiente y se adopte un enfoque en la mejora continua. Para ello, se establece un tren de tratamiento principal de aguas ácidas de mina el cual consta de tres etapas fundamentales. En la primera etapa se desarrolla el diseño mecánico, en el cual se establecen los parámetros básicos, se recopilan documentos y especificaciones técnicas.

En la segunda etapa se ejecuta la fabricación, mismo que abarca procesos de habilitado, armado, limpieza por chorro abrasivo, recubrimiento superficial, embalaje y despacho de tanques y estructuras, asimismo en cada etapa se busca cumplir con las normas vigentes para la fabricación. Como tercera etapa se desarrolla el montaje y puesta en marcha, mismo que abarca aspectos cruciales tales como; verticalidad y redondez en los tanques de Neutralización, Oxidación, Densadeg y Agua Clarificada. Asimismo, se realiza un análisis a la calidad del agua al ingreso y salida del tren principal. Por tanto, el objetivo general de la implementación del tren de tratamiento principal radica en la reducción de la acidez de aguas de mina tomando como parámetro principal la medición del pH.

En consecuencia, la metodología utilizada tiene un enfoque cuantitativo, del tipo aplicada con un nivel de investigación experimental y de diseño de investigación pre experimental, involucra el análisis y procesamiento de datos tomando como referencia las normas y estándares aplicables a los procesos desarrollados en la implementación del tren de tratamiento principal. Asimismo, esta investigación se estructura en diez secciones, que abarcan etapas cruciales del estudio.

En la primera sección se enfoca en la formulación del problema, iniciando con una descripción de la situación problemática, seguida de la formulación de los problemas general y específicos. Asimismo, se abordan los objetivos, las justificaciones y se establecen las limitaciones temporales y espaciales. En seguida la segunda sección se centra en el marco teórico, la cual incluye tres antecedentes internacionales y tres antecedentes nacionales, asimismo se detalla bases teóricas, marco conceptual y definición de términos básicos.

Del mismo modo, en la tercera sección se plantea la formulación de hipótesis general y específicas, para dar lugar al cuadro de operacionalización de variables. Por otra parte, en la cuarta sección se aborda la metodología del proyecto, donde se consideran aspectos tales como el diseño metodológico, método de investigación, población, muestra, lugar de estudio, técnicas e instrumentos de recolección de la información, análisis, procesamiento de datos y aspectos éticos en la investigación.

De igual importancia en la quinta sección se fundamenta los resultados de la investigación para este caso tenemos dos tipos de resultados: resultados descriptivos y resultados inferenciales. De la misma manera en la sexta sección se detalla la discusión de resultados, se contrasta la hipótesis con los resultados, se contrasta los resultados con otros estudios similares y se describe la responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes. Por otra parte, en la séptima sección se da a conocer las conclusiones de la investigación contrastando los resultados obtenidos. Del mismo modo la octava sección describe recomendaciones para futuras investigaciones mencionando puntos no abordados en la presente investigación. Finalmente, la novena y décima sección detalla las referencias bibliográficas y los anexos de la investigación, respectivamente.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Según Martínez (2021) en su estudio de la contaminación del agua en la minería, hizo un análisis dando a conocer la problemática del suministro y la calidad del agua, pues de ello dependen el sano equilibrio del medio ambiente.

Asimismo, nos dice que América Latina ha basado gran parte de su economía en la explotación de recursos naturales, entre ellos sus grandes depósitos minerales de los cuales cabe mencionar que México es el principal productor de plata, Chile de cobre, Bolivia de Litio, Brasil tercer lugar en cobre y Perú entre los tres primeros productores de plata, cobre y oro. Del mismo modo nos detalla que el panorama hídrico es cada vez más escaso, dado que la minería descarga un material tóxico (Drenaje ácido de minería), los riesgos sociales más relevantes se relacionan con la salud y capital humano.

El agua se emplea en diversos procesos mineros, desde la exploración hasta la lixiviación. Sustancias químicas como el cianuro, el ácido sulfúrico, el arsénico, el plomo y el mercurio contaminan el agua, afectando la vida tanto acuática como humana.

El tema de aguas ácidas de minería es un tema importante en el Perú, especialmente en las regiones donde se desarrolla la minería, ya que la actividad minera puede tener un impacto significativo en la calidad del agua. Las aguas ácidas se caracterizan por tener un pH bajo, lo que las hace altamente corrosivas y dañinas para los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Estas aguas pueden contaminar ríos, arroyos y acuíferos, afectando a la biodiversidad y a las comunidades locales que dependen del agua para el consumo y la agricultura.

En el Perú, suscitaron varios casos documentados de contaminación de aguas causada por la minería. Uno de los casos más conocidos es el derrame de

relaves en la región de Cajamarca en 2012, que afectó al río Marañón y generó preocupaciones sobre la calidad del agua y la salud de las comunidades aguas abajo. También se han reportado problemas en otras regiones mineras, como Pasco y Puno.

Debido a ello el gobierno peruano ha implementado regulaciones ambientales para controlar la contaminación del agua, pero a menudo se ha enfrentado a críticas sobre la efectividad de su aplicación y supervisión, especialmente en áreas remotas donde la minería es una fuente importante de empleo y desarrollo económico, con el fin de garantizar la calidad del agua y su vertimiento a los ecosistemas, en el Perú es obligatorio cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA, según el D.S. N° 004-2017-MINAM) en el cuerpo de agua receptor, así como respetar los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes líquidos minero-metalúrgicos (según el D.S. N° 010-2010-MINAM). (MINAM, 2017)

Según la revista minería, en los últimos años la actividad minera en Cajamarca conlleva la exposición de minerales sulfurosos al aire y al agua. Estas aguas ácidas, con bajo pH y altas concentraciones de metales pesados como arsénico, plomo, cadmio y cobre, representan una seria amenaza para la vida acuática y la salud humana. La principal preocupación radica en que estas aguas tóxicas pueden infiltrarse en ríos y arroyos cercanos, causando una grave contaminación que afecta la biodiversidad y la seguridad alimentaria de las comunidades locales que dependen de estos recursos hídricos para la pesca y la agricultura (Vidalón, 2022).

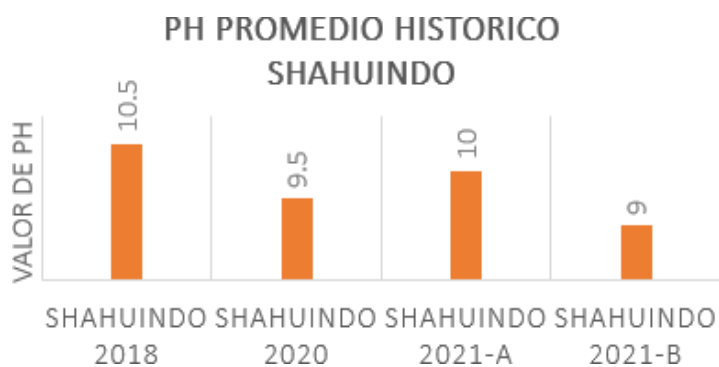
Finalmente, la unidad Minera Shahuindo, ha realizado estudios y tratamientos al agua con un fin de minimizar los impactos causados al Medio Ambiente en ese sentido se ha realizado estudios donde ha podido obtener datos de neutralización del agua a los largo de unos años como se muestra en la Figura 1.2, Teniendo como estándares el ECA-3 (pH entre 6.5-8.5) y los LMP (pH entre 6-9) se plantea ante esta problemática implementar un tren de tratamiento

principal de aguas ácidas, con el objetivo de reducir la acidez de las aguas de mina, con ello investigamos y seleccionamos las tecnologías y procesos más adecuados para tratar las aguas ácidas según las condiciones específicas de la mina, Asimismo, se identifica los riesgos potenciales asociados con el tratamiento de aguas ácidas y se asegura cumplir con las regulaciones ambientales locales y nacionales.

Figura 1.1 Poza de relave Unidad Minera Shahuindo - Cajamarca



Figura 1.2 Promedio Histórico de Neutralización del Agua de relave Minero



1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo implementar un tren de tratamiento principal de aguas ácidas para reducir la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo determinar los parámetros del diseño mecánico para dar inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?

¿Cómo desarrollar los procesos de fabricación para cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?

¿Cómo desarrollar el proceso de montaje para garantizar el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar como la implementación de un tren de tratamiento principal de aguas ácidas reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar los parámetros del diseño mecánico para dar inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

Desarrollar los procesos de fabricación para cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

Desarrollar el proceso de montaje para garantizar el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación técnica

Hablar de justificación técnica, se refiere a la generación de innovaciones en el ámbito de la disciplina, lo cual puede entenderse como la creación de nuevos dispositivos o equipos que puedan ser patentados (Baena, 2017)

La razón detrás de la justificación técnica de esta investigación radica en la introducción de enfoques y técnicas novedosas en el desarrollo, con el objetivo de obtener resultados superiores en los procesos de diseño, fabricación y montaje de los componentes que formarán parte del tren de tratamiento principal, de aguas ácidas de mina.

1.4.2 Justificación practica

Según Baena (2014), señala que una investigación tiene el potencial de producir aportes concretos, ya sea de manera inmediata o mediata, vinculados a la situación real que ha sido objeto de estudio.

La presente investigación se justifica por su relevancia practica dado que el objetivo es poder solucionar un problema real de la unidad minera Shahuindo, el cual requiere de un tratamiento al agua acida del relave, es por ello que se hace necesario la implementación del tren de tratamiento principal que cumplan con criterios de diseño, fabricación y montaje para que sea óptimo para realizar el proceso de tratamiento.

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Delimitante teórica

Según lo planteado por Carrasco (2005), la delimitación teórica implica la disposición ordenada y deductiva de los temas centrales que componen el marco teórico, dentro del cual se sitúan las variables relacionadas con el problema de investigación.

Para la investigación se ha consultado la Norma API 650, Norma AWS D1.1 y Códigos ASME B31.1/B31.3, así como los manuales y catálogos de los equipos para obtener la información necesaria, es por ello que la delimitación teórica, que se presenta en la investigación se va a dar en función a los criterios de diseño para tanques y estructuras metálicas, evaluando las normas que se dan en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.5.2 Delimitante temporal

El delimitante temporal según el autor Cordero (2020), señala la importancia de establecer el período, ya sea retrospectivo o prospectivo, en el cual se llevó a cabo el estudio del evento, situación, fenómeno o población investigada.

En consecuencia, la delimitación temporal, va a ser en el periodo de 1 año aproximadamente, siendo este el periodo en el que será analizado el periodo diseño, fabricación y montaje del tren de tratamiento principal de aguas ácidas de mina.

1.5.3 Delimitante espacial

Según el autor Cordero (2020) explica que se refiere a las delimitaciones del espacio geográfico donde se llevará a cabo una investigación.

En tanto la delimitación espacial que tenemos para diseñar, fabricar y montar el tren de tratamiento de aguas ácidas de mina son las instalaciones de la unidad minera Shahuindo - Cajamarca.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Pardave, Serrano y Castillo (2022), en su investigación titulada “Tratamiento de drenajes ácidos de mina (DAM) mediante filtros elaborados con relave minero”, tiene por objetivo elaborar una estrategia innovadora y económica para un adecuado tratamiento enfocado en la neutralización del pH, el diseño es experimental – preexperimental tomando como muestra cinco filtros elaborados con relave minero, para llevar a cabo este trabajo, se utilizó la metodología de Design Thinking (Definir, Idear, Prototipar, probar) como base. Esta metodología se enfoca en recopilar información relacionada con el problema que se busca resolver y comprenderlo desde una perspectiva creativa a través de métodos iterativos. Se busca acercarse a los materiales y procesos de producción utilizados en la implementación de las soluciones, finalmente se obtiene un diseño el cual define los medios filtrantes, caracteriza el agua y verifica la funcionalidad de la neutralización del pH y la remoción de sólidos; como instrumentos se utilizó una lista de cotejo y una matriz de análisis. Como conclusión tenemos que la presencia de cal y carbonatos en el relave minero permite neutralizar o tratar las aguas ácidas de mina cumpliendo con los valores de pH en vertimientos estipulados para el sector minero establecidos mediante resolución dentro del país.

Loayza (2018), en su tesis titulada “Diseño y construcción de una columna con piedra caliza para reducción de hierro y cobre en agua de drenaje ácido de mina”, tiene como objetivo diseñar un sistema a base de piedra caliza para reducción de hierro y cobre en el agua de drenaje ácido de mina y calcular el porcentaje de remoción de hierro y cobre del agua de drenaje ácido al finalizar el proceso de experimentación, El diseño fue experimental para lo cual se colectó como muestra 120 L de agua de drenaje ácido minero (DAM) a la salida del proyecto

minero en el cantón Portovelo, Provincia de Oro. Se utilizaron tres granulometrías distintas de piedra caliza para realizar el experimento basándose en autores y en criterios que se ha obtenido en el transcurso de la carrera, se utilizaron técnicas de recolección de datos tanto como la observación y el análisis de contenidos en cuales se hizo el uso de instrumentos como la guía de observación, lista de verificación entre otros. Se realizó mediciones de pH el mismo que tenía un valor inicial de 1.99 y el tratado de 7.24 estos valores cumplen con la normativa ambiental nacional. En conclusión, el uso de la piedra de cal adecuada demuestra en un nivel de laboratorio que es capaz de reducir la acidez de aguas de mina y reducir las concentraciones de metales cumpliendo con las normativas vigentes nacionales para el agua.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Andamayo (2019), en su tesis titulada “Tratamiento de aguas ácidas para la obtención de agua tipo III en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Tinyahuarco - Pasco – 2019”, Plantea como objetivo de la investigación que es la supresión de la acidez y la precipitación de los metales. Para ello actúan cambiando las condiciones de Eh y pH del influente de forma que se favorezca la formación de especies insolubles que precipiten y retengan la carga contaminante, En esta investigación se desarrolla en un Diseño Experimental ya que se basa en la obtención de la información, manipulando las variables. Como muestra de estudio es el recojo de las muestras líquidas que serán analizadas en el laboratorio tomando en cuenta que un litro de agua ácida dará inicio a las pruebas que se va corregir en cada momento. Los instrumentos para su validación están comprendidos en el método de la observación y análisis documental, observación directa del campo, se detalla los parámetros de tratamiento de agua, cálculo realizado en la planta piloto de tratamiento de agua en Huachuacaja, donde se ha tomado muestras de las columnas de adsorción para el control de metales disueltos que ingresa de la poza de agua de alimentación a las columnas, contrastándose el flujo del flujómetro para ello se ha tenido en cuenta un volumen determinado del cilindro siendo 0,2019 m³. En

conclusión, con la implementación de la planta piloto se logra tratar las aguas ácidas de las operaciones mineras, el cual logra captar metales disueltos y obtener agua para riego cumpliendo con las regulaciones ambientales para el agua según ECA-3 y LMP asimismo se demuestra la importancia del uso de carbonato de calcio para el tratamiento de aguas ácidas de mina.

López y Quispe (2019), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un tanque de neutralización de aguas ácidas, reduciendo la contaminación ambiental, con software de diseño estructural, mina Tantahuatay- Cajamarca”, plantea como objetivo diseñar y construir un tanque de neutralización de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de la mina Tantahuatay, El tipo de investigación es de tipo tecnológica y aplicativo ya que los resultados se aplicarán para la fabricación del tanque neutralizador de aguas ácidas en la minera Tantahuatay, con el fin de reducir la contaminación al medio ambiente, Para el análisis de la neutralización, se tomó 10 muestras de 250 ml al azar de agua del río Llaucano, Para el diseño y construcción de un tanque neutralizador, se usaron técnica documental, documentos de tesis anteriores como fuentes de investigación que deberán cumplir con la veracidad, objetividad y confiabilidad, de la investigación. También se tomaron fotografías y fuentes propias para la recolección de datos de la construcción del tanque, normativas, registros, de pruebas de calidad elaborados en la inspección de soldadura y recubrimiento superficial del tanque. También se usó la técnica empírica para la medición directa del pH de las muestras tomadas usando papel indicador. Al seleccionar las normas técnicas se construirá el tanque de neutralización, cumpliendo dichas normas. La selección correcta de normas: API 650 (Para el dimensionamiento, características del tanque y requisitos de las pruebas de conformidad de la construcción). Como conclusión se puede determinar el correcto uso de la normativa API 650 como base para realizar las pruebas de calidad que garanticen las uniones soldadas.

Medina (2018), en su tesis titulada “Diseño y operatividad de la planta de neutralización de aguas ácidas de Mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera

Volcán S.A.A.”, plantea como objetivo diseñar una planta de Neutralización para el tratamiento de aguas ácidas de mina, Implementación de una planta de Neutralización previo dimensionamiento y determinación de los parámetros operativos para el tratamiento de un determinado, según el diseño para el desarrollo de este trabajo se empleó una investigación tipo descriptivo aplicativo y una investigación de diseño experimental donde la muestra es la planta de neutralización de aguas ácidas y la técnica utilizada para la recolección de datos es la observación. En conclusión, el método descrito es el más aplicado en el mundo y ya se aplicó en Cerro de Pasco en la Planta de Neutralización que trata las aguas de mina por ende resulta viable y apropiado en esta investigación.

2.2 Bases teóricas

El propósito fundamental de la exploración de teorías y los temas que abordaremos en los siguientes apartados es ayudarnos a obtener nuestros objetivos en el contexto de esta investigación que consiste en la implementación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas de la unidad minera Shahuindo. A lo largo del desarrollo de este trabajo, se hará referencia a las teorías de manera específica y siguiendo la secuencia de la investigación.

2.2.1 Mecánica de Materiales

Según Hibbeler (2006), no dice que la mecánica de materiales es una disciplina que se enfoca en analizar las fuerzas externas que se aplican a un material susceptible de deformación, así como en evaluar las fuerzas internas que surgen en su interior como resultado de esas cargas. Este campo implica el cálculo de las deformaciones sufridas por el material y la evaluación de la estabilidad de la estructura cuando se enfrenta a fuerzas externas ajenas a su diseño original.

El diseño de cualquier estructura o máquina, es indispensable usar los principios estáticos para determinar las fuerzas que actúan en él, también se toma gran importancia al material del cual este hecho, por ende, es importante conocer el

comportamiento del material para hacer el uso de ecuaciones que nos ayudaran a los cálculos de materiales. es por ello que muchos de los códigos de ingeniería se definen en la mecánica de materiales. Para el equilibrio de un cuerpo deformable se debe tener las siguientes consideraciones:

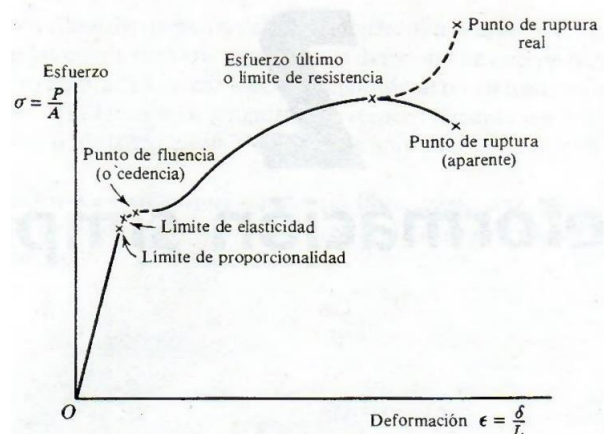
- Cargas Externas
- Fuerzas de superficie
- Fuerza de cuerpo
- Reacciones en los soportes

Ecuaciones de equilibrio: Se requiere un balance de cuerpos para que el cuerpo no se traslade y balance de momentos para que el cuerpo no gire.

$$\sum F_X = 0, \quad \sum F_Y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad (2.1)$$

Curva de esfuerzo – deformación: Esta se obtiene por acción de una carga estática, normalmente en muchos materiales al inicio tiene una región elástica lineal, al momento donde la línea recta empieza a desviarse se le conoce (LEP), una vez que deja de actuar la carga, al punto más allá de la curva se presenta la deformación plástica, conocido como límite plástico (Ma san, 2013).

Figura 2.1 Diagrama de esfuerzo - deformación de materiales



Fuente: Resistencia de materiales (Pytel y Singer. 1994, p. 28)

Ma San (2013), menciona que:

El punto en el cual el material sigue la ley de Hooke se conoce como el límite de proporcionalidad. La forma en la que podemos calcular el módulo de elasticidad de un material es la siguiente:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \text{ es la pendiente de la curva} \quad (2.2)$$

El límite elástico es la tensión máxima que puede aplicarse al material sin que ocurra una deformación (al retirar la tensión).

El límite de fluencia (S_y), es el punto donde el material pasa de elástico a plástico. El límite de rotura o resistencia a la tracción (S_u), es la máxima tensión que alcanza el material en el diagrama Deformación – Tensión.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.3)$$

Donde:

ε = Alargamiento (deformación unitaria).

δ = Deformación.

λ = Longitud original del cuerpo.

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \text{ Ley de Hooke} \quad (2.4)$$

Esta ley nos dice que, dentro de cierto límite, la tensión de un material proporcional a la deformación que origina.

Donde:

E = Modulo de Young o de elasticidad (Kg/cm^2).

2.2.2 Método de diseño de esfuerzo Admisible (ASD)

Los niveles máximos de esfuerzo permitidos para el diseño del producto Sd se encuentran detallados en la Tabla 5-2 del estándar API 650. En los cálculos, se debe emplear el espesor efectivo de la lámina, es decir, el espesor real menos la tolerancia a la corrosión.

El esfuerzo de diseño máximo admisible de producto, Sd, deberá ser el menor entre los siguientes valores:

- Dos tercios de la resistencia a la fluencia ($2 \cdot S_y / 3$) del material.
- Dos quintos de la resistencia de tensión ($2 \cdot S_u / 5$) del material. (API estándar 650, 2013, sección 5.6.2).

Combinaciones de carga

Se consideran las combinaciones para el método de diseño ASD (Allowable Stress Design) especificado en el API estándar 650. Las mismas que se listan como sigue:

- Fluido almacenado $DL+F$
- Para la prueba hidrostática $DL+Ht$
- Para cargas de viento $DL+W$
- Para cargas gravitacionales $DL+Lr$
- Para cargas con sismo $DL+F+E$

2.2.3 Propiedades de los Materiales

La alta resistencia del metal junto con su facilidad para ser trabajado lo convierte en un material excelente para una amplia gama de aplicaciones de construcción. Los metales exhiben características físicas distintivas, entre las cuales se encuentra su capacidad de conducir electricidad.

Entre otras propiedades notables de los metales incluyen su maleabilidad, que les permite ser transformados en láminas cuando se someten a esfuerzos de compresión, y su ductilidad, que les permite ser moldeados en alambres y hilos bajo esfuerzos de tracción. Además, los metales exhiben tenacidad al resistir roturas o fuerzas súbitas, como golpes.

La resistencia mecánica es otra propiedad sobresaliente de los metales, ya que pueden soportar tensiones de tracción, compresión, torsión y flexión sin deformarse ni romperse. Estos materiales suelen ser opacos y tienen un brillo característico. Además, poseen una alta densidad y un punto de fusión elevado, son duros y actúan como buenos conductores de calor y electricidad (Sartre y Muñoz, 2010).

2.2.4 Control de calidad

Según Mares (2018), implica la implementación de procedimientos y prácticas para asegurar que los productos cumplan con las especificaciones de diseño y las tolerancias establecidas.

Inspección y Pruebas: Se realizan inspecciones visuales y pruebas mecánicas o químicas para verificar la calidad de los productos. Esto puede incluir el uso de herramientas de medición, análisis de materiales y pruebas de rendimiento.

Cumplimiento de Estándares: La calidad se evalúa en función de estándares y normativas específicas que definen los requisitos para productos y procesos, como ISO 9001.

Gestión de Defectos: Se establecen protocolos para identificar, documentar y abordar cualquier defecto o no conformidad que pueda surgir durante la fabricación.

Mejora Continua: Se busca constantemente formas de mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos de fabricación, reduciendo defectos y optimizando la producción.

Satisfacción del Cliente: La calidad también se evalúa según la satisfacción del cliente. Los productos deben cumplir no solo con especificaciones técnicas, sino también con las expectativas y necesidades del cliente

2.2.5 Química del Agua

La química del agua se refiere al estudio de las propiedades químicas y el comportamiento de la molécula de agua (H₂O) y su interacción con otras sustancias químicas. Uno de los conceptos fundamentales en la química del agua es el equilibrio de ionización del agua, que se expresa mediante la ecuación química:



En esta ecuación, el agua (H₂O) se disocia en iones hidrógeno (H⁺) e iones hidroxilo (OH⁻). Esto da lugar a la medida del pH, que indica la concentración de iones hidrógeno en una solución y, por lo tanto, la acidez o alcalinidad de dicha solución. Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7 indica alcalinidad, y un pH de 7 es considerado neutro.

Esta ecuación también refleja la importancia de la relación entre los iones hidrógeno e hidroxilo en el agua, ya que determina su capacidad de actuar como un ácido o una base en reacciones químicas. La química del agua es esencial para comprender una amplia variedad de procesos químicos y físicos en la naturaleza y en aplicaciones industriales y científicas (Valenzuela, 2014).

2.2.6 Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

El MINAM (2017), en el D.S. N° 004-2017-MINAM estableció límites máximos de contaminantes en el entorno con el objetivo de asegurar la preservación de la calidad ambiental mediante la utilización de sofisticados instrumentos de gestión ambiental y rigurosas evaluaciones. Estos documentos han sido creados para regular las emisiones de sustancias contaminantes:

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.
- Valor anual de concentración de plomo.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Figura 2.2 Estándar de calidad del agua tipo III

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FISICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (MINAM, 2017)

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Implementación

De manera genérica la RAE (2001), describe a la implementación como el acto de poner en práctica, aplicar de manera efectiva métodos y medidas con el propósito de ejecutar un proceso.

Según Cachay y Velezmoro (2018), definen implementación como la ejecución y puesta en marcha de una idea, plan, modelo científico diseño específico, estándar o política.

Según la lingüista Labarca (2022), la implementación es el acto y efecto de activar o poner a funcionar algo es decir es la realización, ejecución o desarrollo según algún ámbito específico.

Dada las definiciones de diversos autores presentados el presente proyecto se plantea de tal modo que pondremos en marcha el diseño previo, es decir hallaremos información crucial tales como parámetros básicos de diseño, cargas de diseño entre otros para dar paso al desarrollo de la fabricación y montaje de modo que estos garanticen el cumplimiento de especificaciones del diseño y de estándares de calidad establecidos, para una correcta operación, en tanto a continuación definiremos las dimensiones esenciales considerados para la implementación de la presente investigación.

a) Definición de Diseño

Según Vanegas (2018), el diseño involucra la concepción y creación de un objeto, producto, componente o sistema, ya sea completamente novedoso o como una modificación de una entidad existente en ese sentido, podemos hablar de tres tipos de diseño:

- Original, Se trata de la creación de algo mediante algún método basado en un concepto original.
- Adaptativo, se refiere a aplicar un sistema previamente conocido en un contexto nuevo, manteniendo el mismo enfoque o principio de solución.
- De variante, Implica realizar cambios en ciertos aspectos de un sistema sin modificar su función principal ni el principio de solución.

Para Ma San (2013), el diseño de ingeniería se refiere a la elaboración de planos esenciales que permiten que las máquinas, estructuras, sistemas o procesos operen de acuerdo con las funciones deseadas o anticipadas.

b) Importancia del diseño:

El diseño Mecánico es de gran importancia en diversos aspectos, tanto en la industria como en la ingeniería en general, debido a sus múltiples beneficios:

Eficiencia y rendimiento: Un diseño mecánico adecuado busca maximizar la eficiencia y el rendimiento de máquinas y sistemas, lo que conduce a un uso más eficiente de recursos como energía, materiales y tiempo.

Seguridad: El diseño mecánico debe garantizar la seguridad de las personas que operan o interactúan con las máquinas o estructuras. Un diseño deficiente puede resultar en accidentes graves.

Durabilidad y confiabilidad: Un buen diseño mecánico se enfoca en la durabilidad y la confiabilidad de los productos o sistemas, lo que reduce los costos de mantenimiento y aumenta la vida útil.

Economía: Un diseño eficiente puede reducir los costos de producción y operación, lo que mejora la competitividad en el mercado.

Cumplimiento normativo: El diseño mecánico debe cumplir con las regulaciones y estándares aplicables, lo que evita problemas legales y sanciones.

Innovación: El diseño mecánico permite la innovación en la creación de nuevos productos y sistemas que pueden revolucionar industrias enteras.

Sostenibilidad: El diseño mecánico puede contribuir a la sostenibilidad al reducir el consumo de recursos naturales y minimizar el impacto ambiental.

Facilita la fabricación y montaje: Un diseño mecánico bien pensado simplifica el proceso de fabricación y montaje, lo que ahorra tiempo y dinero.

Optimización de recursos: Permite el uso eficiente de materiales, lo que reduce el desperdicio y contribuye a la conservación de recursos naturales.

Mejora la competitividad: Un diseño mecánico de alta calidad puede hacer que un producto o sistema sea más competitivo en el mercado global.

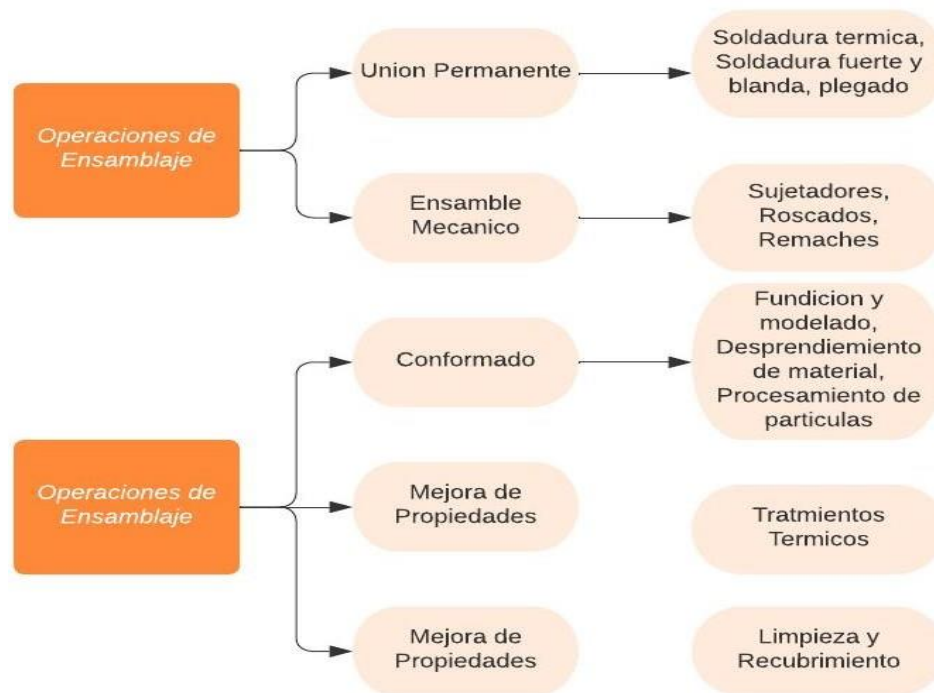
En resumen, el diseño mecánico es fundamental para lograr productos y sistemas eficientes, seguros, confiables y sostenibles. Contribuye a la mejora de la calidad de vida, la innovación tecnológica y la competitividad de las empresas, por lo que desempeña un papel esencial en la ingeniería y la industria. (Vanegas, 2018)

c) Fabricación

La fabricación se refiere al proceso de crear productos físicos a partir de materias primas, componentes o materiales semielaborados mediante una serie de operaciones y procesos industriales. En este proceso, se transforman los materiales en productos acabados siguiendo un diseño o plan previamente establecido. La fabricación puede abarcar una amplia variedad de industrias y sectores, desde la fabricación de productos electrónicos y automóviles hasta la producción de alimentos y productos químicos. Algunas de las actividades

comunes en el proceso de fabricación incluyen el corte, ensamblaje, soldadura, fundición, mecanizado, moldeo, pintura, y muchas otras, dependiendo del tipo de producto que se esté fabricando.

Figura 2.3 Clasificación de procesos de fabricación



Fuente: Implementación de las herramientas de manufactura esbelta (Rodríguez. 2016, p. 12)

Para la presente investigación se toma en consideración de mayor importancia la fabricación del tren de tratamiento principal que esencialmente este compuesto por tanques por ello a continuación detallaremos procesos para la fabricación de un tanque.

Conforme a Aldaz (2014), para llevar a cabo la producción de un tanque de almacenamiento, es esencial comprender la secuencia de operaciones requeridas para cada componente del tanque y los métodos empleados en su construcción. Esto se puede sintetizar de la siguiente manera:

Proceso de trazado

El proceso de trazo en plancha de acero se refiere a la técnica de marcar y dibujar patrones, dimensiones, líneas de corte y otras indicaciones en una plancha de acero antes de realizar operaciones como el corte, doblado, perforación o soldadura. Este proceso es esencial en la fabricación de estructuras metálicas, piezas y componentes de acero, ya que permite asegurar la precisión y la calidad de las operaciones subsiguientes. Podemos utilizar rayador metálico, compas, gramil.

Figura 2.4 Rayador metálico o granete



Fuente: Procesos para la fabricación y montaje de tanques de combustible (Aldaz. 2014, p. 40)

Figura 2.5 Compas de trazo



Fuente: Procesos para la fabricación y montaje de tanques de combustible (Aldaz. 2014, p. 41)

Figura 2.6 Trazado de planchas de acero



Fuente: Plantilla de soldadura (Buezo, 2015)

Proceso de corte

Se considera a la operación mecánica donde se separa las láminas metálicas en una sección de forma determinada conforme a planos de habilitado, esto podrían ser por diferentes métodos tales como: corte por plasma, corte por oxicorte entre otros.

Figura 2.7 Habilitado por oxicorte



Proceso de biselado

Se conoce de esta manera al perfilado es decir corte en diagonal u oblicuo de la lámina de acero generalmente con biseladoras o amoladoras.

Figura 2.8 Biselado con equipo biseladora



Procesos que involucran la modificación de la forma mediante deformación plástica

En estos procesos, los materiales se ven sometidos a fuerzas que exceden la región elástica y alcanzan el punto de fluencia, pero sin llegar a sobrepasar el punto de ruptura. Esto permite que el material quede permanentemente deformado de la manera deseada tales como rolado y plegado.

Figura 2.9 Rolado de planchas de tanque



Proceso de soldadura

Estos procesos son cruciales en la producción de las piezas para tanques de almacenamiento. A continuación, enumeraremos los más comúnmente empleados en este proceso de manufactura:

Proceso SMAW: El cual se realiza mediante la formación de un arco eléctrico entre el electrodo y el material base.

Proceso GMAW: El cual se realiza por arco bajo protección de gas activo y con alimentación continua de alambre sólido.

Proceso FCAW: Proceso de Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente.

Proceso GTAW: La soldadura TIG, que también recibe el nombre de soldadura por arco de tungsteno bajo protección de gas, es un método de soldadura que implica la creación de un arco entre un electrodo de tungsteno y el área de unión.

En este proceso, se utiliza gas de protección y no se ejerce presión sobre la zona de soldadura.

Figura 2.10 Soldeo por proceso de GMAW



Proceso de preparación superficial

Este procedimiento es de suma importancia previo a la fase de pintado, ya que, si no se ejecuta correctamente, puede dar lugar a la corrosión incluso después de la aplicación de la pintura en toda la superficie del tanque. Los métodos para llevar a cabo una apropiada preparación de la superficie incluyen:

Utilización de solventes para limpieza, limpieza manual, limpieza mediante medios mecánicos, uso de flama para limpieza, aplicación de chorro abrasivo para limpieza, empleo de procesos químicos para limpieza, influencia de los agentes atmosféricos en la limpieza.

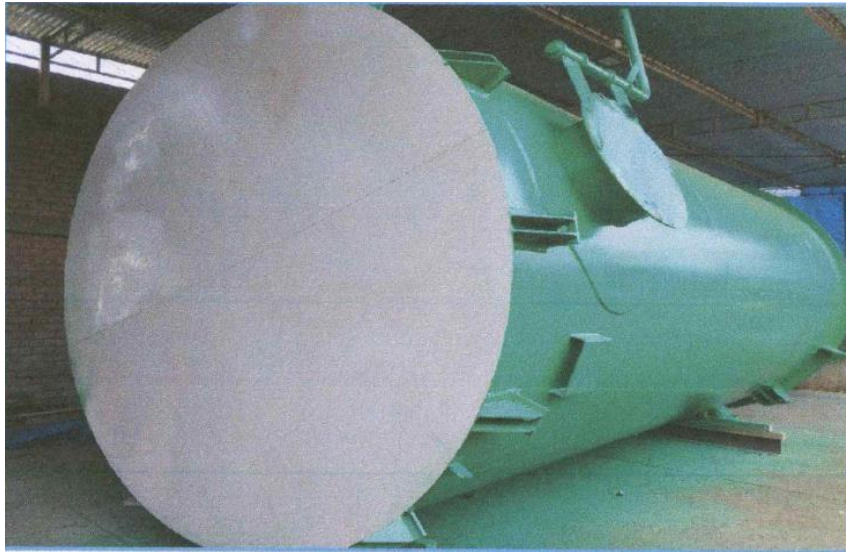
Figura 2.11 Limpieza por chorro abrasivo



Proceso de recubrimiento superficial

Estos procedimientos se emplean con el propósito de prevenir el deterioro de los materiales que serán objeto de pintura, con el fin de evitar gastos adicionales en futuras reparaciones. Por lo general, esta fase constituye la etapa final en cualquier proceso de producción, ya que es necesario que la estructura en cuestión esté completamente ensamblada para llevar a cabo el último repaso en este procedimiento.

Figura 2.12 Recubrimiento superficial



d) Montaje de estructuras:

En el montaje de estructuras metálicas, la elección y aplicación de métodos de montaje adecuados son cruciales para garantizar la seguridad, la eficiencia y la calidad de la construcción. Aquí se destacan varios aspectos clave:

Secuencia de Ensamblaje: Antes de comenzar el montaje, es esencial planificar la secuencia de ensamblaje. Esto implica determinar el orden en que se instalarán los diferentes componentes de la estructura, como vigas, columnas, diagonales y conexiones. La secuencia de ensamblaje debe diseñarse de manera que garantice la estabilidad temporal de la estructura durante todo el proceso de construcción.

Elevación y Manipulación: La mayoría de los elementos estructurales metálicos son pesados y voluminosos, por lo que se requiere maquinaria especializada para su elevación e instalación. Esto puede incluir grúas, montacargas, plataformas elevadoras, entre otros equipos. Es fundamental contar con personal capacitado para realizar estas operaciones de manera segura y precisa.

Fijación y Conexiones: Las conexiones entre los miembros estructurales deben realizarse de acuerdo con los diseños estructurales y las especificaciones del proyecto. Esto puede implicar el uso de pernos de alta resistencia, soldadura u otros métodos de fijación. La correcta alineación y ajuste de las conexiones son esenciales para garantizar la integridad de la estructura.

Alineación y Nivelación: Durante el montaje, se debe prestar especial atención a la alineación y nivelación de los componentes. Una estructura mal alineada o desnivelada puede resultar en problemas de estabilidad y seguridad a largo plazo. Nivelar y ajustar con precisión las piezas es una parte fundamental del proceso.

Inspección y Control de Calidad: A medida que se ensambla la estructura, se deben realizar inspecciones periódicas para verificar la calidad de la mano de obra y asegurarse de que se cumplan las tolerancias especificadas. Esto implica la revisión visual, la medición de dimensiones críticas y la detección de posibles defectos.

2.3.2 Producción de Aguas Ácidas

La producción de aguas ácidas está influenciada por varios factores, que incluyen la presencia de pirita, la disponibilidad de oxígeno, la humedad en la atmósfera y la disponibilidad de agua para transportar los productos de oxidación. También, las características de la mina o de los depósitos estériles juegan un papel importante. La velocidad de reacción depende de una serie de variables, como el pH y la temperatura del agua y el entorno, el tipo de mineral sulfuroso y su superficie expuesta, la concentración de oxígeno, la presencia de agentes catalíticos y la actividad química del hierro férrico. Además, se requiere una cierta cantidad de energía para iniciar la reacción.

En algunos casos, es posible intervenir en algunas de estas variables para reducir la formación de aguas ácidas. Por ejemplo, en ocasiones, se implementa

una explotación minera a cielo abierto en lugar de una subterránea, lo que permite recoger las aguas de escurrimiento que luego se introducen en la mina. La acidez se relaciona con el nivel de pH del agua. Si el pH del agua disminuye, el agua se vuelve altamente corrosiva.

Además, el agua se vuelve corrosiva cuando la solubilidad de muchos metales pesados aumenta, lo que puede llevar a que las aguas sean tóxicas. Por otro lado, cuando el pH del agua aumenta, suele ocurrir la precipitación de metales pesados disueltos. En este sentido, se puede afirmar que cada metal tiene un valor específico de pH en el cual precipita (Baquero, 2008).

a) Procesos de tratamientos de drenajes ácidos

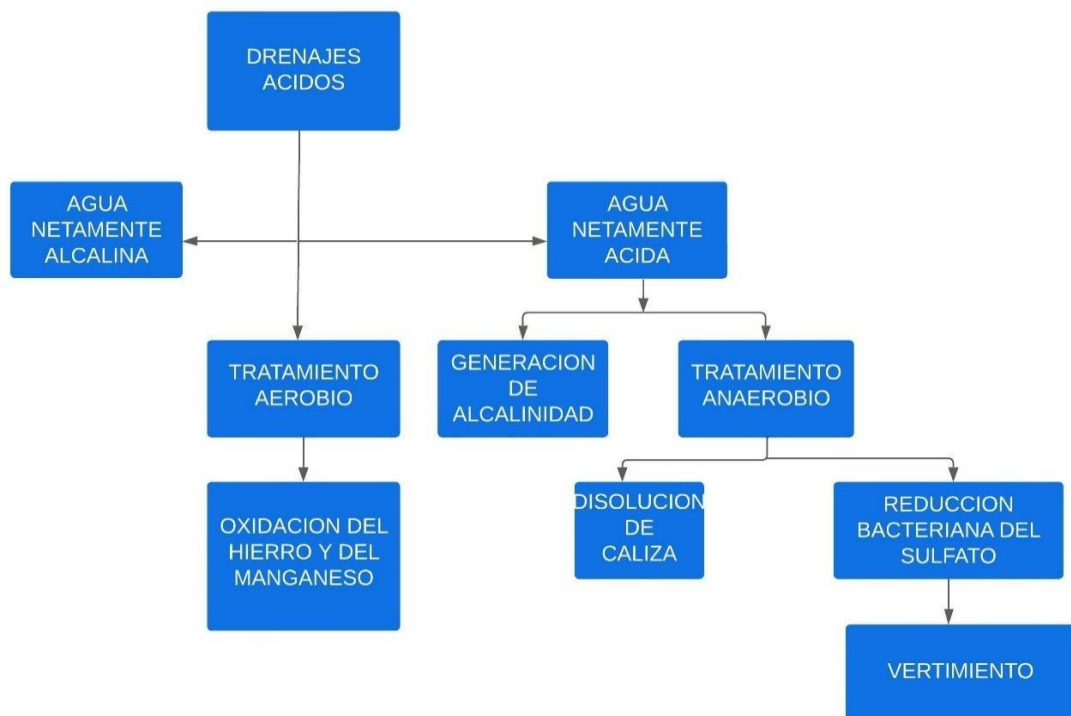
Los tratamientos tienen como fundamento conceptual la neutralización con sustancias de características alcalinas entre las que más destacan podemos mencionar a la cal, cal hidratada, soda caústica entre otras; con el fin de conseguir logrando así contemplar las condiciones idóneas para la que los metales pesados sean precipitados. El pH es un agente actuador durante este proceso pues las precipitaciones de los metales pesados ocurren cuando el pH se encuentra en valores que fluctúan entre 10 y 8.5. Bajo estas condiciones podemos determinar la correlación entre las características químicas de los metales y los niveles de pH siendo estos los que permiten, por ejemplo al hierro ferroso su conversión a hidróxido ferroso con indicadores de pH superiores a 8.5 como así el manganeso se convierte en una sustancia insoluble en valores de pH superiores a 9.5, el aluminio cambia sus características al precipitarse con valores de pH menores a 5.5 sin embargo con valores superiores a 8.5 vuelve a ser soluble, es así que por los diferentes comportamientos de los metales interactuando con los niveles de pH podemos concluir que para cada tipo de concentración en específico se deberá de elegir el tratamiento químico más óptimo.

En su gran mayoría los sistemas de tratamientos para elevar el pH hasta valores cercanos al 9.0, para lograr así que los hidróxidos sean precipitados, para ello se realiza en tres etapas generalmente las cuales son:

- Oxidación
- Dosis con sustancias de condiciones alcalinas
- Sedimentación.

En minería los tratamientos de agua acida se desarrollan con la adición de insumos como la cal, caliza, soda caustica y carbonato sódico (Pamo, 2002)

Figura 2.13 Secuencia de tratamiento de aguas en función a contenido de alcalinidad y acidez



Fuente: Drenaje acido de mina (Aduvire. 2006, p. 118)

b) Generación de acidez

La generación de acidez en el contexto de aguas ácidas se debe a procesos de oxidación de minerales que contienen sulfuros, como la piritita (FeS_2). Esta generación de acidez se basa en reacciones químicas usadas en la literatura

científica; una de las ecuaciones químicas fundamentales que describe la generación de acidez a partir de la oxidación de sulfuros es la siguiente:

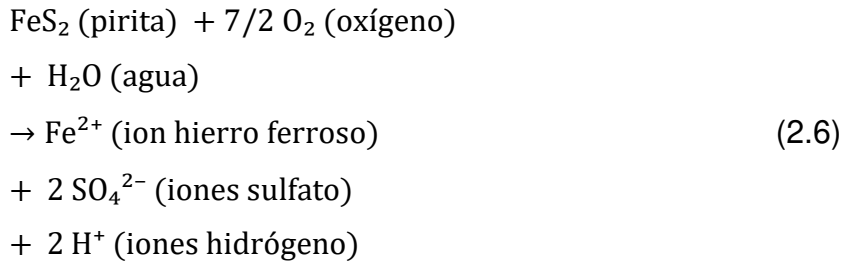
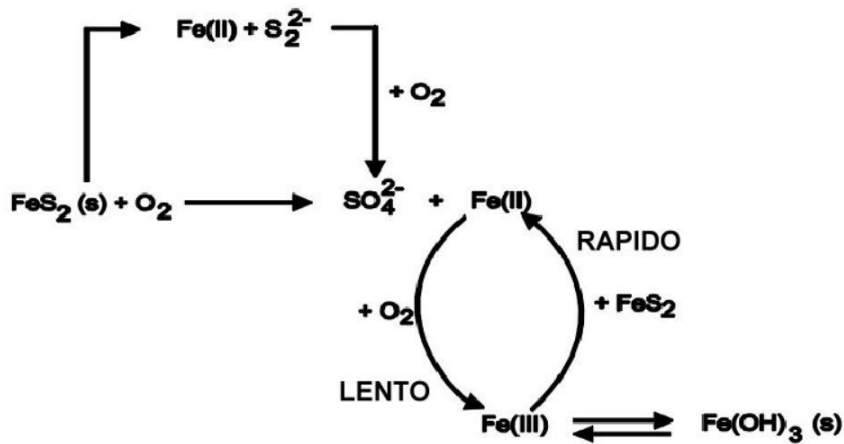


Figura 2.14 Formación de aguas ácidas de mina



Fuente: Drenaje ácido de mina (Aduvire. 2006, p. 11)

Esta reacción muestra cómo la pirita, en presencia de oxígeno y agua, se oxida para formar iones de hierro ferroso, iones sulfato y iones de hidrógeno (H^+), lo que conduce a la acidificación del agua circundante.

Esta información se basa en conceptos ampliamente aceptados en la química y la geoquímica relacionada con la generación de aguas ácidas debido a la oxidación de sulfuros (Kirschbaum y Murray, 2011).

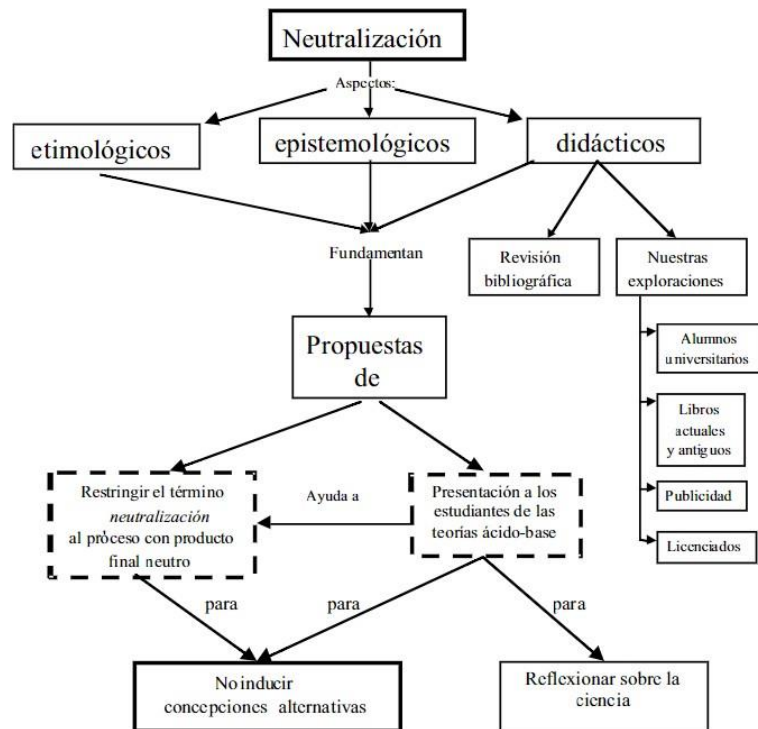
c) Neutralización química

La neutralización es un proceso químico que se basa en el principio de la conservación de la carga eléctrica y la ley de acción de masas. Cuando un ácido

y una base reaccionan, los iones hidronio (H_3O^+) del ácido y los iones hidroxilo (OH^-) de la base se combinan para formar agua (H_2O), mientras que los iones restantes se combinan para formar una sal. Esto resulta en una solución en la que el pH se acerca a 7, lo que indica neutralidad.

La neutralización ácido-base puede ser complicada debido a las concepciones alternativas que los investigadores a menudo desarrollan. Algunos de estos conceptos erróneos pueden incluir la idea de que la neutralización significa que los ácidos y las bases se "destruyen" mutuamente o que simplemente se mezclan sin cambios químicos (Liso y Torres, 2002).

Figura 2.15. Neutralización Química



Fuente: La neutralización ácido-base a debate. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas (Liso y Torres, 2002, p. 2)

d) Categorías de drenaje de Mina

Para identificar el tipo de drenaje, es esencial llevar a cabo una exhaustiva evaluación de las condiciones físicas del entorno, el clima local y realizar un

análisis de los efluentes provenientes de la mina. Esto implica la recolección de muestras de agua y sedimentos que posteriormente se someten a análisis de laboratorio para determinar las concentraciones de metales presentes. Además, se emplea la medición en el lugar de diversos parámetros, como el pH, el contenido de oxígeno, el potencial redox, la conductividad, la temperatura, el hierro, la acidez/alcalinidad, la turbidez y otros.

Independientemente de la fuente que origina los drenajes de mina, estos pueden ser clasificados en dos categorías principales:

- Drenajes alcalinos o aguas residuales con bajo potencial de solubilización.
- Drenajes ácidos o aguas residuales con alto potencial de solubilización.

Tabla 2.1 Clasificación de aguas residuales en función al pH

CLASE	pH
Altamente ácidas	1,5 a 4,5
Blandas, ligeramente ácidas	5,0 a 7,0
Duras, neutras a alcalinas	7,0 a 8,5
Blandas, alcalinas	7,5 a 11,0
Muy salinas	6,0 a 9,0
Blandas ácidas	3,5 a 5,5

Fuente: DRENAJE ACIDO DE MINA (Aduvire. 2006, p. 6)

Notas:

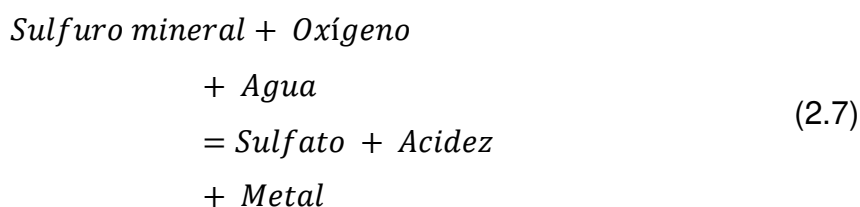
1. Agrupado en 6 categorías.

Tabla 2.2 Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad

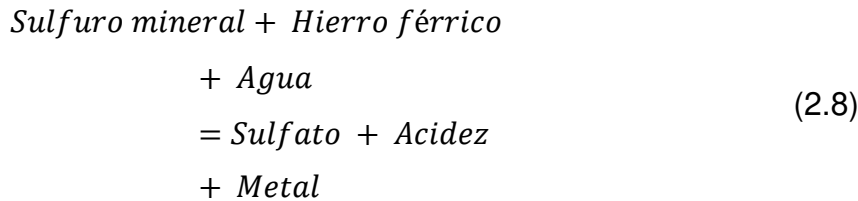
CLASE	pH	DESCRIPCIÓN
Acido	<6	- Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. - Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros. - Asociado a minas metálicas, carbón y piritas.

Alcalino	> 9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> - Alta alcalinidad generada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. - Niveles de algunos metales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros. - Asociado con minería de diamantes, molienda de bauxita, cenizas de combustión de carbón.
Casi neutro	6 – 9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> - Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados períodos pueden ser ácidos o alcalinos. - Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos.
Otros	Irrelevante	<ul style="list-style-type: none"> - Puede afectar la concentración de metales. - Asociado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas, etc.

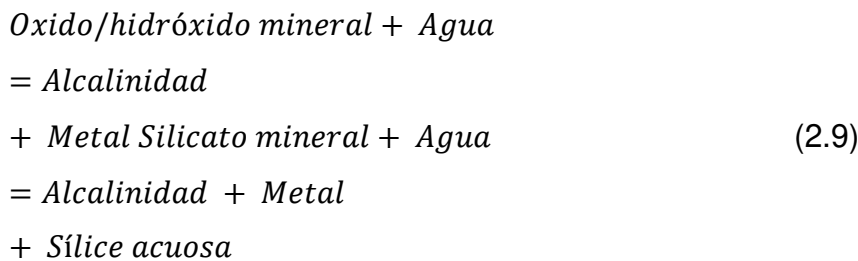
El drenaje ácido de mina (AMD) ocurre como resultado de la reacción de oxidación de ciertos minerales sulfurosos, como la pirita, pirrotita, marcasita, entre otros, cuando entran en contacto con el oxígeno atmosférico y agua:



Además, en ciertos casos, otros agentes oxidantes, como el hierro férrico, pueden sustituir al oxígeno atmosférico en el proceso de reacción, y en algunas situaciones, incluso al oxígeno presente en el agua:



En contraste, en los drenajes alcalinos de mina (LMD), la formación se debe a la disolución de minerales que incluyen óxidos, hidróxidos y silicatos:



e) Etapas en la formación de aguas ácidas

Los drenajes procedentes de minas activas o abandonadas provocan problemas de contaminación y degradación en los ecosistemas, a menudo llegando a causar la extinción de la vida acuática. Además, hacen que el agua sea inapropiada para el consumo humano debido a su acidez y altas concentraciones de metales disueltos, como hierro, manganeso, aluminio, arsénico, selenio, zinc, níquel, entre otros. También ocasionan daños en estructuras metálicas y de concreto, así como la degradación o desaparición de la vegetación y fauna en los cuerpos de agua naturales.

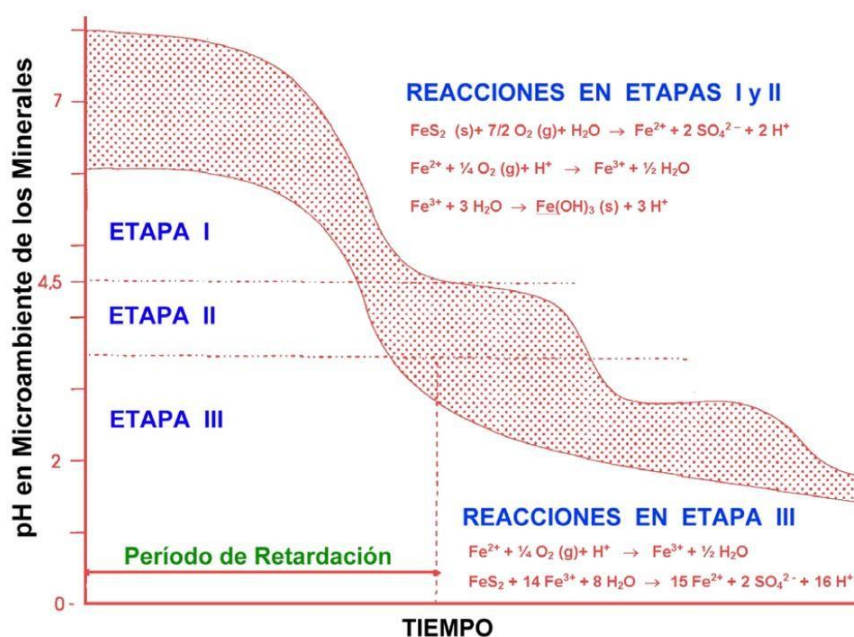
Una estrategia para prevenir la creación de aguas ácidas es llevar a cabo la neutralización de estas aguas. En este contexto, la oxidación de una tonelada de pirita resulta en aproximadamente una tonelada de hidróxido férrico y alrededor de una tonelada y media de ácido sulfúrico. El proceso completo de formación de aguas ácidas se puede dividir en tres etapas, tal como se ilustra en la Fig.18 En la primera fase, la oxidación de minerales sulfurosos provoca la liberación de hierro ferroso, que en condiciones neutras experimenta una oxidación química y

se convierte en hierro férrico. Este hierro férrico se precipita en forma de hidróxido, contribuyendo al incremento de la acidez en el entorno. Durante esta etapa, la velocidad de oxidación es reducida en ambos mecanismos de generación de acidez (directa e indirecta), y la producción de aguas ácidas debido a la oxidación causada por el aire y la actividad bacteriana (principalmente *Thiobacillus ferrooxidans*) se desarrolla a un ritmo similar. En general, la alcalinidad presente en el medio suele ser suficiente para neutralizar parcialmente la acidez que se genera de manera gradual.

En la segunda etapa cuando la acumulación de acidez excede la capacidad de neutralización del entorno, el pH desciende y la oxidación de la pirita predomina debido a la actividad bacteriana. En esta reacción, se forma sulfato ferroso que, al ser oxidado nuevamente, se convierte en sulfato férrico. A su vez, este último, en contacto con el agua, origina ácido sulfúrico e hidróxido férrico. Este último es insoluble y es el responsable de la coloración amarilla en las aguas. Durante esta etapa, la eficacia del mecanismo directo (oxidación por el aire) disminuye considerablemente, mientras que la del mecanismo indirecto aumenta significativamente.

Cuando el pH desciende por debajo de 3 en las proximidades de los granos de pirita (aproximadamente 4.5 en el agua), el ion férrico experimenta reacciones de oxidación-reducción y la actividad bacteriana puede llevar a la lixiviación directa del sulfuro de hierro para convertirlo en sulfato. En esta fase, se produce una variación en la generación de ácido, ya que aumenta la solubilidad del hierro y disminuye la precipitación del hidróxido férrico. (Aduvire, 2006)

Figura 2.16 Etapas de la formación de aguas ácidas



Fuente: Drenaje ácido de mina (Aduvire. 2006, p. 14)

Marco Normativo

API Standard 650

Este estándar cubre requerimientos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas de tanques soldados verticales cilíndricos, no enterrados con extremo superior abierto o cerrado en varios tamaños y capacidades para presiones internas aproximadas a la atmosférica (no deben exceder el peso de las láminas del techo), pero se permiten presiones internas más altas cuando se cumplen requerimientos adicionales. Este estándar aplica para tanques en los cuales la totalidad del fondo del tanque está soportado uniformemente y para tanques en servicio no refrigerado que tienen una temperatura máxima de diseño de 90 °C (200 °F) o menos.

Está diseñado para construir tanques con seguridad adecuada y costos razonables para almacenamiento de petróleo y sus derivados y otros productos líquidos comúnmente usados y almacenados por la industria petrolera. El código no establece tamaños específicos de tanques y por el contrario se puede escoger

cualquier tamaño que sea necesario. Su intención es ayudar a los clientes y a los fabricantes a comprar, fabricar y montar los tanques y no pretende prohibir la compra o fabricación de tanques que cumplan con otras especificaciones. (API estándar 650, 2013, sección 1.1.1).

Las reglas del código no son aplicables más allá de los siguientes límites en las tuberías conectadas interna o externamente al techo, cuerpo o fondo del tanque:

- La cara de la primera brida en conexiones bridadas, excepto cuando se suministren tapas o bridas ciegas.
- La primera superficie de sello en accesorios o instrumentos.
- La primera junta roscada en conexiones roscadas.
- La primera junta circunferencial en conexiones soldadas, si no están soldadas a una brida (API estándar 650, 2013, sección 1.2).

El fabricante es el responsable del cumplimiento de todos los requerimientos del código. Las inspecciones por el Inspector del Comprador, no le quitan al fabricante la obligación de suministrar el control de calidad y la inspección necesarias para garantizar tal cumplimiento. El Fabricante también deberá comunicar los requerimientos especificados a los subcontratista o suministradores relevantes que estén trabajando por solicitud del Fabricante (API estándar 650,2013, sección 1.3.1).

Para el tema de los espesores de diseño, utilizamos los siguientes puntos de la sección 5:

Espesor de la plancha de la base, según API estándar 650

Todas las láminas del fondo deberán tener un espesor nominal mínimo de 6mm (1/4 in) sin incluir ninguna tolerancia de corrosión especificada. A menos que se acuerde otra cosa con el Comprador, todas las láminas rectangulares y del borde del fondo (“sketch plates”, aquellas láminas del fondo en las cuales descansa el

cuerpo y que tienen un extremo rectangular) deben tener un ancho mínimo de 1800 mm (72 in o 6 ft) (API estándar 650, 2013, sección 5.4.1).

Cálculo del espesor de la plancha del cuerpo, según API estándar 650

Según el API estándar 650 (2013), el cálculo del espesor por el método de un 1 pie, calcula el espesor requerido en puntos de diseño localizados 0.3 m (1 ft) por encima del borde inferior de cada anillo del cuerpo. El apéndice A solo permite este método de diseño. Este método no se debe usar para calcular tanques de diámetros mayores de 60 m (200 ft) de diámetro.

El mínimo espesor requerido de cada anillo del cuerpo deberá ser el mayor valor entre los calculados por las siguientes fórmulas:

Para condición de diseño (unidades U.S.):

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA \quad (2.10)$$

Donde:

- t_d = Espesor de diseño del cuerpo (mm).
- D = Diámetro nominal del tanque (m).
- H = Nivel de diseño del líquido (m).
- G = Gravedad específica de diseño del líquido almacenado, definido por el cliente.
- CA = Tolerancia para la corrosión, definido por el cliente.
- S_d = Esfuerzo admisible para la condición de diseño (Mpa)

Para condición de prueba hidrostática (unidades U.S):

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t} \quad (2.11)$$

Donde:

- t_t = Espesor de prueba hidrostática del cuerpo (mm). 58
- D = Diámetro nominal del tanque (m).
- H = Nivel de diseño del líquido (m).
- S_t = Esfuerzo admisible para condición de prueba hidrostática (Mpa).

Debido al medio al cual estará sometido los tanques se considera un factor seguridad para espesores de anillo.

$$t_a = t_d \times f_s \quad (2-10)$$

Donde:

- t_a = Espesor de anillo (mm)
- t_d = Espesor de diseño del cuerpo (mm)
- f_s = Factor de seguridad.

Tolerancia de corrosión

Es responsabilidad del cliente determinar el sobre espesor requerido para la tolerancia a la corrosión. Se deben cumplir los requerimientos adicionales dados en este párrafo. (API estándar 650, 2013, sección 5.3.2).

El desarrollo del presente trabajo, se ejecuta de acuerdo a los criterios y prácticas de la ingeniería para este tipo de proyectos. Las normas, estándares y códigos que adicionalmente aplicamos son:

ANSI/AISC 360

La especificación para los edificios de acero estructural (ANSI/AISC 360), se aplicará al diseño, fabricación y montaje del sistema o sistemas de acero estructural con acero estructural actuando de forma compuesta con hormigón armado, cuando los elementos de acero se definen en la Sección 2,1 del Código de Prácticas Normalizadas de AISC para Edificios y Puentes de Acero (ANSI/AISC 303), en adelante denominado Código de Prácticas Normalizadas. (ANSI/AISC 360,2016, sección A1).

ASME V - IX

La sección V del código ASME contiene requisitos y métodos para el examen no destructivo (NDE). Estos métodos NDE están diseñados para detectar imperfecciones internas y de superficie en materiales, soldaduras, piezas fabricadas y componentes. (ASME V, 2019).

La sección IX del código ASME, define los requerimientos de calificación para soldadores y procedimientos de soldadura, los cuales son aplicados en fabricación, reparación y el mantenimiento de equipos sometidos a presión, calderas y equipos relacionados a estos. (ASME IX, 2019). 59

ASTM D 4285 - D 4417

La norma ASTM estándar D4285, habla sobre los métodos de prueba estándar para indicar la cantidad de aceite o agua en el aire comprimido. Se utiliza ese método de ensayo para determinar la presencia de aceite o agua que pueda haber en el aire comprimido que utilizamos para la limpieza abrasiva, de chorro de aire y operaciones de aplicación de revestimiento. (ASTM D4285, 1999).

La norma ASTM estándar D4417, habla sobre los métodos de prueba estándar para la medición de campo del perfil superficial del limpiado por granallado. Los

métodos de prueba ahí describen las técnicas para medir el perfil de las superficies limpiadas con chorro abrasivo en laboratorio, campo o taller de fabricación. (ASTM D4417, 1999).

ASCE 7 – 10

Este estándar proporciona requisitos mínimos de carga para el diseño de edificios y otras estructuras que están sujetos a requisitos de código de construcción. Las cargas y las combinaciones de carga adecuadas, que se han desarrollado para su uso conjunto, se establecen para el diseño de resistencia y diseño de tensión admisible. Para los puntos fuertes del diseño y los límites de tensión permitidos, se deben seguir las especificaciones del diseño para los materiales estructurales convencionales utilizados en edificios y modificaciones contenidas en este estándar. (ASCE 7 – 10, 2010, sección 1.1).

AWS: Code D1.1

Este código contiene los requerimientos para fabricar y armar estructuras soldadas de acero. En la medida en que este código se estipula en los documentos del contrato, se debe requerir el cumplimiento con todas sus provisiones, a excepción de aquellas que el ingeniero o los documentos del contrato modifiquen o eximan de manera específica. (AWS: Code D1.1, 2010, sección 1.1). 60

SSPC (Steel Structures Painting council)

Los trabajos que tienen que ver con temas de preparación superficial están normalizados por asociaciones internacionales, una de estas es la norma SSPC. Esta norma define las categorías de los diferentes procedimientos que se requieren para una realización correcta de limpieza superficial, previa a alguna aplicación de pintura o revestimiento. De todas las categorías que posee esta norma, aquí utilizamos la SSPC – SP1, que habla sobre la limpieza con solventes

y la SSPC – SP5, que describe la limpieza con chorro abrasivo/granallado metal blanco. (SSPC, 2007).

RNE

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), publicado en el D.S. N° 011-2006-VIVIENDA dice que: las normas técnicas contenidas aquí, se aplicarán a los procesos de habilitación de tierras para fines urbanos, en concordancia a las normas de Desarrollo Urbano de cada localidad, emitidas en cumplimiento del Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Aun cuando un terreno rústico cuente con vías de acceso o infraestructura de servicios, deberá seguir el proceso de habilitación urbana, a menos que haya sido declarado habilitado de oficio.

Norma Técnica E.020 Cargas

De acuerdo a la Norma Técnica E.020 Cargas de Diseño (2020), las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica. En ningún caso las cargas asumidas serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma, están dadas en condiciones de servicio. Esta Norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismo resistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales. (p. 11). 61

Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente

Según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente (2020) nos dice que, establece las condiciones mínimas para el Diseño Sismo resistente de las edificaciones. Es de aplicación obligatoria a nivel nacional. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras que resulten dañadas por la acción de los sismos. (p. 9).

Norma Técnica E.060 Concreto Armado

La Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2020) nos dice que, esta fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple.

Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con esta Norma. Lo establecido en esta Norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia. (p. 13).

Norma Técnica E.090 Estructuras Metálicas

La Norma Técnica E.090 Estructuras Metálicas (2020), nos señala que, esta norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD).

Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma Norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional. Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas. (p. 16).

2.4 Definición de términos básicos

Neutralización: Es la reacción entre el ácido y una base que en este caso se aplicara $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Oxidación por aire húmedo: Es una nueva tecnología que permite la eliminación de aguas residuales de compuesto orgánico que están demasiado concentrados para tratamiento.

Clarificación: Tiene por objeto retirar los sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad.

Cal hidratada (hidróxido de calcio): Es un polvo seco, incoloro y cristalino fabricado mediante el tratamiento de óxido de calcio (cal viva) con agua, en un proceso llamado "apagado".

Memoria de cálculo: documento descriptivo donde se reflejan de manera exhaustiva los procedimientos aplicados, en este caso, para el cálculo de determinada estructura y el dimensionamiento de cada uno de sus elementos.

Planos de fabricación: representación esquemática física o digital del diseño de una parte o un conjunto de partes que pueden estar interrelacionadas entre sí, en términos de manufactura.

Estructura metálica: aquella en la que por lo menos el 80% de sus elementos o partes son de metal, normalmente de acero. Sus excelentes propiedades también la convierten en una opción ideal para construcciones que se llevan a cabo en un clima agresivo o con condiciones poco favorables.

Tanque de almacenamiento: es un depósito que se utiliza para manipular y almacenar diferentes sustancias como por ejemplo gases, líquidos, productos de origen químico y petróleos, entre otros.

Agua tratada: proceso en el cual se busca eliminar o reducir las impurezas a niveles extremadamente bajos.

Floculante: sustancias utilizadas para inducir la floculación es decir neutralizar las cargas electrostáticas de los contaminantes en disolución en el agua, de modo que se reducen las fuerzas de repulsión entre ellos para que las partículas se unan entre sí, formando flóculos cada vez más grandes que se pueden filtrar y eliminar con facilidad.

Agua acida: se originan mediante la oxidación química y biológica de la pirita. Este fenómeno se produce cuando las rocas conteniendo dichos sulfuros entran en contacto con aire o agua.

Carga viva: Se considera como carga viva a todos los pesos de los componentes que no conforman la estructura del cuerpo a analizar, estos pueden ser muebles, equipos, personas.

Carga muerta: Se considera como carga muerta al peso de los componentes estructurales de la estructura, incluyendo equipos y otros que serán unidos directamente a la estructura y que no tendrán una variación de su peso con respecto al tiempo.

Carga de viento: Se define como carga de viento a la fuerza que se presenta debido al fluido continuo del mismo, siendo este una carga considerada estática, ya que se ve que afecta un área determinada, para su análisis correcto se considera un valor definido por el análisis de presiones y succiones exteriores que serán consideradas simultáneamente.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

La implementación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.

3.1.2 Hipótesis específicas

La determinación de los parámetros del diseño mecánico da inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

El desarrollo de los procesos de fabricación permite cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

El desarrollo del proceso de montaje garantiza el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.

3.1.3 Operacionalización de variables

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS Y TÉCNICAS
Variable independiente: Implementación Tren de tratamiento principal aguas ácidas	La implementación se plantea de tal modo que se capta datos de la etapa de diseño para dar paso al desarrollo de la fabricación y montaje de modo que estos garanticen un funcionamiento adecuado de lo implementado (Cachay y Valezmore, 2018).	La implementación abarca el recabar información, ejecutar la fabricación y ejecutar el montaje donde se analiza el tipo de material, datos de fabricación, planos de fabricación, planos de montaje, trazo, corte, rolado, soldeo, preparación, recubrimiento superficial, verticalidad y redondez para una implementación óptima.	Diseño Mecánico	Velocidad de viento, escala sísmica	100(km/h) Zona 3 factor =0.35	Método Sistémico Técnicas Documental y Empírica
				Diámetro, altura de tanques.	D1=3.2 m, D2=3.2m, D3=2.22m H=6.1m, H2=6.1m, H3=4.3m	
				Cargas de diseño	Cargas muertas: 5874 kg; 3608 kg Cargas vivas:16228 kg; 375 kg	
				Planos de Fabricación	Lista de planos de Fabricación Lista de planos de Montaje	
			Proceso de fabricación	Trazo y Corte	Norma DIN en ISO 13920	
				Soldeo	Ensayo no destructivo 100% a juntas tipo CJP	
				Preparación superficial	Perfil rugoso: 2.5 – 3 mils	
				Recubrimiento superficial	Película seca exterior: 8 mils, Película seca interior: 16 mils	
				Verticalidad	Desviación ≤ altura de tanque H/200	
				Proceso de Montaje	Redondez	
Variable dependiente: Reducción de la acidez	La acidez del agua está vinculada al pH pues cuando el pH baja, el agua se vuelve corrosiva y puede aumentar la solubilidad de metales pesados, volviéndola tóxica. Por otro lado, un aumento en el pH del agua suele precipitar metales pesados disueltos, con valores de pH específicos para cada metal (Baquero, 2008).	La reducción de acidez se centra esencialmente en el control de pH en el ingreso y la salida del tren de tratamiento.	Control de pH	Medición al ingreso	pH	
				Medición a la salida	pH	

IV. METODOLOGIA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

La presente investigación se caracterizó por ser del tipo aplicada con enfoque cuantitativo, diseño de investigación pre-experimental y de alcance temporal longitudinal.

4.1.1 Tipo de investigación

Según Sánchez y Reyes (2015), se distingue por su enfoque en la utilización de conceptos teóricos en situaciones específicas y las repercusiones prácticas que puedan surgir de ellas.

Tomando como base esta teoría, la presente investigación es del tipo aplicada, puesto que se desarrolló una solución concreta que repercutió en un impacto práctico y significativo en la reducción de acidez de aguas, por ende, en la operación y en el entorno ambiental de la Unidad Minera Shahuindo.

4.1.2 Enfoque cuantitativo

El autor Valderrama (2013), enfatiza la necesidad de utilizar métodos estadísticos objetivos para determinar la veracidad o falsedad de las hipótesis planteadas. Además, señala que el proceso de análisis de datos debe ser sistemático y objetivo, con el fin de obtener datos sobresalientes y confiable para llegar a conclusiones sólidas y fundamentadas. En conclusión, el análisis de datos es una parte fundamental de la investigación, y su correcta ejecución es esencial para obtener resultados precisos y confiables.

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se resolvió un problema de investigación que es de tipo cuantificable, dado que el análisis y la recolección de datos nos permiten plantear hipótesis que serán resueltas con la

implementación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas, de este modo se cuantificó la reducción de la acidez mediante la medición del pH.

4.1.3 Diseño de investigación

En la presente investigación se empleó el diseño experimental, según Borja (2012), se refiere a una investigación en la cual se comprueban hipótesis mediante la deliberada manipulación de las variables. Este tipo de investigación tiene como objetivo establecer una relación causal entre un fenómeno, ya sea de naturaleza física o social. Se pueden distinguir varios tipos, que incluyen los experimental, los cuasiexperimentales y los experimentales puros.

En base a esta teoría se concluyó que la presente investigación es preexperimental porque se toma datos de una misma variable antes y después del tratamiento.

Según Hernández (2014) consiste en diseñar un solo grupo con un nivel de control mínimo, suele ser beneficioso como el primer enfoque para abordar un problema de investigación en la vida real.

De acuerdo a la presente investigación, se reconoció que existen variables que pueden tener un impacto en la variable dependiente, aunque existe el riesgo de que la validez sea limitada o incluso inexistente.

Para el diseño de un grupo con pre prueba y post prueba, se evalúa los efectos del tratamiento comparándolo con una medición previa, su diseño es:

$$G: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

Donde:

G: Grupo o muestra

X: Tratamiento aplicado al grupo experimental (VI).

O1: Observación de la variable dependiente antes de tratamiento.

O2: Observación de la variable dependiente después de tratamiento.

4.1.4 Alcance temporal

Según Valderrama (2013), en el diseño longitudinal se selecciona una muestra del objeto de estudio y se evalúa en diferentes momentos durante un período prolongado de tiempo. Una ventaja del diseño longitudinal es que proporciona información confiable sobre los cambios en la variable estudiada.

La presente investigación fue de alcance temporal longitudinal puesto que se analizó los resultados de la variable dependiente, en esta investigación la reducción de la acidez, durante 6 meses previos a la implementación y 6 meses posterior a la implementación.

4.2 Método de Investigación

El método de la presente investigación se basa en un enfoque sistémico, tal como lo propone Espinoza (2010), con la finalidad de ordenar el objeto de estudio al identificar sus componentes, sus interacciones y fronteras, con el fin de analizar tanto la estructura como la forma en que opera dinámicamente.

Por lo tanto, esta investigación se realizó en base a la similitud que existe entre su definición y las variables de estudio. El método empleado para esta tesis se desarrolló en cuatro etapas fundamentales:

Etapa 1: Diseño mecánico.

Etapa 2: Fabricación.

Etapa 3: Montaje.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Según Hurtado y Toro (2005), la población se refiere al conjunto completo de individuos o elementos que son el foco de estudio en la investigación. En otras palabras, engloba a todos los elementos que vamos a analizar, y es por esta razón que a veces se le denomina universo.

Para esta investigación la población fue el sistema de cuatro tanques en el sistema de tratamiento de aguas ácidas.

4.3.2 Muestra

Según Hurtado (2008), se recurre al uso de una muestra en situaciones en las que la población es tan extensa o inaccesible que resulta imposible estudiarla en su totalidad. La selección de una muestra no es un requisito necesario en todos los proyectos de investigación, ya que su aplicación dependerá de los objetivos del investigador, el contexto y las particularidades de las unidades de estudio.

Sin embargo, Hernández, como mencionado por Castro (2003), sostiene que cuando la población consta de menos de cincuenta 50 individuos, la población y la muestra son idénticas.

Por consiguiente, en el presente trabajo de investigación la muestra que se consideró fue igual a la población del sistema de tratamiento, el cual consta de un tanque de Neutralización, un tanque de Oxidación, un tanque Densadeg y un tanque de Agua Clarificada, componentes del tren de tratamiento principal de aguas ácidas que están distribuidas en serie.

4.4 Lugar de estudio

El lugar de estudio de la presente investigación es el área de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas Mineras de la Unidad Minera Shahuindo, durante un periodo de 6 meses donde se tomó como referencia el diseño de ingeniería para desarrollar la fabricación y puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas ácidas de mina.

La ubicación de la Unidad minera Shahuindo perteneciente a Pan American Silver Perú se encuentra ubicado en el Distrito de Cachachí, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca, a una altitud entre 2850 y 3200 msnm, mientras que la plataforma PTAAM Merinos se encuentra a una altitud de 2333 msnm.

Figura 4.1 Planta de tratamiento de aguas ácidas Unidad Minera Shahuindo



4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la información

De acuerdo a Espinoza (2010), la técnica documental permite adquirir evidencia para respaldar las hipótesis de investigación. Implica la recolección de diversos tipos de documentos, que van desde publicaciones en revistas hasta registros institucionales, datos estadísticos y material corporativo, todos ellos conteniendo información relevante sobre el tema en cuestión.

En consecuencia, se optó por emplear la técnica documental para recopilar la información teórica, y esta se enfocó principalmente en el tren de tratamiento principal. En este proceso, se llevaron a cabo búsquedas de información en libros, informes y tesis relacionados con el mismo tema de estudio.

Espinoza (2010), menciona que la técnica empírica facilita la observación directa del objeto de investigación y la recolección de testimonios que posibilitan el contraste entre la teoría y la aplicación práctica en la búsqueda de la verdad.

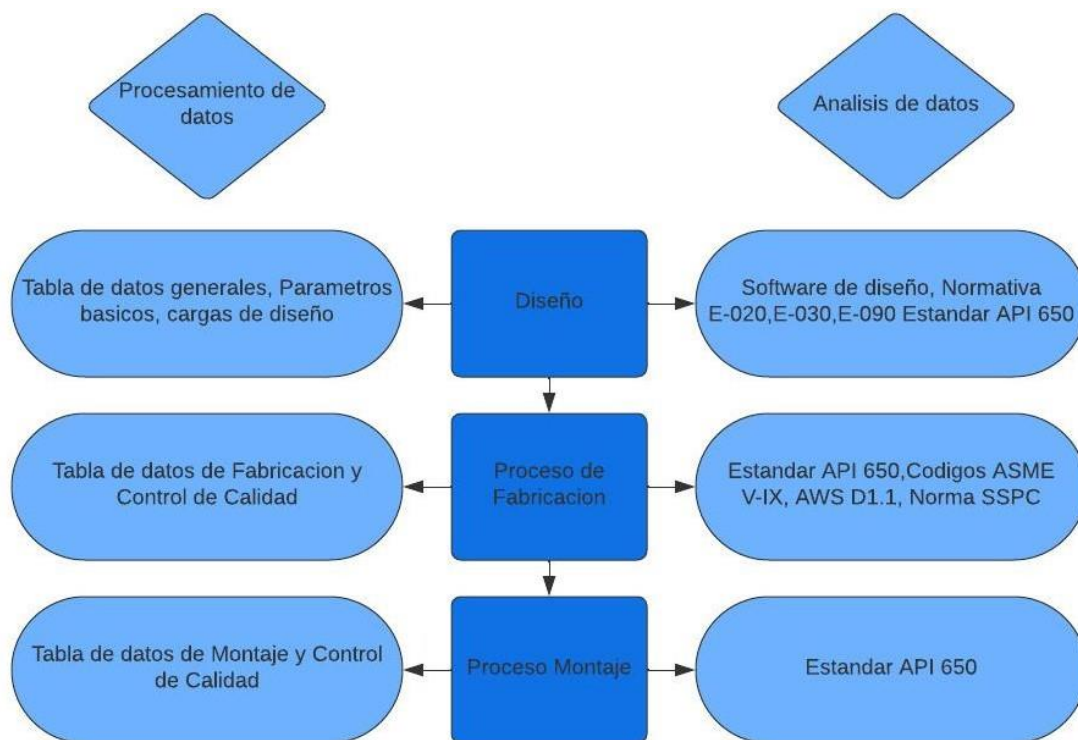
Se tiene la técnica de observación, a través de la cual, se logró medir los tiempos reales de las tareas en curso y documentarlos en formularios de registro junto con fotografías, siguiendo un orden lógico en la construcción de los tanques del tren de tratamiento principal.

Los instrumentos de recolección de información fueron: Fichas Bibliográficas, Fichas de observación, Fichas textuales de trabajo, Registro de datos de campo.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Una vez que se recolectaron los datos se procedió a realizar los cálculos matemáticos utilizando las teorías de diseño. Luego, se procesaron mediante tablas para obtener planos y listas de materiales para la fabricación y control de calidad, además se procedió a planificar las etapas del diseño. Para procesar la información, se utilizó las normas de diseño como se muestra en la “Figura 4.2”. Finalmente, con la información de fabricación se procedió a diseñar el proceso de montaje según el Estándar API 650 y Plan de mantenimiento del equipo.

Figura 4.2 Diagrama de flujo de análisis y procesamiento de datos



4.6.1 Desarrollo del trabajo de investigación

Requerimientos

- Generalidades

Aquí se detalló características y materiales presente para la investigación tales como:

Tabla 4.1 Generalidades de los Tanques

Ítem	Descripción	Unidades	Alcance
Tanque de Neutralización 185-TK-001	Cantidad	Und.	1
	Diámetro	m	3.2
	Altura	m	6.1
	Recubrimiento interior	mils	SI
	Recubrimiento exterior	mils	SI
	pH		10.5
	% de solidos		5
	Diámetro	m	3.2
	Altura	m	6.1
	Recubrimiento interior	mils	SI

Tanque de Oxidación 185-TK-002	Recubrimiento exterior	mils	SI
	pH		10.5
	% de solidos		5
Tanque de Agua Clarificada 185-TK-003	Diámetro	m	2.22
	Altura	m	4.3
	Recubrimiento interior	mils	SI
	Recubrimiento exterior	mils	SI
	pH		7.5
	Diámetro	m	3.35
Densadeg 185-DE-001	Diámetro	m	2.21
	Altura	m	5.2
	Recubrimiento interior	mils	SI
	Recubrimiento exterior	mils	SI
	pH		10
	% de solidos		5-7

Notas:

1. Registro de generalidades de los tanques de Neutralización, Oxidación, Densadeg y Agua Clarificada

Figura 4.3 Maqueta de Planta de tratamiento de aguas ácidas, elaborado por Unidad Minera Shahuindo 2020



Asimismo, se contó con la maqueta 3D, el cual nos permitió identificar el área y componentes para el desarrollo de la presente investigación el cual abarca esencialmente a 4 tanques:

- Un tanque de Neutralización.

- Un tanque de Oxidación.
- Un tanque Densadeg de dos cuerpos conocidos como reactores.
- Un tanque de agua clarificada.

Además de componentes de acceso y conexiones de tuberías.

A continuación, se analizó los parámetros básicos presentes en la etapa de diseño mecánico:

Diseño Mecánico:

Parámetros básicos de diseño

- Viento

Según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) el apartado E-020, la velocidad de diseño del viento en cada altura de edificación se obtiene conforme a la siguiente expresión matemática:

$$V_h = V_x \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22} \quad (4.1)$$

Donde:

V_h : Velocidad de diseño en la altura h el cual es expresado en $\frac{Km.}{h}$.

V_x : Velocidad diseño hasta 10 m de altura en $\frac{Km.}{h}$.

h : Altura sobre terreno.

Se llegó escalar la velocidad básica a 10 metros sobre el terreno a una velocidad mínima de diseño 100 km/h, para una altura correspondiente a nuestra estructura 6.1 metros.

En la ecuación (4.1):

$$V_h = V_x \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

$$V_h = 100x \left(\frac{6.1}{10} \right)^{0.22}$$

$$V_h = 89.69 \frac{\text{Km}}{h}$$

- Sismo

Según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) el apartado E-030, la ubicación geográfica para el proyecto, se presentó en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Factores de zona

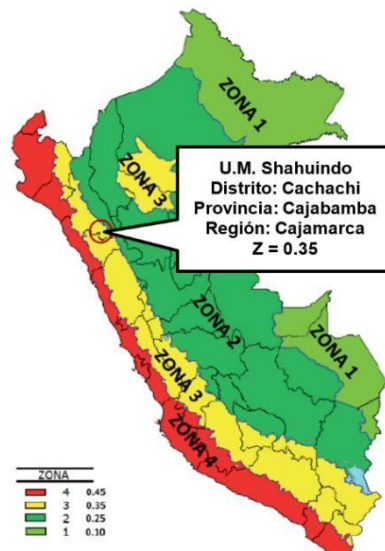
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.30 (2018)

Nota:

1. Conforme a la zonificación sísmica del Perú.

Figura 4.4 Mapa de la zonificación sísmica del Perú, tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.30 (2018)



No se consideró cargas de nieve o temperatura dado que se despreció la influencia, al no presentarse climas extremos en la zona.

- Peso específico del agua acida

Para el cálculo del peso específico del agua acida se usó la ecuación (4.2)

$$\gamma = \rho \times g \quad (4.2)$$

Donde:

γ : peso específico del liquido $\frac{N}{m^3}$

ρ : densidad del liquido $\frac{kg}{m^3}$

g : gravedad $\frac{m}{s^2}$

El agua acida tiene una densidad: $\rho = 1020 \frac{kg}{m^3}$

En la ecuación (4.2):

$$\begin{aligned} \gamma &= \rho \times g \\ \gamma &= 1020 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times \frac{1 \text{ kg} - f}{9.81N} \\ \gamma &= 1020 \frac{kgf}{m^3} \end{aligned}$$

- Peso específico del acero ASTM A36

La densidad del acero ASTM A36: $\rho = 7850 \frac{kg}{m^3}$

Para el cálculo del peso específico del acero se usó la ecuación (4.2)

$$\begin{aligned} \gamma &= \rho \times g \\ \gamma &= 7850 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times \frac{1 \text{ kg} - f}{9.81N} \end{aligned}$$

$$\gamma = 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

A continuación, se presentó en la Tabla 4.3 el resumen de los parámetros básicos obtenidos

Tabla 4.3 Parámetros básicos para diseño

Velocidad de diseño del viento	89.69 $\frac{\text{Km}}{\text{h}}$
Lugar	Shahuindo - Cajamarca
Zona sísmica N°	3
Factor de zona	0.35
Peso específico aguas ácidas	1020 $\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
Peso específico A36	7850 $\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

Notas:

1. No se considera cargas de nieve ni de temperatura debido a que se desprecia su influencia.

Dimensionamiento de Tanques

Para el dimensionamiento de los tanques se tomó como referencia la Norma API estándar 650 del mismo modo es necesario conocer datos generales los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Datos generales de tanques

Anillo	Tk Neutralización (185-Tk-001)	Tk Oxidación (185-Tk-002)	Tk Agua Clarificada (185- Tk-003)
Nivel de diseño anillo1	6.1 m	6.1 m	4.3 m
Nivel de diseño anillo2	4.8 m	4.8 m	1.3 m
Nivel de diseño anillo3	1.3 m	1.3 m	-
Gravedad específica fluido	G=1.05	G=1.05	G=1.200
Tolerancia de corrosión	3.5mm	3.5mm	3.5mm
Esfuerzo de diseño A36	160 Mpa	160 Mpa	160 Mpa
Esfuerzo prueba hidrostática 36	171 Mpa	171 Mpa	171 Mpa
Factor de seguridad (Fs.) Anillo 1	2	2	2

Factor de seguridad (Fs.) Anillo 2	2	2	1.5
Factor de seguridad (Fs.) Anillo 3	1.5	1.5	-

Fuente: Norma API estándar 650, RNE.

Notas:

1. Datos extraídos de documentos y recomendaciones del cliente.

- Tanques de Neutralización y Oxidación

Cálculo de espesores de anillos:

Para ambos tanques se considera 3 anillos (Nº 1, 2 y 3), se determinó haciendo el uso del método de un pie.

- Cálculo de anillo Nº1

Para el cálculo en condición de diseño se usó la ecuación (2.8), Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{4.9 \times 3.2(6.1 - 0.3) \times 1.20}{160} + 3.5mm$$

$$t_d = 4.01mm$$

Para el cálculo en la condición de prueba hidrostática se usó la ecuación (2-9), la Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t}$$

$$t_t = \frac{4.9 \times 3.2(5.6 - 0.3) \times 1.2}{171}$$

$$t_t = 0.638$$

Por lo tanto, el espesor (t_1):

En la ecuación (2.10):

$$t_1 = t_d \times fs$$

$$t_1 = 4.01 \times 2$$

$$t_1 = 8.02mm$$

- Cálculo de anillo N°2

Para el cálculo en condición de diseño se usó la ecuación (2.8), Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9 \times 3.2(3.7 - 0.3) \times 1.2}{160} + 3.5mm$$
$$t_d = 3.874mm$$

Para el cálculo en la condición de prueba hidrostática se usó la ecuación (2-9), la Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9 \times 3.2(3.7 - 0.3) \times 1.2}{171}$$
$$t_t = 0.3741mm$$

Por lo tanto, el espesor (t_2):

En la ecuación (2.10):

$$t_2 = t_d \times fs$$

$$t_2 = 3.874 \times 2$$

$$t_2 = 7.748mm$$

- Cálculo de anillo N°3

Para el cálculo en condición de diseño se usó la ecuación (2.8), Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9 \times 3.2(1.3 - 0.3) \times 1.2}{160} + 3.5 \text{ mm}$$
$$t_d = 3.61 \text{ mm}$$

Para el cálculo en la condición de prueba hidrostática se usó la ecuación (2.9), la Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t}$$
$$\frac{4.9 \times 3.2(1.3 - 0.3) \times 1.2}{171}$$
$$t_t = 0.110 \text{ mm}$$

Debido a que el tercer anillo no está sometido a grandes cargas se consideró un fs. de 1.5 para no sobredimensionar la estructura.

Por lo tanto, el espesor (t_3):

$$t_3 = t_d \times fs$$
$$t_3 = 3.61 \times 1.5$$
$$t_3 = 5.415 \text{ mm}$$

En resumen, se presentó en la Tabla 4.5 los resultados obtenidos en el cálculo previo.

Tabla 4.5 Espesor de anillos

N° Anillo	Espesor de diseño t_d (mm)	Espesor de prueba hidrostática t_t (mm)	Espesor seleccionado t (mm)
1	$t_{d1} = 8.02mm$	$t_t = 0.638$	$t_1 = 9$
2	$t_{d2} = 7.748mm$	$t_t = 0.3741mm$	$t_2 = 8$
3	$t_{d3} = 5.415 mm$	$t_t = 0.110mm$	$t_3 = 6$

Notas:

1. El espesor seleccionado es el espesor superior comercial más próximo al espesor de diseño.

En cuanto al espesor del fondo es recomendación del alcance del proyecto que debe ser igual o como mínimo al espesor del primer anillo a fin de garantizar la adecuada resistencia al fluido ácido al cual estará sometido, por lo tanto, el espesor de fondo como mínimo debe ser 8.02 mm en consecuencia el espesor seleccionado es 9 mm por ser este el inmediato superior comercial al espesor de diseño del primero anillo de los tanques de Neutralización y Oxidación.

Cálculo de anillo de rigidez superior

Según norma API 650, sección 5.9.6.1 la selección mínima del anillo de refuerzo se llegó a determinar con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (4.3)$$

Donde:

Z= módulo de sección mínimo (cm³)

H_2 = altura máxima del tanque (m)

D= diámetro nominal del tanque (m)

V= velocidad de diseño del viento (km/h)

Por lo tanto:

Realizando los cálculos, se tiene la velocidad de diseño del viento es:

$$V_h = 89.69 \frac{Km}{h}$$

La altura H = 6.10 m

Para determinar la altura máxima del tanque vertical:

$H_2 =$ altura del tanque + altura de la plataforma auto soportado

$$H_2 = 6.10 + 1.20$$

$$H_2 = 7.30 \text{ m}$$

Reemplazamos en la ecuación (4.3)

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2$$
$$Z = \frac{3.20^2 \times 7.30}{17} \times \left(\frac{89.69}{190} \right)^2$$
$$Z = 0.979 \text{ cm}^3$$

Se obtuvo que el módulo de sección como mínimo debe ser 0.979 cm³.

Tomando en cuenta la norma API 650 en la sección 5.9.3.2 cuando los anillos están localizados más de 0.6m (2ft) por debajo de la parte superior del cuerpo, el tanque debe de tener un Angulo superior de 64 x 64 x 4.76mm (2-1/2 x 2-1/2 x 1/4 in)., en cuerpos de mayor espesor como en este caso como mínimo será 76x76x6.35mm. (3*3*1/4") u otro perfil con modulo equivalente.

Cálculo de vigas rigidizadores intermedias

Según API estándar 650, sección 5.9.7.1, se afirmó que la altura máxima del casco se determinó acorde a la siguiente ecuación:

$$H_1 = 9.47t\sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3\left(\frac{190}{v}\right)^2} \quad (4.4)$$

Donde:

H_1 = altura máxima de casco sin rigidizar (m).

t = espesor nominal mínimo considerado en el casco del tanque (mm).

D = diámetro nominal del tanque (m).

V = velocidad de diseño del viento (km/h).

Por lo tanto:

De la Tabla 4.4 se conoce la velocidad de diseño del viento igual a 89.69 km/h.

Espesor mínimo del casco es 6 mm según la Tabla 4.6.

El diámetro es de 3.2 m según la Tabla 4.2.

En la ecuación (4.4):

$$H_1 = 9.47 \times 6 \sqrt{\left(\frac{6}{3.2}\right)^3 \left(\frac{190}{89.69}\right)^2}$$

$$H_1 = 654.66m$$

En conformidad API estándar 650, sección 5.9.7.2, el modelo del cálculo de la altura del casco transformado fue:

$$W_{tr} = w\sqrt{\left(\frac{tu}{ta}\right)^5} \quad (4.5)$$

Donde:

W_{tr} = altura del casco transformado (m).

W = ancho real de cada anillo del tanque (m).

t_u = espesor nominal mínimo considerado en el casco del tanque (mm).

t_a = espesor nominal de cada anillo del casco del tanque (mm).

Por lo tanto:

De la Tabla 4.5 se obtiene ancho de cada anillo y de la Tabla 4.6 espesores de los anillos del casco.

En la ecuación (4.5):

Para el anillo 1

$$W_{tr1} = 2.4 \sqrt{\left(\frac{6}{9}\right)^5}$$

$$W_{tr1} = 0.87 \text{ m}$$

Para el anillo 2

$$W_{tr2} = 2.4 \sqrt{\left(\frac{6}{8}\right)^5}$$

$$W_{tr2} = 1.16 \text{ m}$$

Para el anillo 3

$$W_{tr3} = 1.3 \sqrt{\left(\frac{6}{6}\right)^5}$$

$$W_{tr3} = 1.3 \text{ m}$$

En conformidad API estándar 650, sección 5.9.7.3, si la altura del casco transformado (W_{tr}) es mayor que la altura máxima $H1$ una viga intermedia se va requerir.

Se tiene:

$$\sum W_{tr} = W_{tr1} + W_{tr2} + W_{tr3} \quad (4.6)$$

En la ecuación (4.6):

$$\sum W_{tr} = 0.87 + 1.16 + 1.3$$

$$\sum W_{tr} = 3.33m$$

$$W_{tr} < H1$$

$$3.33 < 654.6$$

- Tanque de Agua Clarificada:

Cálculo de espesores de anillos:

Para los tanques se consideró 02 anillos denominados N° 1 y 2, se determinó haciendo uso del método de un pie.

- Cálculo de anillo N°1

Para el cálculo en condición de diseño se usó la ecuación (2.8), Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_d = \frac{4.9D(H - BG)}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{4.9 \times 2.22(4.3 - 0.3) \times 1.20}{160} + 3.5mm$$

$$t_d = 3.82mm$$

Para el cálculo en la condición de prueba hidrostática se usó la ecuación (2.9), la Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t}$$

$$t_t = \frac{4.9 \times 2.22(4.3 - 0.3) \times 1.2}{171}$$

$$t_t = 0.305$$

Por lo tanto, el espesor (t_1):

En la ecuación (2.10):

$$t_1 = t_d \times f_s$$

$$t_1 = 3.82 \times 2$$

$$t_1 = 7.64mm$$

- Cálculo de anillo N°2

Para el cálculo en condición de diseño se usó la ecuación (2.8), Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{4.9 \times 2.22(1.3 - 0.3) \times 1.2}{160} + 3.5mm$$

$$t_d = 3.58mm$$

Para el cálculo en la condición de prueba hidrostática se usó la ecuación (2.9), la Tabla 4.2 y 4.5:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_t}$$

$$t_t = \frac{4.9 \times 3.2(1.3 - 0.3) \times 1.2}{171}$$

$$t_t = 0.076 \text{ mm}$$

Debido a que el segundo anillo no está sometido a grandes cargas se consideró un fs. de 1.5 para no sobredimensionar la estructura.

Por lo tanto, el espesor (t_2):

$$t_2 = t_d \times fs$$

$$t_2 = 3.58 \times 1.5$$

$$t_2 = 5.37 \text{ mm}$$

En resumen, se presentó la Tabla 4.6, resultados obtenidos en el cálculo previo.

Tabla 4.6 Espesor de anillos

Nº Anillo	Espesor de diseño t_d (mm)	Espesor de prueba hidrostática t_t (mm)	Espesor seleccionado t (mm)
1	$t_{d1} = 7.64 \text{ mm}$	$t_t = 0.305$	$t_1 = 8$
2	$t_{d2} = 5.37 \text{ mm}$	$t_t = 0.076 \text{ mm}$	$t_2 = 6$

Notas:

1. El espesor seleccionado es el espesor superior comercial más próximo al espesor de diseño.

En cuanto al espesor del fondo es recomendación del alcance del proyecto que debe ser igual o como mínimo al espesor del primer anillo a fin de garantizar la adecuada resistencia al fluido ácido al cual estará sometido, por lo tanto, el espesor de fondo como mínimo debe ser 7.64 mm en consecuencia el espesor seleccionado es 8 mm por ser este el inmediato superior comercial al espesor de diseño del primero anillo del tanque de agua clarificada

Cálculo de anillo de rigidez superior

Según norma API 650, sección 5.9.6.1 la selección mínima del anillo de refuerzo se llegará determinar con la ecuación (4.3):

Reemplazamos en la ecuación (4.3)

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2$$
$$Z = \frac{2.22^2 \times 4.3}{17} \times \left(\frac{89.69}{190} \right)^2$$
$$Z = 0.277 \text{ cm}^3$$

Se obtuvo que el módulo de sección como mínimo debe ser 0.277 cm³.

Tomando en cuenta la norma API 650 en la sección 5.9.3.2 cuando los anillos están localizados más de 0.6m (2ft) por debajo de la parte superior del cuerpo, el tanque debe de tener un Angulo superior de 64 x 64 x 4.76mm (2-1/2 x 2-1/2 x 1/4 in)., en cuerpos de mayor espesor como en este caso como mínimo será 76x76x6.35mm. (3*3*1/4") u otro perfil con modulo equivalente.

Cálculo de vigas rigidizadores intermedias

Según API estándar 650, sección 5.9.7.1, se afirmó que la altura máxima del casco se determina acorde a la ecuación (4.4):

$$H_1 = \frac{1}{17} \sqrt{\frac{t^3}{D} \left(\frac{190}{v} \right)^2}$$

Donde:

H1= altura máxima de casco sin rigidizar (m).

t = espesor nominal mínimo considerado en el casco del tanque (mm).

D = diámetro nominal del tanque (m).

V = velocidad de diseño del viento (km/h).

Por lo tanto:

De la Tabla 4.4 se conoce la velocidad de diseño del viento igual a 89.69 km/h.

Espesor mínimo del casco es 6 mm según la Tabla 4.7.

El diámetro es de 2.22 m según la Tabla 4.2.

En la ecuación (4.4):

$$H_1 = 9.47 \times 6 \sqrt{\left(\frac{6}{2.22}\right)^3 \left(\frac{190}{89.69}\right)^2}$$

$$H_1 = 1132.9m$$

En conformidad API estándar 650, sección 5.9.7.2, el modelo del cálculo de la altura del casco transformado es según la ecuación (4.5):

$$W_{tr} = w \sqrt{\left(\frac{tu}{ta}\right)^5}$$

Donde:

W_{tr} = altura del casco transformado (m).

W = ancho real de cada anillo del tanque (m).

$t u$ = espesor nominal mínimo considerado en el casco del tanque (mm).

$t a$ = espesor nominal de cada anillo del casco del tanque (mm).

Por lo tanto:

De la Tabla 4.5 se obtiene ancho de cada anillo y de la Tabla 4.7 espesores de los anillos del casco.

En la ecuación (4.5):

Para el anillo 1

$$W_{tr1} = 3\sqrt{\left(\frac{6}{8}\right)^5}$$

$$W_{tr1} = 1.46 \text{ m}$$

Para el anillo 2

$$W_{tr1} = 1.3\sqrt{\left(\frac{6}{6}\right)^5}$$

$$W_{tr1} = 1.3 \text{ m}$$

En conformidad API estándar 650, sección 5.9.7.3, si la altura del casco transformado (W_{tr}) es mayor que la altura máxima $H1$ una viga intermedia se va requerir.

Se tiene la ecuación (4.6):

$$\sum W_{tr} = W_{tr1} + W_{tr2}$$

En la ecuación (4.6):

$$\sum W_{tr} = 1.46 + 1.3$$

$$\sum W_{tr} = 2.76 \text{ m}$$

$$W_{tr} < H1$$

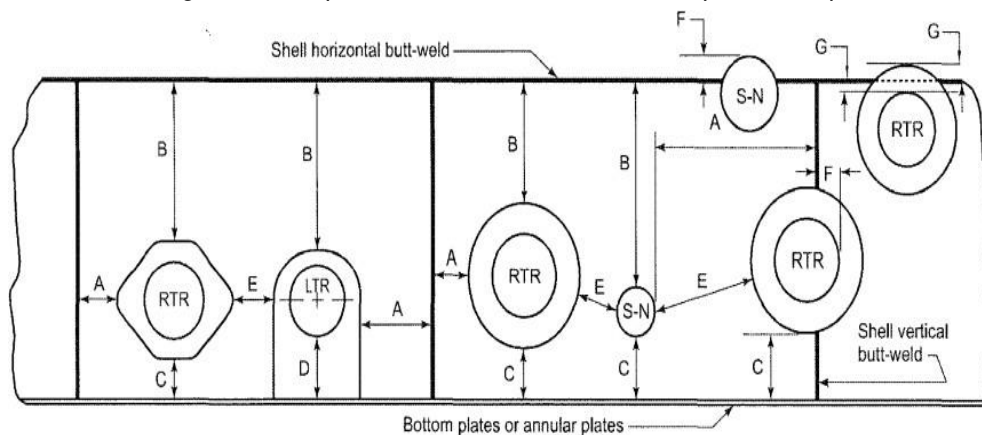
2.76 < 1132.9

De acuerdo a la sección 5.9.7.3, del API estándar 650, no se necesitan de vigas rigidizadores intermedias.

- Diseño de accesorios

Se determinó los agujeros para las conexiones del cuerpo de los tanques.

Figura 4.5 Disposición de aberturas en el cuerpo del tanque



Fuente: Welded tanks for oil storage (API 650. 2012, p.5-20)

RTR: Abertura reforzada (manhole o boquilla con refuerzo tipo diamante)

LTR: Abertura reforzada a nivel del piso (acceso para limpieza)

S-N: Abertura no reforzada.

Los valores A, B, C, D, E, F y G de la Figura 4.8 se muestran en la Tabla 4.7 donde se establecen las boquillas y manhole en función del espesor de plancha del cuerpo.

Variables		Referencia	Dimensión mínima entre las soldaduras						
Espesor del cuerpo (t)	Condic ión	Numero de párrafo	A	B	C	D (5 solo)	E	F (6)	G (6)

$t \leq 13$ mm		5.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3in.)		75 mm (3in.)		
	Soldad	5.7.3.3						
($t \leq 1/2$ in.)	o	5.7.3.3		75 mm (3in.)			Men	
		5.7.3.3			Tabla		or de	
		5.7.3.4			5.6a y		8t o	
		5.7.3.4			5.6b		1/2r	8t

Tabla 4.7 Dimensiones de separación de las aberturas del cuerpo del tanque

Notas:

1. Tomado de "welded tanks for oil storage" por API estándar 650, 2012, p.5-20

El número de boquillas considerados es conforme a la necesidad para cada tanque.

- Tanque de Neutralización:

Conexión 185-TK1-CN1(Soporte de Ducto) Ø 6": 03 Und

Conexión de Ingreso 185-TK1-N1 Ø 6": 01 Und

Conexión de Descarga 185-TK1-N2 Ø 8": 01 Und

Conexión de Rebose 185-TK1-N3 Ø 4": 01 Und

Conexión de Drenaje 185-TK1-N4 Ø 4": 01 Und

- Tanque de Oxidación:

Conexión 185-TK2-CN1(Soporte de Ducto) Ø 6": 03 Und

Conexión de Ingreso 185-TK2-N1 Ø 6": 01 Und

Conexión de Descarga 185-TK2-N2 Ø 8": 01 Und

Conexión de Rebose 185-TK2-N3 Ø 4": 01 Und

Conexión de Drenaje 185-TK2-N4 Ø 4": 01 Und

- Tanque de Agua Clarificada:

Conexión Descarga 185-TK3-N1 Ø 8": 01 Und

Conexión de Rebose 185-TK3-N2 Ø 3": 01 Und

Conexión de Drenaje 185-TK3-N3 Ø 3": 01 Und

De acuerdo a la sección 5.7.5, se dimensionó el acceso de personal o manhole, para este diseño se optó por un manhole de 600 mm de diámetro para cada tanque.

Figura 4.6 Dimensiones de manhole

Fuente: Welded tanks for oil storage (API 650. 2012, sección 5.7.5)

Donde:

Dp o OD = Diámetro exterior de la boquilla o del cuello (mm).

ID = Diámetro del manhole (mm)

Dc = Diámetro de la tapa del manhole (mm)

Dc = Diámetro del eje de los agujeros para los espárragos (mm)

Do = Diámetro exterior de la plancha de refuerzo (mm)

DR = Diámetro Interior de la plancha de refuerzo (mm)

tf = Espesor de la brida (mm)

tc = Espesor de la tapa del manhole (mm)

tnc = Espesor del cuello (mm)

tnb = Espesor de boquilla (mm)

t = Espesor del anillo del cuerpo del tanque (mm)

T = Espesor de la plancha de refuerzo (mm)

W = Ancho de la plancha de refuerzo (mm)

Pernos: Según la Figura 4.6 se recomienda el uso de 28 pernos de $\text{Ø}3/4'' \times 2''$ A325N y un agujero de $\text{Ø}23$ mm.

Empaque: Según la Figura 4.6 se conoce el $\text{Ø}830$ mm y espesor de 3mm EPDM.

Espesor del cuello del manhole: 12 mm.

Espesor de la brida empernada: 8 mm.

Espesor de tapa de manhole: 12 mm.

- Diseño de orejas de izaje

Para el montaje se requirió de unas orejas de izaje soldadas al tanque con una plancha de refuerzo.

Para el tanque de Neutralización y Oxidación la carga que debe soportar la oreja de izaje es:

$$P_{u1} = 6100 \text{ kgf} = 59841 \text{ N}$$

Para el tanque de Agua Clarifica la carga que debe soportar la oreja de izaje es:

$$P_{u2} = 2500 \text{ kgf} = 24525 \text{ N}$$

La geometría de izaje para el cálculo se muestra a continuación:

Figura 4.7 Geometría de oreja de izaje

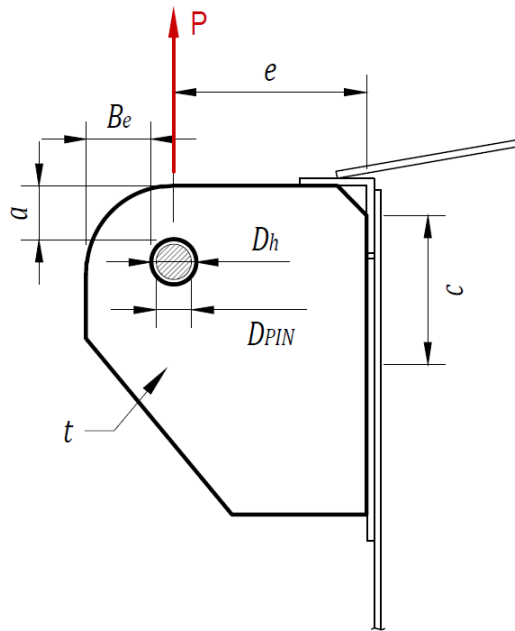


Tabla 4.8 Geometría de calculo

Descripción	Valor		
Espesor de la plancha	t =	19.0	mm
Distancia del borde de la plancha a la tangente del agujero en dirección de la fuerza.	a =	49.6	mm
Díámetro del agujero	$D_h =$	50.8	mm
Distancia del borde de la plancha a la tangente del agujero en dirección perpendicular a la línea de acción de la fuerza.	$b_e =$	49.6	mm
Díámetro del pin o conector	$D_{PIN} =$	38.1	mm
Excentricidad de la carga	e =	165.0	mm
Distancia efectiva a cada lado del agujero	$b_{eff} =$	48.2	mm
Distancia del centro del agujero al borde de la plancha en dirección de la fuerza	R =	75	mm
Área total de los dos planos de corte entre el agujero y el borde de la plancha	$A_v =$	2168	mm ²
Factor de seguridad	$N_d =$	3	-
Esfuerzo de fractura del material	$f_u =$	400	N/mm

Esfuerzo de fluencia del material	$f_y =$	250	N/mm
-----------------------------------	---------	-----	------

Notas:

1. Tanques de Neutralización, Oxidación y Agua Clarificada

La ratio de diseño demanda/capacidad tanques de Neutralización y Oxidación es:

$$\frac{P_{u1}}{R_{min}} = \frac{59841}{75406} = 0.794$$

La ratio de diseño demanda/capacidad tanques de Agua Clarificada es:

$$\frac{P_{u2}}{R_{min}} = \frac{24525}{75406} = 0.325$$

Por lo tanto, el diseño de la oreja de izaje fue correcto.

- Cargas que intervienen para el diseño

Carga Muerta (D)

Las cargas que producen los equipos se extraen de la información técnica, planos, catálogos brindados por el proveedor del mismo.

Tanques de Neutralización y Oxidación:

- Peso propio de la estructura: $D_0 = 2186$ kgf
- Peso de las Barandas: $D_1 = 1552$ kgf
- Peso de puente: $D_3 = 370$ kgf
- Peso de agitador tanque de Neutralización: $D_4 = 500$ kgf
- Peso de agitador tanque de Oxidación: $D_5 = 500$ kgf
- Conexiones (15% de carga total muerta): $D_6 = 766$ kgf

Carga muerta total: $D = 5874 \text{ kgf}$

Tanque de Agua Clarificada:

- Peso del fondo del tanque: $W_f = 320 \text{ kg}$
- Peso del casco: $W_s = 1725 \text{ kg}$
- Peso de plataforma: $W_r = 1392 \text{ kg}$
- Peso de uniones y conexiones (se estima como el 5%): $W_{add} = 167 \text{ kg}$

Carga muerta total: $D' = 3608 \text{ kg}$

Carga Viva (L)

La carga viva sobre las plataformas, consideran las cargas vivas de operación y las cargas de operación debido al funcionamiento de los agitadores.

Tanques de Neutralización y Oxidación:

- Carga viva en plataformas: $L_1 = 7628 \text{ kgf}$
- Carga de operación vertical de agitador oxidación: $L_3 = 1600 \text{ kgf}$
- Carga de operación vertical de agitador neutralización: $L_4 = 1600 \text{ kgf}$
- Momento de flexión en agitador oxidación: $L_5 = 1200 \text{ kgf}$
- Momento de flexión en agitador neutralización: $L_6 = 1200 \text{ kgf}$

Carga viva total: $L = 13228 \text{ kgf}$

Tanque de Agua Clarificada:

Carga viva total: $L' = 375 \text{ kg}$

Carga de contenido (F)

El fluido contenido en el tanque ejerce una presión hidrostática sobre las planchas del cilindro.

Tanques de Neutralización y Oxidación:

Densidad del fluido $\rho_f = 1200 \text{ kg/m}^3$

Altura efectiva del fluido $H = 5.6 \text{ m}$

Figura 4.8 Presión Hidrostática sobre las paredes cilíndricas tanque de Neutralización y Oxidación

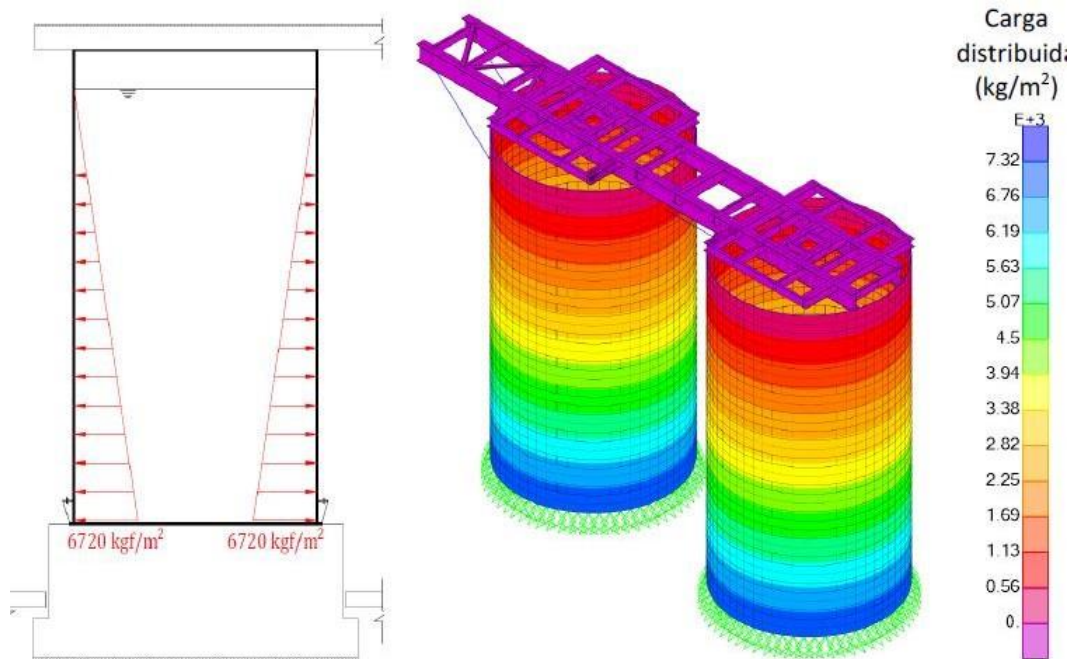
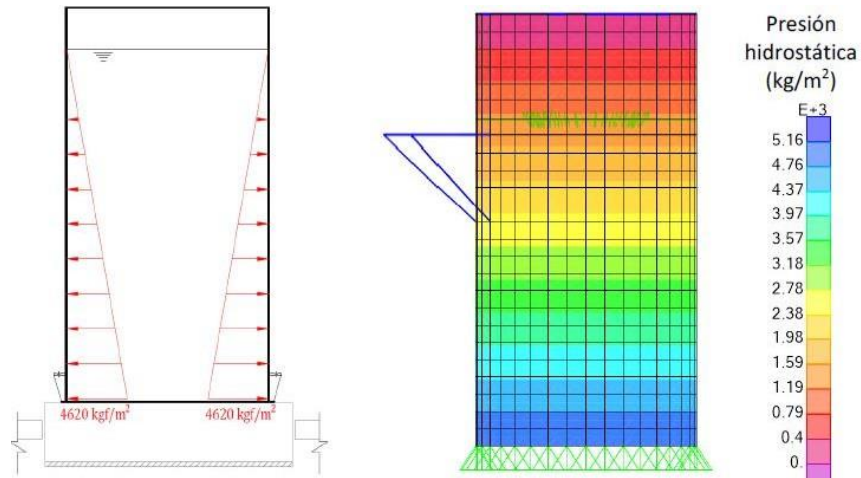


Figura 4.9 Presión Hidrostática sobre las paredes cilíndricas tanque de Agua Clarificada



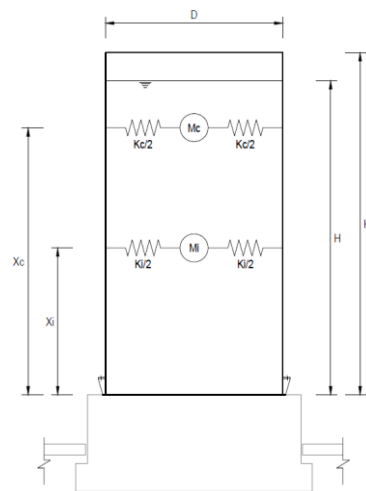
Tanque de Agua Clarificada:

- Peso del contenido almacenado: $W_P = 17562 \text{ kg}$
- Peso efectivo convectivo: $W_C = 2308 \text{ kg}$
- Peso efectivo impulsivo: $W_I = 15374 \text{ kg}$

Carga de sismo

Se aplicó las cargas sísmicas utilizando el modelo hidrodinámico analítico de Housner.

Figura 4.10 Modelo hidrodinámico de Housner



Tanques de Neutralización y Oxidación:

- Altura para masa convectiva: $X_c = 4.76$ m
- Altura para masa impulsiva: $X_I = 2.969$ m
- Masa convectiva: $M_c = 6458$ kg
- Masa impulsiva: $M_I = 44600$ kg

Tanque de Agua Clarificada:

- Altura para masa convectiva: $X_c = 3.254$ m
- Altura para masa impulsiva: $X_I = 2.057$ m
- Masa convectiva: $M_c = 2308$ kg
- Masa impulsiva: $M_I = 15374$ kg

Fabricación

Para realizar una gestión correcta de los tiempos de fabricación, se realizó un cronograma Gantt el cual permitió evaluar las actividades de holgura y la ruta crítica, además se realizó un gráfico de Curva "S" para controlar el avance de los trabajos, como se muestra en las figuras 4.11, 4.12 y 4.13:

Figura 4.11 Cronograma de Fabricación de Tanque y Estructuras - 1

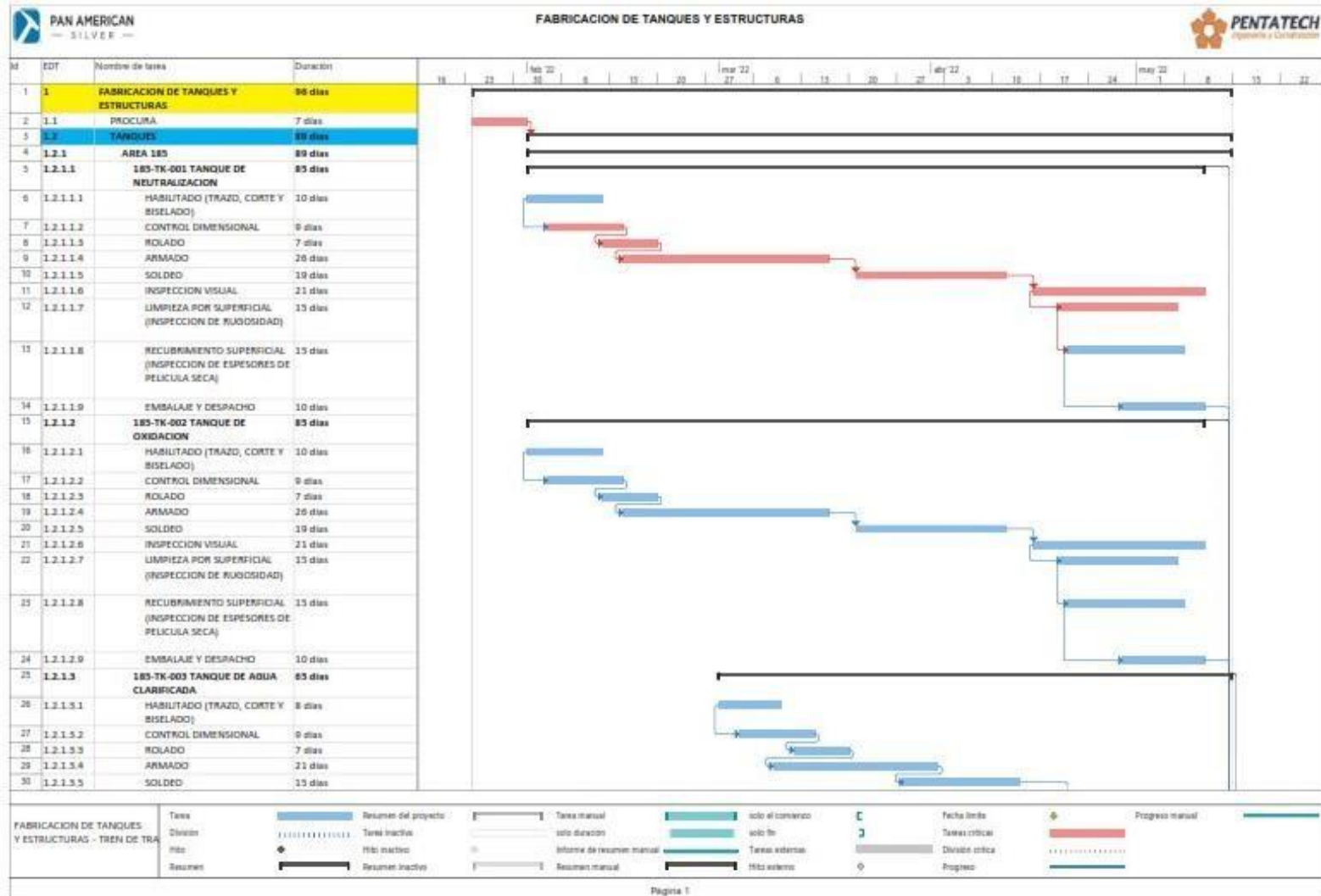


Figura 4.12 Cronograma de Fabricación de Tanque y Estructuras - 2

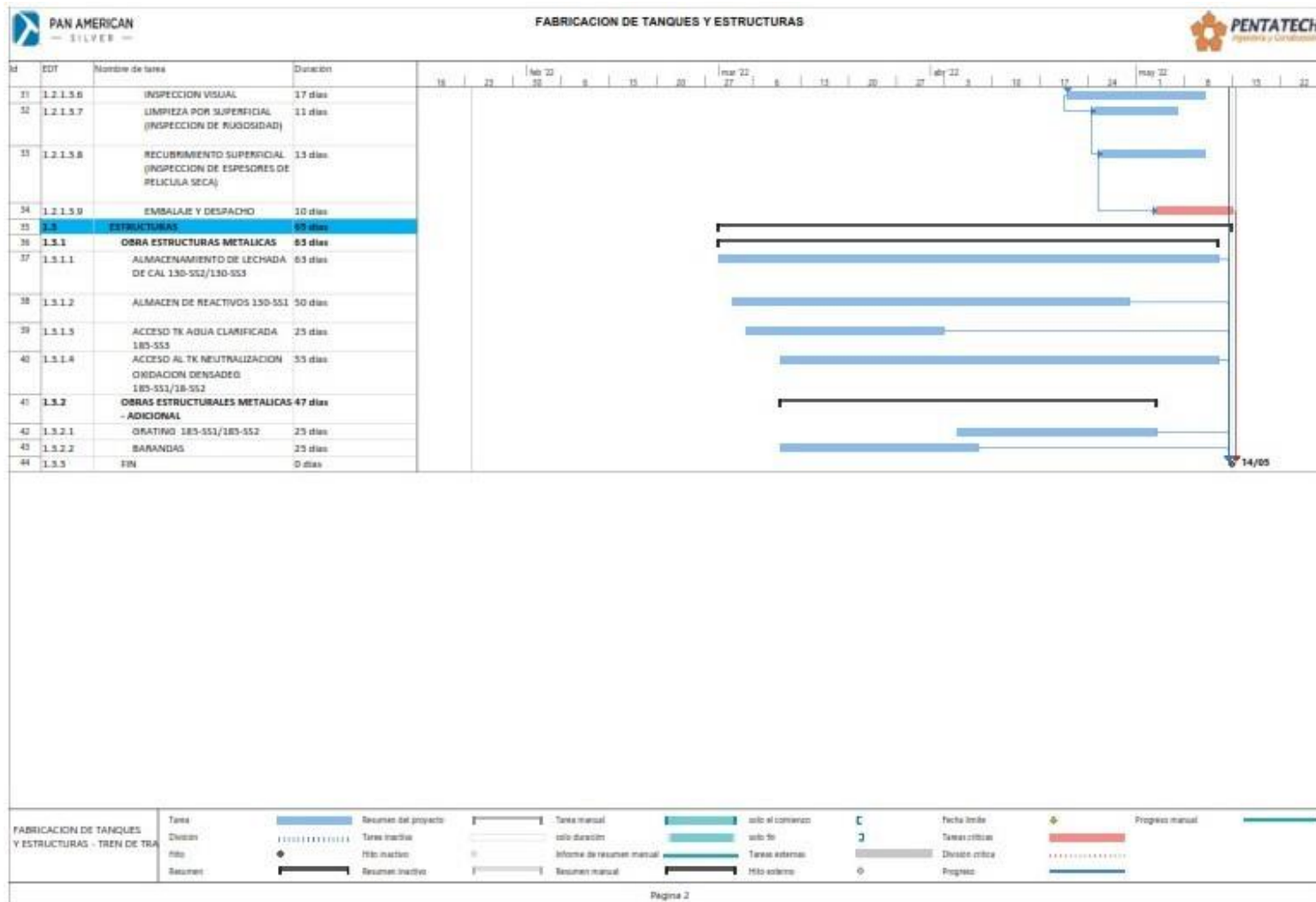
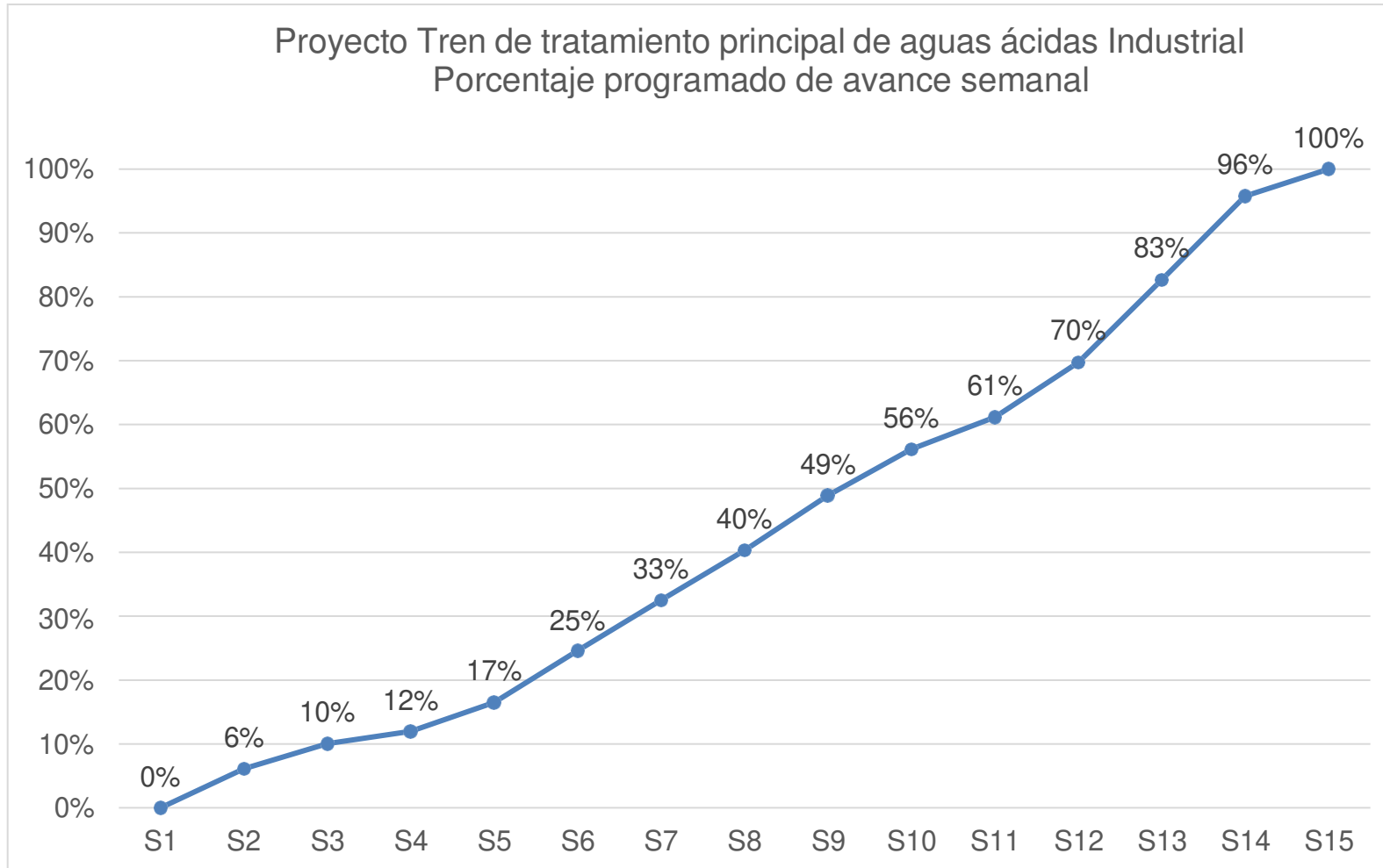


Figura 4.13 Curva S de programación de avance semanal



Notas:

1. S: Semana

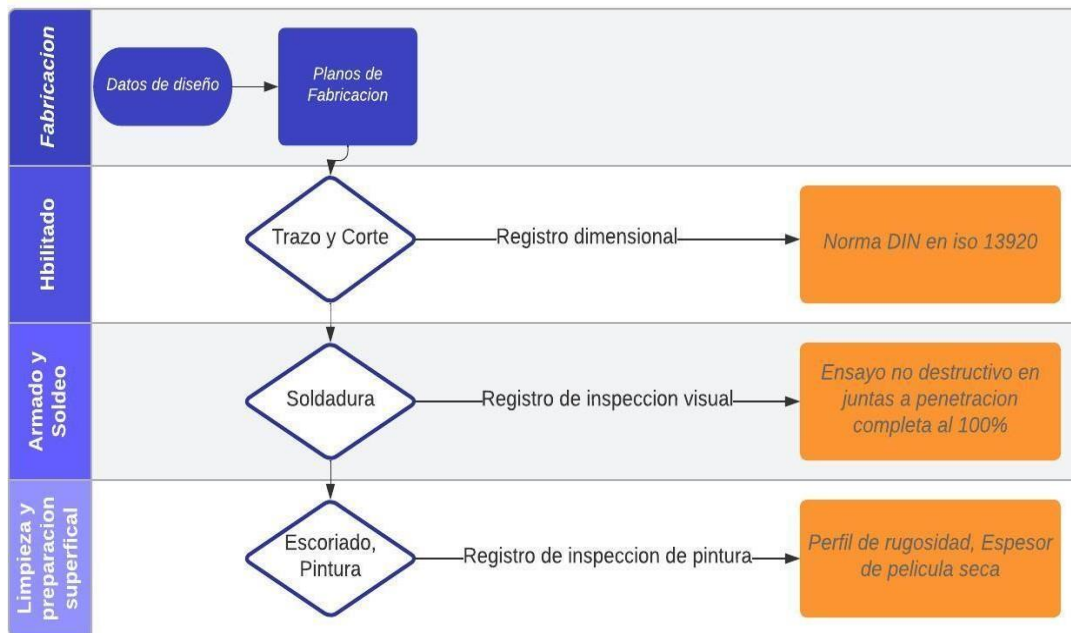
Asimismo, en conformidad al diseño mecánico, se obtuvo datos muy relevantes que dan paso al proceso de fabricación, según ya lo mencionado en el capítulo 2 en el apartado “2.3 Marco conceptual” se define la etapa de fabricación como un conjunto de pasos que se tiene que realizar:

- Evaluar planos de Fabricación.
- Habilitado de materiales (trazo, corte, biselado y rolado).
- Armado.
- Soldeo (Gmaw, Fcaw y Smaw).
- Limpieza superficial (Escoriado).
- Recubrimiento superficial (aplicación de pintura).

Con el fin de garantizar el correcto proceso se aplicó medidas de control de calidad en cada etapa del desarrollo de la fabricación:

- Registro de control dimensional.
- Welding Map (Mapa de soldadura)
- Registro de inspección visual a la soldadura.
- Registro de inspección de pintura

Figura 4.1 Desarrollo de fabricación Metalmecánico



Para iniciar con la fabricación lo primero que se tuvo presente fue la “Lista de planos de Fabricación”.

Se realizó el modelado con el software Tekla Structures el cual permitió obtener planos de fabricación el cual se presenta en un listado como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4.1 Planos de Fabricación

Descripción	Número de Plano	Área	Descripción	Revisión
Tanque de Neutralización 185-TK-0011	185-TK1-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidizador	0
	185-TK1-CS1	Tren Principal	Casco	0
	185-TK1-FN1	Tren Principal	Fondo	0
	185-TK1-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK1-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK1-SL1	Tren Principal	Silleta	0
Tanque De Oxidación 185-TK-002	185-TK2-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidiza dor	0
	185-TK2-CS1	Tren Principal	Casco	1
	185-TK2-FN1	Tren Principal	Fondo	1
	185-TK2-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK2-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK2-SL1	Tren Principal	Silleta	0
	185-TK3-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidiza dor	0

Tanque De Agua Clarificada 185-TK-003	185-TK3-CS1	Tren Principal	Casco	1
	185-TK3-FN1	Tren Principal	Fondo	0
	185-TK3-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK3-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK3-SL1	Tren Principal	Silleta	0

Nota:

1. Listado de planos de fabricación

Posterior a la obtención de la lista de planos se procedió a realizar un metrado de materiales con el apoyo de software de optimización 1D Cutting Optimizer, del cual se obtiene un listado de materiales y se procede a realizar un requerimiento al área logística.

- Trazo y corte

En esta etapa el operario mecánico ya cuenta con los planos de fabricación, herramientas y el material en stock, se trasladó las planchas con un montacarga sobre unos caballetes y conjuntamente con un oficial mecánico proceden a realizar el trazado conforme a los planos, el trazado es validado por el supervisor de producción y se continua con el corte, para lo cual se utilizó un equipo oxicorte a base de gas propano y oxígeno industrial, en este punto se requirió validar que las dimensiones sean correctas y estén dentro del rango de tolerancia, por ende se comunicó al inspector de calidad (QA) para tomar datos en campo y validar el corte que este dentro del margen de la tolerancia en conformidad a la norma DIN en ISO 13920.

Figura 4.2 Trazado de planchas



Figura 4.3 Habilitado de planchas por Oxicorte



- Registros de control dimensional

El inspector de calidad (QA) inspeccionó y registró las desviaciones de medidas reales con respecto a las medidas de plano obteniendo una desviación el cual debe estar dentro del rango aceptable señalado en la norma DIN en ISO 13920

Tabla 4.2 Registro de control dimensional de corte del tanque de neutralización

Identificación	Cotas	Medida de Plano	Medida de Inspección	Desviación
Tanque de Neutralización 185-TK1-001				
185-TK1-P1	A	2400	2399	-1
	B	6000	6000	0
	C	6462	6461	-1
	D	6462	6461	-1
185-TK1-P2	A	2400	2399	-1
	B	4075	4076	+1
	C	4729	4729	0

	D	4729	4730	+1
185-TK1-P3	A	1284	1285	+1
	B	6000	6000	0
	C	6136	6137	+1
	D	6136	6136	0
185-TK1-P4	A	1284	1284	0
	B	4066	4066	0
	C	4264	4265	+1
	D	4264	4265	+1
185-TK1-P36	A	2400	2399	-1
	B	6000	6001	+1
	C	6462	6463	+1
	D	6462	6462	0
185-TK1-P37	A	2400	2400	0
	B	4072	4073	+1
	C	4727	4728	+1
	D	4727	4728	+1
185-TK1-P27-1	A	1668	1668	0
	B	3336	3337	1
185-TK1-P27- 2	C	1668	1667	-1
	D	3336	3337	1

Nota:

1. Datos tomados del registro de control dimensional elaborado por el área de calidad, del mismo modo se registra para los tanques de oxidación y agua clarificada.

Con el registro de control dimensional validado, se procedió a realizar el bisel a los bordes de las planchas según indicaciones de planos de fabricación, luego de ello las planchas son trasladadas al área de rolado en donde se indicó al operario rolador la cara por donde se debe proceder el rolado de las planchas, asimismo el operario utilizó plantillas de plancha de acero de 1.5 mm o 2 mm de espesor y 150 mm de ancho x 800 mm de largo que cumpla con el diámetro requerido. Para los tanques de neutralización y oxidación es Ø3200 mm y el tanque de agua clarificada es Ø2220 mm.

Al acabar la etapa de rolado se procedió a trasladar las planchas roladas con la ayuda de un montacarga al área de armado en donde el operario cuenta herramientas para armado de tanques tales como:

- Octavos.
- Atiesadores con el radio del interior del tanque.

- Planos.
- Tole, etc.

Se procedió a unir las planchas en conformidad con los planos de fabricación, dejando una preparación adecuada para que se proceda con la soldadura.

Figura 4.4 Biselado de planchas



Figura 4.5 Rolado de planchas



Figura 4.6 Armado de anillos de tanques



- Soldeo

Al finalizar la etapa de armado se procedió a realizar el proceso de soldeo, en este caso tenemos aprobado el proceso combinado Gmaw y Fcaw, para lo cual se cuenta con soldadores con una homologación en posición 3G. Se inició con pases raíz y relleno de las juntas verticales, posterior a ello se realizó el desbaste del cordón por una posición opuesta al pase raíz, para que se pueda proceder con la inspección de líquidos penetrantes realizada por el inspector de calidad, finalizado la inspección se procedió a finalizar el pase de acabado de la soldadura en la junta vertical.

Del mismo modo se procedió en las juntas horizontales y juntas del fondo de los tanques.

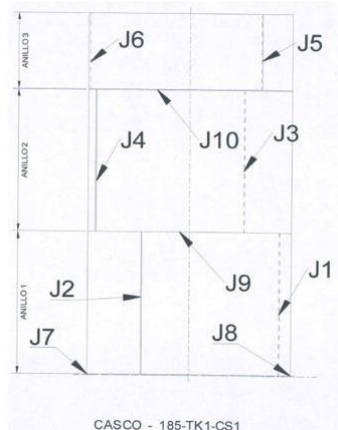
Finalizado la etapa de soldeo se procedió a llevar a un documento la información previamente recolectada, para ello se cuenta con un mapa de soldadura conocido como “Weldign Map” en donde se señaló cada junta de soldadura a inspeccionar, para el proyecto se considera inspección de soldadura para Juntas a penetración completa (CJP) al 100 %, debido a la criticidad del tipo de junta.

Toda esta información se trasladó a un documento llamado Inspección visual de soldadura.

Figura 4.7 Soldeo de casco de tanque



Figura 4.8 Registro de Welding map



- Inspección por líquidos penetrantes

Se evaluó la raíz de un cordón de soldadura a tope o junta de penetración completa (CJP), el inspector procedió a limpiar la zona de inspección con el primer líquido limpiador llamado “cleaner”, una vez limpia el área se procedió a aplicar el líquido penetrante llamado “penetrant” el cual se aplicó por un periodo de 10 min, finalmente con un paño absorbente libre de impurezas se procedió a quitar el restante del líquido penetrante, y se aplicó el líquido revelador llamado “developer” es aquí donde se puede visualizar cualquier imperfección superficial del pase raíz y se da por conforme o no la junta inspeccionada.

Figura 4.9 Inspección de juntas verticales

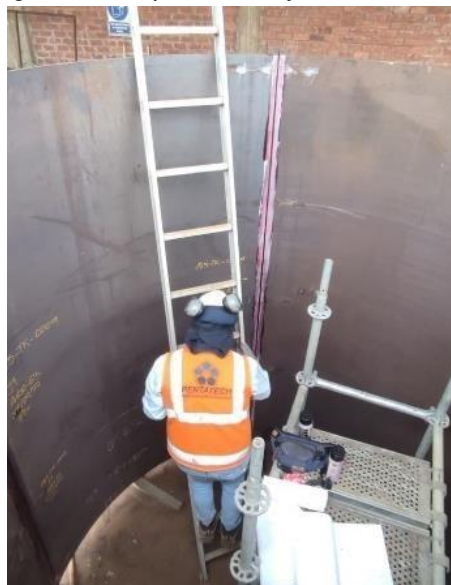


Figura 4.10 Inspección de juntas horizontales



Figura 4.11 Inspección de juntas horizontales



Tabla 4.3 Inspección de líquidos penetrantes al tanque de neutralización

Ítem	Junta	Tipo De Junta	Código De Soldador	Ensayo	Resultado
Tanque de Neutralización 185-TK-001					
1	J1	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
2	J2	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
3	J3	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
4	J4	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
5	J5	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
6	J6	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
7	J7	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
8	J8	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
9	J9	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
10	J10	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme

11	J11	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
----	-----	-----	--------	----------------------	----------

Nota:

1. Del mismo modo se realiza la inspección en los demás tanques de oxidación y agua clarificada.

- Preparación superficial y recubrimiento superficial

En esta etapa, ya finalizado la etapa de soldeo y limpieza mecánica, se procedió a llevar las estructuras a la cabina de escoriado, en donde el operario tiene la directiva del tipo de acabado del perfil de anclaje, el cual conforme a especificación técnica del cliente tiene que ser metal blanco de calidad SSP5, según lo señalado en el procedimiento.

Con el perfil rugoso adecuado, se tomó controles adicionales medio ambientales como temperatura, punto de rocío, humedad relativa esto se hace un equipo llamado Positector, el cual cuenta con sondas especializadas para este tipo de medidas, posterior a esto se procede a aplicar la capa base de pintura, para este caso el cliente especificó un producto de la marca Sherwin Willians llamado Corcote, que cuenta con porcentaje de solidos del 100 %, e incluye partículas de fibra de vidrio, el cual garantizó la protección adecuada, pasado las 8 hr de repintado se aplicó la capa acabado para este caso un producto denominado Sumatane Hs brillante .

Figura 4.12 Tanque de agua clarificada en capa base



Figura 4.13 Tanque de neutralización en capa base



Figura 4.27 Tanques de neutralización y oxidación en capa acabado



Finalizado las etapas y la recolección de datos previos, se procedió a llevar a un registro de Inspección de preparación y recubrimiento superficial con el fin de garantizar la calidad en la aplicación de acuerdo a las fichas técnicas de pintura y el procedimiento de pintura.

Tabla 4.12 Registro promedio de preparación y recubrimiento superficial

Ítem	Rugosidad (Mils)	Base (Mils)	Acabado (Mils)	Zona De Aplicación
Tanque de Neutralización 185-TK-001				

1	2.7	-	17.5	Interior de tanque
2	2.9	6.5	8.2	exterior de tanque
Tanque de Oxidación 185-TK-002				
1	2.8	-	17.4	Interior de tanque
2	2.7	6.2	8.5	exterior de tanque
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003				
1	2.6	7.9	16.6	Interior de tanque
2	2.9	6.6	8.4	exterior de tanque

Finalizados estos procesos la pintura de acuerdo a la ficha técnica se tuvo que curar por 7 días para embalarlo y traslado a obra.

Figura 4.28 Despacho de tanque de neutralización



Montaje

Para dar inicio al proceso de montaje se requirió una lista de planos de montaje.

Tabla 4.13 Lista de planos de montaje

Descripción	Número de Plano	Área	Rev.
Tanque de Neutralización	185-TK1-M01	Tren principal	2
Tanque de Oxidación	185-TK2-M02	Tren principal	2
Tanque de Agua Clarificada	185-TK2-M03	Tren principal	2

En la etapa de montaje se ensambló el conjunto de estructuras perteneciente al tren de tratamiento principal, el cual constó esencialmente de un tanque de neutralización, un tanque de oxidación, un tanque Densadeg y un tanque de agua clarificada, seguidamente se realizó una inspección y evaluó con un registro de verticalidad, y redondez.

Para este proceso es necesario contar con un plan de izaje que contemple los pesos y cargas a izar, asimismo de la capacidad de la grúa que hará dicha maniobra el cual debe dar la seguridad necesaria para este tipo de maniobras de alto riesgo.

Del mismo modo se debe contar con los permisos y cursos necesarios en el personal que realizara la operación.

Figura 4.29 Montaje de tanques de neutralización y oxidación



Figura 4.30 Montaje de tren de tratamiento principal



Posterior al ensamble de estructuras se realizó la inspección y registros más importantes tales como la prueba de verticalidad y redondez, tomando como referencia la norma API estándar 650. Así también se realizó un plan de mantenimiento el cual se encuentra en el Anexo 16 de la tesis.

Tabla 4.14 Registro de desviación vertical en cada eje

Identificación	Medida de Altura (H)	Medida de Desviación	Eje
Tanque de neutralización 185-TK-001	6100	4	0°
	6102	3	90°
	6105	1	180°
	6103	2	270°
Tanque de oxidación 185-TK-002	6108	3	0°
	6107	1	90°
	6100	2	180°
Tanque de Agua Clarificada 185-TK-003	6101	3	270°
	4300	1	0°
	4308	3	90°
	4307	2	180°
Densadeg 185-DE-001	4302	4	270°
	5200	1	0°
	5208	3	90°
	5207	1	180°
	5206	2	270°

Notas:

1. Todas las desviaciones son menores a la tolerancia de verticalidad, por ende, el montaje es el adecuado.

Tabla 4.15 Tolerancia dimensional tomado de API 650

Tank Diameter m (ft)	Radius Tolerance mm (in.)
----------------------	---------------------------

<12(40)	±13 (1/2)
From 12(40) <45(150)	± 19 (3/4)
From 45(150) <75(250)	±25 (1)
>= 75(250)	±32 (1 1/4)

Tabla 4.16 Registro de inspección de redondez

Ítem	Diámetro medida de plano	Diámetro medida de inspección	Desviación	Anillo
Tanque de Neutralización 185-TK-001				
1	3200	3205	5	1
2	3200	3203	3	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Oxidación 185-TK-002				
1	3200	3203	3	1
2	3200	3204	4	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003				
1	2220	2215	-5	1
2	2220	2218	-2	2

La norma API estándar 650 señala que la desviación máxima en verticalidad debe ser el resultado de dividir la altura “H” por 200, según lo observado en la Tabla 4.11 las medidas de las desviaciones son inferior a lo máximo permisible por lo tanto los tanques están correctamente montados verticalmente.

A partir de lo indicado en la Tabla 4.12 la tolerancia de desviación en la redondez es ± 13 mm, del cual podemos notar en la Tabla 4.17, que todas las medidas de desviación son menores al rango de tolerancia por lo tanto la redondez de los tanques montados es adecuada.

Finalizados las etapas mecánicas de montaje se procedió a realizar una evaluación del tren de tratamiento principal, la operación y puesta en marcha lo lleva a cabo la empresa Shahuindo con su área llamada “Manejo de Aguas”, el cual cuenta con el balance de masa diseñada para lechada de cal que se usa esencialmente en las etapas del tratamiento, para ello previamente se cuenta con un estudio del agua acida a nivel de laboratorio.

Dada la finalidad del proyecto de investigación que es implementar el tren de tratamiento principal para reducir la acidez de aguas ácidas de mina nos enfocamos en evaluar el parámetro más importante que es el pH.

Para ello, se determinó el pH en cada etapa:

- Drenaje Acido (pH de relave).
- Salida del Tanque de Neutralización.
- Salida del Tanque de Oxidación.
- Rebose del Tanque Densadeg.
- Salida del Tanque de Agua Clarificada.

Para ello usó un equipo llamado “pH-chimetro” y papel de tornasol. Posterior a ello se realizó un registro de datos en campo para evaluar si el tren principal cumple el objetivo principal de reducir la acidez de aguas de mina.

Figura 4.31 Muestra tomada en el Tanque de Neutralización



Figura 4.32 Muestra tomada en el Tanque de agua clarifica obteniendo un pH optimo



Figura 4.33 Registro de pH en cada etapa del tren de tratamiento principal



Tabla 4.17 Registro de Inspección de valores de pH en el tren de tratamiento principal

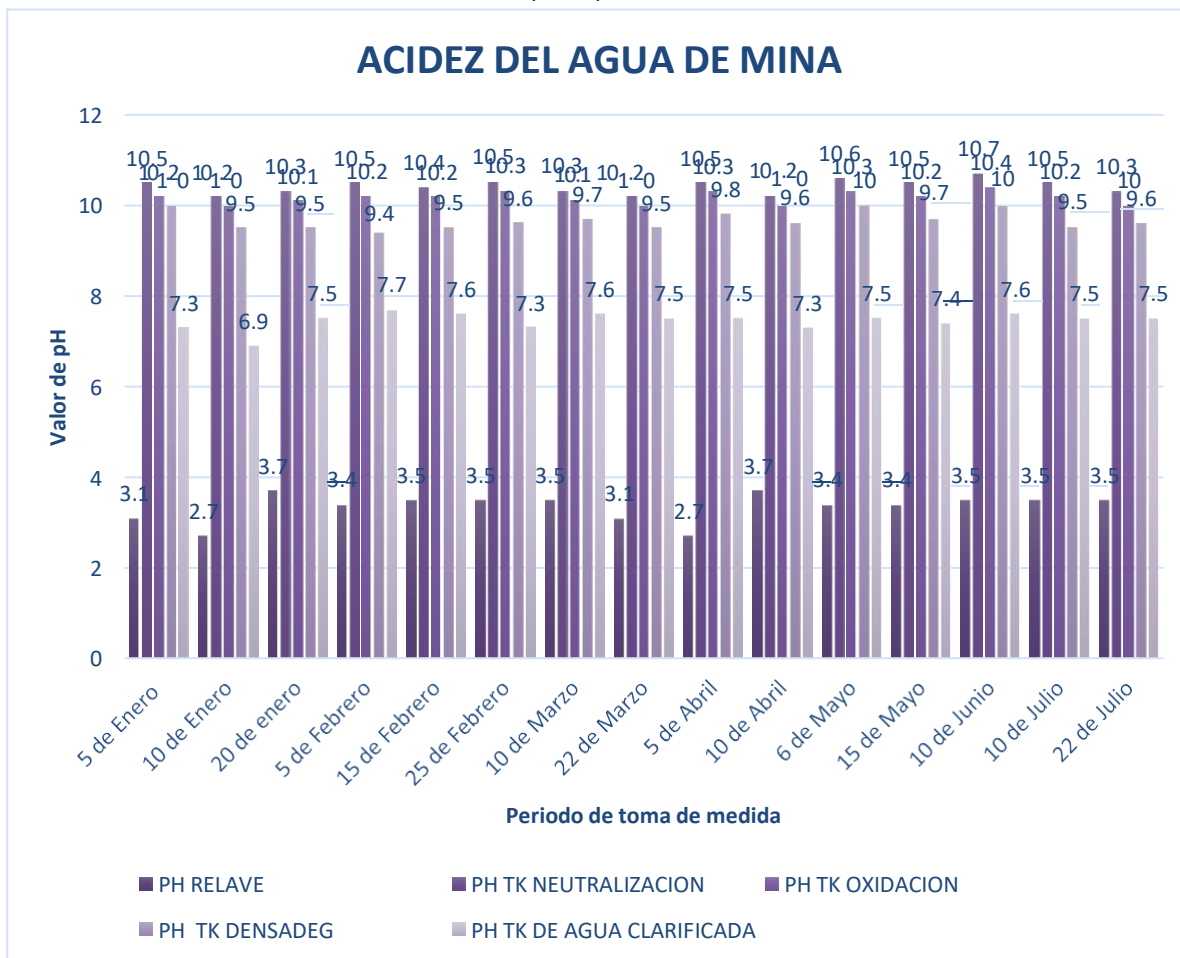
NRO PRUEBA	pH RELAVE	pH TK NEUTRALIZACION	pH TK OXIDACION	pH TK DENSADEN	pH TK DE AGUA CLARIFICADA
1	3.1	10.5	10.2	10	7.3
2	2.7	10.2	10	9.5	6.9
3	3.7	10.3	10.1	9.5	7.5
4	3.4	10.5	10.2	9.4	7.7
5	3.5	10.4	10.2	9.5	7.6
6	3.5	10.5	10.3	9.6	7.3
7	3.5	10.3	10.1	9.7	7.6
8	3.1	10.2	10	9.5	7.5
9	2.7	10.5	10.3	9.8	7.5
10	3.7	10.2	10	9.6	7.3
11	3.4	10.6	10.3	10	7.5
12	3.4	10.5	10.2	9.7	7.4
13	3.5	10.7	10.4	10	7.6
14	3.5	10.5	10.2	9.5	7.5

15	3.5	10.3	10	9.6	7.5
----	-----	------	----	-----	-----

Notas:

2. Periodo de toma de muestra Enero – Julio del año 2023

Figura 4.34 Datos obtenidos en la medición de pH en cada etapa del tren de tratamiento principal



4.7 Aspectos éticos de la investigación

Los aspectos éticos que se consideró en la presente investigación van a ser la correcta utilización de las fuentes referenciadas, sin incurrir en el plagio, además de prestar la reserva de la información utilizada como se indica en el código de honor para los ingenieros.

4.8 Estudio económico-financiero

Para el análisis de la económico-financiero se procedió a listar la información que se recaudó del financiamiento y costo real en soles o moneda equivalente.

Asimismo, el presupuesto con fines de elaborar la presente investigación es autofinanciado.

Alcance del proyecto

Este Proyecto consta de tres etapas: Diseño, Fabricación y Puesto en Marcha.

Se elaboró memorias de cálculo y maqueta 3D, a partir de ello se elaboró planos de fabricación que serán modelado en TEKLA y los despieces pasaran a la fabricación en taller tanto los trabajos de soldadura hasta los acabados de pintura y luego serán trasladados a mina para su posterior montaje y puesta en marcha esto se realizara posterior a la liberación de estructuras por parte del área de calidad en caso de no encontrar discrepancias en el montaje se procederá a realizar la puesta en marcha.

Ello incluye los siguientes:

- Acceso de plataforma de tren de tratamiento principal
- Tanque de neutralización
- Tanque de oxidación
- Densadeg
- Bombas
- Sistema de rastras
- Sistema de tuberías

Recurso humano

Personal indirecto: supervisión técnica

- Un (1) residente de proyectos.
- Un (1) jefe de ingeniería.
- Un (1) jefe de construcción.
- Un (1) ingeniero de oficina técnica.
- Un (1) ingeniero de planeamiento y control.
- Un (1) supervisores de montaje mecánico.
- Un (1) supervisor de calidad mecánico.
- Un (1) supervisor de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Un (1) administrador de obra.
- Un (1) topógrafo.
- Un (1) Almaceneros

Personal directo: operativo

- Un (1) capataz tanquero
- Dos (2) operarios tanqueros
- Dos (2) oficiales tanqueros
- Dos (2) soldadores 3G y 4G
- Un (1) capataz de montaje mecánico
- Dos (2) operarios mecánicos
- Cuatro (4) oficiales mecánicos
- Un (1) capataz tubero
- Dos (2) operarios tuberos
- Cuatro (2) oficiales tuberos
- Un (1) soldadores 6G
- Dos (2) operarios pintores
- Dos (2) oficiales pintores
- Un (1) operarios de camión grúa
- Un (1) rigger para camión grúa
- Un (1) operario de manlift

Maquinarias y equipos

- Un (1) camión grúa PM 48
- Un (1) estación total
- Un (1) nivel topográfico
- Andamios certificados
- Máquinas de soldar Miller
- Equipo de pintado Graco.
- Herramientas de izaje (tecles, eslingas, tirfor, grilletes, etc.)
- Torquímetro.
- Tablero eléctrico
- Multímetro
- Herramientas menores
- Equipos de control de calidad con calibración vigente.

Tabla 4.18 Costo de implementación de tren de tratamiento principal

ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL (S/.)
1	Licencia de software (TEKLA, AUTOCAD, NAVISWORKS)	15 605.422
2	Elaboración de documentos de ingeniería (criterios de diseño, especificaciones técnicas, hoja de datos, listado de equipos, memoria de cálculo, memoria descriptiva)	11 000.00
3	Acceso de plataforma de tren de tratamiento principal	1 858 920.00
4	Tanque de neutralización	
5	Tanque de oxidación	
6	Densadeg	2 864 000.00
7	Bombas	429 600.00
8	Sistema de rastras	
9	Sistema de tuberías	12 000.00
Subtotal implementación		S/. 5 191 125.422

Tabla 4.19 Costo de investigación

ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL (S/.)
1	Supervisor de calidad (ensayos de calidad)	500.00
2	Operario Mecánico (ensayos de calidad)	300.00
3	Oficial Mecánico (ensayos de calidad)	150.00
Costo personal		950.00
4	Material bibliográfico	500.00
5	material de escritorio	50.00
6	impresiones	250.00
7	fotocopias	100.00
8	impresora láser konika minolta	850.00
9	pasajes local y regional	1 500.00
10	fotografías	200.00
11	logística	1 200.00
12	materiales del procesamiento	450.00
13	imprevistos	500.00
14	derechos	4 950.00
Costo material		10 550.00
Subtotal investigación		11 500.00

De las Tablas 4.18 y 4.19 podemos apreciar que el costo total de inversión fue de S/. 5 202 625.422.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados Descriptivos

5.1.1 Variable independiente

Parámetros básicos de diseño

Tabla 5.1 Resultado de los parámetros básicos de diseño

Velocidad de diseño del viento	$89.69 \frac{Km}{h}$
Lugar	Shahuindo - Cajamarca
Zona sísmica N°	3
Factor de zona	0.35
Peso específico aguas ácidas	$1020 \frac{kgf}{m^3}$
Peso específico del acero ASTM A36	$7850 \frac{kgf}{m^3}$

La Tabla 5.1 es el resultado del hallazgo de los parámetros básicos de diseño en base a condiciones climáticas, ubicación geográfica, especificación del fluido a contener, y el tipo de material a utilizar en la fabricación.

Tabla 5.2 Resultado de dimensionamiento de Tanques de Neutralización, Oxidación y agua clarificada

Descripción	Tanque de neutralización	Tanque de oxidación	Tanque de agua clarificada
Anillo 1	$t_1 = 9mm$	$t_1 = 9mm$	$t_1 = 8mm$
Anillo 2	$t_2 = 8mm$	$t_2 = 8mm$	$t_2 = 6mm$
Anillo 3	$t_3 = 6mm$	$t_3 = 6mm$	-
Fondo	$t = 9mm$	$t = 9mm$	$t = 8mm$
Anillo de rigidez superior	L 3"X3"X ¼"	L 3"X3"X ¼"	L 3"X3"X ¼"

Vigas rigidizadores intermedias	No se necesitan	No se necesitan	No se necesitan
Conexiones	Ø 8" Ingreso (01) Ø 6" Descarga (01) Ø 4" Rebose (01) Drenaje (01)	Ø 8" Ingreso (01) Ø 6" Descarga (01) Ø 4" Rebose (01) Drenaje (01)	Ø 8" Descarga (01) Ø 3" Rebose (01) Drenaje (01)
Manhole	Ø 610 mm	Ø 610 mm	Ø 610 mm

La Tabla 5.2 es el resultado del cálculo de dimensionamiento en tomando como referencia la norma API estándar 650.

Tabla 5.3 Resultado de cargas y alturas que intervienen en el desarrollo del diseño mecánico

Descripción	Tanque de neutralización - oxidación	Tanque de agua clarificada
Carga muerta (D)	5874 kg	3608 kg
Carga viva (L)	13228 kg	375 kg
Altura convectiva (Xc)	4.76m	3.254m
Altura impulsiva (Xi)	2.969m	2.057m
Masa convectiva (Mc)	6458 kg	2308 kg
Masa impulsiva (Mi)	44600 kg	15374 kg

La Tabla 5.3 es el resultado del hallazgo de cargas que intervienen en la etapa de diseño mecánico de las estructuras componentes, asimismo las alturas convectivas e impulsiva de los tanques del tren de tratamiento principal.

Tabla 5.4 Resultado de lista de planos de fabricación de tanques de neutralización, oxidación y agua clarificada

Descripción	Número de Plano	Área	Descripción	Revisión
Tanque de Neutralización 185-TK-0011	185-TK1-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidizador	0
	185-TK1-CS1	Tren Principal	Casco	0
	185-TK1-FN1	Tren Principal	Fondo	0
	185-TK1-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK1-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK1-SL1	Tren Principal	Silleta	0
	185-TK2-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidizador	0
	185-TK2-CS1	Tren Principal	Casco	1
	185-TK2-FN1	Tren Principal	Fondo	1

Tanque De Oxidación 185-TK-002	185-TK2-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK2-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK2-SL1	Tren Principal	Silleta	0
Tanque De Agua Clarificada 185-TK-003	185-TK3-AR1	Tren Principal	Anillo_Rigidizador	0
	185-TK3-CS1	Tren Principal	Casco	1
	185-TK3-FN1	Tren Principal	Fondo	0
	185-TK3-IZ1	Tren Principal	Placa_Izaje	0
	185-TK3-MH1	Tren Principal	Man_Hole	0
	185-TK3-SL1	Tren Principal	Silleta	0

El resultado de la Tabla 5.4 es la obtención de la lista de planos de fabricación, que son respaldados por la etapa de diseño, garantizando que los perfiles serán adecuados para soportar las cargas antes consideradas durante la operación.

Tabla 5.5 Lista de planos de Montaje

Tren de tratamiento principal				
Ítem	Número de Plano	Área	Descripción	
1	185-TK1-M01	Tren principal	Tanque de Neutralización	2
2	185-TK2-M02	Tren principal	Tanque de Oxidación	2
3	185-TK2-M03	Tren principal	Tanque de Agua Clarificada	2

El resultado mostrado en la Tabla 5.5 es la lista de planos de montaje que permitirán el adecuado ensamble de estructuras fabricadas y estas garanticen un funcionamiento adecuado del tren de tratamiento principal.

Proceso de Fabricación

Tabla 5.6 Resultado del control dimensional para trazo y corte de planchas de tanque de Neutralización

Identificación	Cotas	Medida de Plano	Medida de Inspección	Desviación
Tanque de Neutralización 185-TK1-001				
185-TK1-P1	A	2400	2399	-1
	B	6000	6000	0
	C	6462	6461	-1
	D	6462	6461	-1

185-TK1-P2	A	2400	2399	-1
	B	4075	4076	+1
	C	4729	4729	0
	D	4729	4730	+1
185-TK1-P3	A	1284	1285	+1
	B	6000	6000	0
	C	6136	6137	+1
	D	6136	6136	0
185-TK1-P4	A	1284	1284	0
	B	4066	4066	0
	C	4264	4265	+1
	D	4264	4265	+1
185-TK1-P36	A	2400	2399	-1
	B	6000	6001	+1
	C	6462	6463	+1
	D	6462	6462	0
185-TK1-P37	A	2400	2400	0
	B	4072	4073	+1
	C	4727	4728	+1
	D	4727	4728	+1
185-TK1-P27-1	A	1668	1668	0
	B	3336	3337	1
185-TK1-P27-2	C	1668	1667	-1
	D	3336	3337	1

En la Tabla 5.6 nos muestra el resultado del registro dimensional para el tanque de neutralización y su respectiva desviación.

Tabla 5.7 Resultado de líquidos penetrantes en el tanque de neutralización

Ítem	Junta	Tipo De Junta	Código De Soldador	Ensayo	Resultado
Tanque de Neutralización 185-TK-001					
1	J1	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
2	J2	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
3	J3	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
4	J4	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
5	J5	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
6	J6	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
7	J7	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme

8	J8	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
9	J9	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
10	J10	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme
11	J11	Cjp	Jcz-02	Líquidos Penetrantes	Conforme

En la Tabla 5.7 se muestra el resultado de conformidad en la inspección de líquidos penetrantes, a cada junta de penetración completa en el tanque de neutralización.

Tabla 5.8 Resultados promedio de rugosidad y espesores de película seca en los tanques de neutralización, oxidación y agua clarificada

Ítem	Rugosidad (Mils)	Base (Mils)	Acabado (Mils)	Zona De Aplicación
Tanque de Neutralización 185-TK-001				
1	2.7	-	17.5	Interior de tanque
2	2.9	6.5	8.2	exterior de tanque
Tanque de Oxidación 185-TK-002				
1	2.8	-	17.4	Interior de tanque
2	2.7	6.2	8.5	exterior de tanque
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003				
1	2.6	7.9	16.6	Interior de tanque
2	2.9	6.6	8.4	exterior de tanque

La Tabla 5.8 nos presenta la obtención de un registro promedio de la rugosidad del perfil de anclaje de las planchas de acero después del proceso de limpieza superficial por chorro abrasivo, del mismo modo se muestra el espesor de película seca promedio al interior y exterior, esto sucede tanto en capa base y capa acabado, en el recubrimiento superficial en los tanques de neutralización, oxidación y agua clarificada.

Proceso de Montaje

Tabla 5.9 Resultado del control dimensional de verticalidad para los tanques de Neutralización, Oxidación y Agua clarificada

Identificación	Medida de Altura (H)	Medida de Desviación	Eje
Tanque de neutralización 185-TK-001	6100	4	0°
	6102	3	90°
	6105	1	180°
	6103	2	270°
Tanque de oxidación 185-TK-002	6108	3	0°
	6107	1	90°
	6100	2	180°
	6101	3	270°
Tanque de Agua Clarificada 185-TK-003	4300	1	0°
	4308	3	90°
	4307	2	180°
	4302	4	270°
Densadeg 185-DE-001	5200	1	0°
	5208	3	90°
	5207	1	180°
	5206	2	270°

La Tabla 5.9 nos presenta el resultado de la medida de desviación en el eje vertical en los grados 0°, 90°, 180° y 270°.

Tabla 5.10 Control dimensional de Redondez en los tanques de Neutralización, Oxidación y Agua clarificada

Ítem	Diámetro medida de plano	Diámetro medida de inspección	Desviación	Anillo
Tanque de Neutralización 185-TK-001				
1	3200	3205	5	1
2	3200	3203	3	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Oxidación 185-TK-002				
1	3200	3203	3	1
2	3200	3204	4	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003				
1	2220	2215	-5	1
2	2220	2218	-2	2

La Tabla 5.10 nos presenta el registro de medida de desviación circunferencial, en donde se evalúa la redondez de los tanques en cada anillo.

5.1.2 Variable dependiente

Tabla 5.11 Resultado de toma de medidas de pH antes y después del tratamiento

N° Prueba	Periodo	pH Relave	pH tanque de agua clarificada
1	05-01-2023	3.1	7.3
2	10-01-2023	2.7	6.9
3	20-01-2023	3.7	7.5
4	05-02-2023	3.4	7.7
5	15-02-2023	3.5	7.6
6	25-02-2023	3.5	7.3
7	10-03-2023	3.5	7.6
8	22-03-2023	3.1	7.5
9	05-04-2023	2.7	7.5
10	10-04-2023	3.7	7.3
11	06-04-2023	3.4	7.5
12	15-05-2023	3.4	7.4
13	10-6-2023	3.5	7.6
14	10-07-2023	3.5	7.5
15	20-07-2023	3.5	7.5

La Tabla 5.11 nos muestra el resultado del estudio del agua de la unidad minera Shahuindo en un periodo de seis meses que fue el periodo de duración de pruebas de operación de la planta.

Figura 5.1 Acidez del agua de Mina (6 meses)

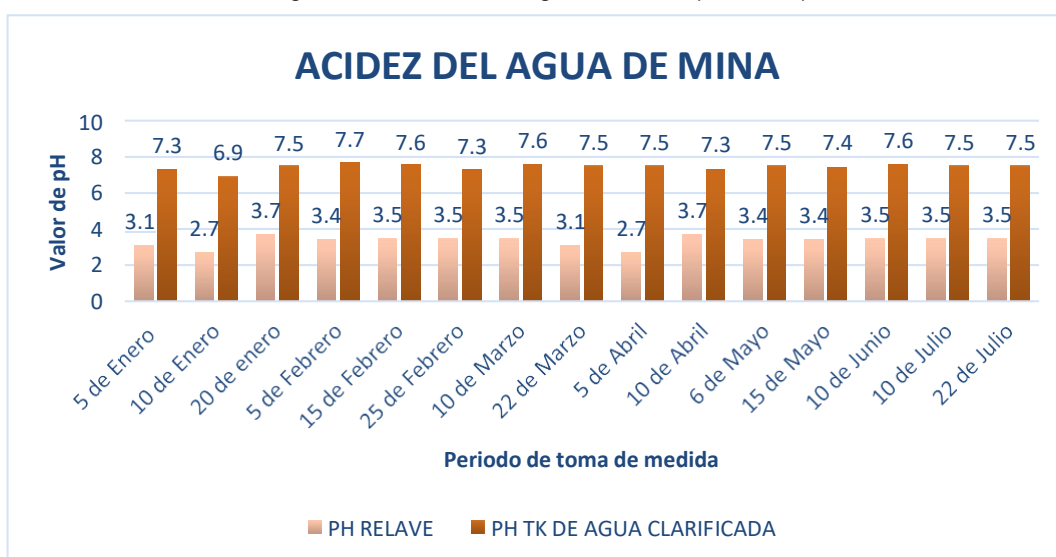
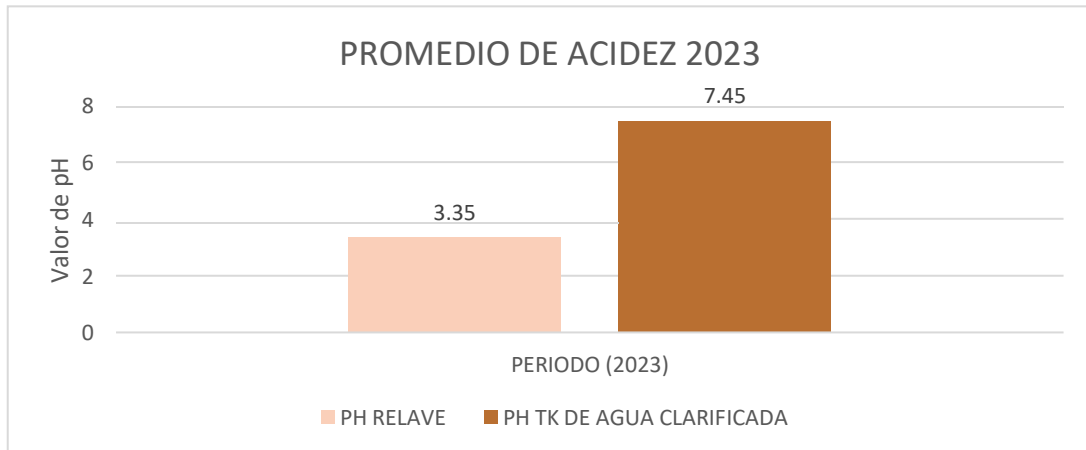


Figura 5.2 Promedio de acidez en el 2023



Tal como se puede apreciar la acidez de agua de mina en promedio durante el 2023 posterior a la aplicación de la implementación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas antes del tratamiento el pH es 3.35 y posterior al tratamiento el pH es 7.45

5.2 Resultados Inferenciales

Como resultados inferenciales, se validó los cálculos para la hipótesis general, dado que ya se validaron de manera descriptiva en el capítulo 5.1.

Se tiene en consideración lo siguiente:

- Nivel de significancia del 5%, $\alpha = 5\% = 0.05$
- Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk ($n < 30$)
- Regla de decisión:

Sig.< α , los datos no presentan distribución normal. Sig.>

α , los datos presentan distribución normal.

Tabla 5.12 Prueba de normalidad usando el programa SPSS

Pruebas de normalidad	
Kolmogorov-Smirnov ^a	Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	.252	15	.011	.842	15	.014

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se evidencia que para la diferencia del pre y post tratamiento el nivel de significancia es menor a 0.05 según Shapiro Wilk (la muestra menor que 30), dando a entender que estamos en el caso que no presenta una distribución normal.

5.2.1 Contratación de Hipótesis General

Posterior a haber determinado la normalidad en la diferencia del pre y post tratamiento de datos, se procede a elegir el estadígrafo a usar según la tabla:

Tabla 5.13 Estadígrafo de acuerdo a la distribución de la diferencia (pre - post tratamiento)

	Diferencia (pre -post tratamiento)	Conclusión	Estadígrafo
Sig. < 0.05	No	No paramétrico	Wilcoxon
Sig. > 0.05	Si	Paramétrico	T-Student

Se evidenció que para este caso no presenta una distribución normal en conclusión no es paramétrico por ende la hipótesis se valida con el Estadígrafo Wilcoxon.

Se tiene en consideración lo siguiente:

- Nivel de significancia del 5%, $\alpha = 5\% = 0.05$
- Prueba de Hipótesis se valida mediante Wilcoxon (muestras relacionadas o dependientes)
- Regla de decisión:

Sig. < α , se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la hipótesis del investigador.

Sig. > α , se acepta la Hipótesis Nula y se rechaza la hipótesis del investigador.

H0: Hipótesis Nula

H1: Hipótesis del Investigador

H0: Si se implementa el tren de tratamiento principal de aguas ácidas no se reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.

H1: Si se implementa el tren de tratamiento principal de aguas ácidas se reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.

En consecuencia, aplicando Wilcoxon se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 5.14 Estadísticos de prueba según resultados de programa SPSS

Estadísticos de prueba ^a	
	pH_Agua_Clarificad - pH_Relave
Z	-3.449 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<.001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0.05 se rechazó la hipótesis nula, confirmando nuestra hipótesis general “Si se implementa el tren de tratamiento principal de aguas ácidas se reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.”

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de resultados

6.1.1 Contrastación con la hipótesis general

Tabla 6.1 Datos de pH obtenidos en el periodo 2021

Nro de Prueba	Periodo 2021	
	pH Relave	pH tanque de Neutralización
1	2.9	10.5
2	3.2	10.2
3	3.3	10.3
4	3.4	10.5
5	3.5	10.4
6	3.6	10.5
7	3.5	10.3
8	3.2	10.2
9	3.3	10.5
10	3.4	10.2
11	3.3	10.6
12	3.4	10.5
13	3.4	10.7
14	3.6	10.5
15	3.5	10.3
Promedio	3.4	10.4

Tabla 6.2 Datos de pH obtenidos en el periodo 2023

NRO Prueba	Periodo 2023	
	pH Relave	pH TK de Agua Clarificada
1	3.1	7.3
2	2.7	6.9
3	3.7	7.5
4	3.4	7.7
5	3.5	7.6
6	3.5	7.3
7	3.5	7.6
8	3.1	7.5
9	2.7	7.5
10	3.7	7.3
11	3.4	7.5
12	3.4	7.4
13	3.5	7.6
14	3.5	7.5
15	3.5	7.5
Promedio	3.3	7.4

Se puede apreciar que en el periodo 2021 de acuerdo a la Tabla 6.1 extraída de un documento de la unidad minera Shahuindo se obtienen valores de neutralización de aguas ácidas un pH promedio de 10.4 el cual está fuera de los rangos de los LMP y ECA, contrario a esto en la Tabla 3.2 se aprecia que con la implementación del tren de tratamiento principal se obtiene un pH promedio de 7.4 siendo este un agua casi neutra por ende este valor es aceptable en el rango permisible de los estándares para la calidad del agua. Entonces se puede concluir que la implementación del proyecto cumple la función de reducir la acidez del agua de mina, es decir el proyecto tuvo el éxito esperado por la unidad minera.

Contrastación con la hipótesis específicas

Tabla 6.3 Tolerancias para dimensiones Según la norma DIN en iso 13920

Table 1: Tolerances for linear dimensions											
Tolerance class	Range of nominal sizes, <i>t</i> , in mm										
	2 to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000	Over 4000 up to 8000	Over 8000 up to 12000	Over 12000 up to 16000	Over 16000 up to 20000	Over 20000
Tolerances, <i>t</i> , in mm											
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B		±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

Tabla 6.4 Tolerancia dimensional en tanque de neutralización de acuerdo a Norma DIN en iso 13920

Identificación	Cotas	Desviación	Norma DIN en ISO 13920
Tanque de Neutralización 185-TK1-001			
185-TK1-P1	A	-1	±4
	B	0	±5
	C	-1	±5
	D	-1	±5
185-TK1-P2	A	-1	±4
	B	+1	±5
	C	0	±5
	D	+1	±5
185-TK1-P3	A	+1	±3
	B	0	±5
	C	+1	±5

	D	0	±5
185-TK1-P4	A	0	±3
	B	0	±5
	C	+1	±5
	D	+1	±5
185-TK1-P36	A	-1	±4
	B	+1	±5
	C	+1	±5
	D	0	±5
185-TK1-P37	A	0	±4
	B	+1	±5
	C	+1	±5
	D	+1	±5
185-TK1-P27-1	A	0	±3
	B	1	±4
185-TK1-P27- 2	C	-1	±3
	D	1	±4

Podemos observar en la Figura 6.3 se detallan las tolerancias permisibles en cada caso, en función a la norma DIN en ISO 13920, esto es contrastado en la Tabla 6.4 donde se puede apreciar que las desviaciones tomadas en campo, todas son valores inferiores al rango permisible, de este modo estos resultados son contrastados y adecuados en la etapa de habilitado de la fabricación.

En conformidad a como los valores han sido contrastados en el tanque de neutralización, se desarrolló en los tanques de oxidación y agua clarificada obteniendo todos los valores permisibles el cual se puede apreciar en el anexo.

Tabla 6.5 Rango de rugosidad y espesores de película seca brindada en el alcance

Tanque	Rango De Rugosidad (Mils)	Película Seca Interior (Mils)	Película Seca Exterior (Mils)
Tanque de Neutralización 185-TK-001	2.5-3	16	8
Tanque de Oxidación 185-TK-002	2.5-3	16	8
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003	2.5-3	16	8

Tabla 6.6 Rugosidad y espesores promedio inspeccionados en campo

Ítem	Rugosidad (Mils)	Acabado (Mils)	Zona De Aplicación
Tanque de Neutralización 185-TK-001			
1	2.7	17.5	Interior de tanque
2	2.9	8.2	exterior de tanque
Tanque de Oxidación 185-TK-002			
1	2.8	17.4	Interior de tanque
2	2.7	8.5	exterior de tanque
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003			
1	2.6	16.6	Interior de tanque
2	2.9	8.4	exterior de tanque

De acuerdo al análisis de los datos en la Tabla 6.4 se tiene establecido en documentos del cliente un rango de rugosidad de 2.5 – 3 mils de perfil de anclaje, el cual en la Tabla 6.5 es contrastado donde se aprecia el promedio de valores de anclaje no inferior a 2.5 mils ni superior a 3 mils por lo tanto el perfil de anclaje ha sido óptimo.

Del mismo modo en cuanto a las películas seca de acabado en la Tabla 6.4 muestra que en el interior del tanque deben ser 16 mils y exterior 8 mils. El cual es contrastado en el registro de inspección de pintura obteniendo valores de inspección en el interior del tanque superiores a 16 mils y en el caso exterior valores superiores a 8 mils, en tanto se contrasta que la aplicación de capa de pintura ha sido optima y aceptable.

De este modo se puede tener la certeza que la etapa de fabricación se ha desarrollado de manera adecuada cumpliendo las normas vigentes de calidad y alcance propio del proyecto, con ello quedaría contrastado una de las hipótesis específicas concerniente a la etapa de fabricación.

Tabla 6.7 Tolerancia dimensional de desviación vertical

Identificación	Medida de Altura (H)	Medida de Desviación	Verticalidad (H/200)
Tanque de neutralización 185-TK-001	6100	4	31
	6102	3	31
	6105	1	31
	6103	2	31
Tanque de oxidación 185-TK-002	6108	3	31
	6107	1	31
	6100	2	31
	6101	3	31
Tanque de Agua Clarificada 185-TK-003	4300	1	22
	4308	3	22
	4307	2	22
	4302	4	22

Tabla 6.8 Tolerancia dimensional de redondez conforme a API 650

Ítem	Diámetro medida de plano	Diámetro medida de inspección	Desviación	Anillo
Tanque de Neutralización 185-TK-001				
1	3200	3205	5	1
2	3200	3203	3	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Oxidación 185-TK-002				
1	3200	3203	3	1
2	3200	3204	4	2
3	3200	3204	4	3
Tanque de Agua clarificada 185-TK-003				
1	2220	2215	-5	1
2	2220	2218	-2	2

Para la etapa de montaje se han evaluado dos parámetros cruciales que garantizaran el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal, en las Tablas 6.6 y 6.7 muestran datos registrados en campo de la desviación vertical en 4 ejes de los tanques y desviación de la redondez en cada anillo respectivamente.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la norma API estándar 650 tenemos que la desviación vertical debe ser inferior a la altura $H/200$, sabiendo que la altura del tanque de neutralización y oxidación es 6100 mm y el tanque de agua clarificada 4300 mm entonces la máxima desviación debe ser en promedio 31 mm para los tanques de neutralización y oxidación, mientras que la desviación máxima debe ser en promedio de 22 mm para el tanque de agua clarificada. Se puede apreciar que la desviación vertical para los tres tanques es inferior a la tolerancia establecida en la norma API estándar 650.

Ahora en cuanto a la redondez la norma API estándar 650 muestra en la Tabla 4.12, el cual nos permite tener una tolerancia ± 13 mm para espesores como en nuestro caso de 9mm el mayor espesor. Se aprecia en la Tabla 6.7 que la desviación de redondez es inferior al rango permisible.

Como consecuencia de la evaluación de verticalidad y redondez se contrasta la tercera hipótesis específica, dado que al garantizar un correcto montaje se hace viable el inicio del proceso de funcionamiento, por lo tanto, se hace viable la puesta en marcha del proyecto y se puede analizar la acidez del agua de mina en proceso de operación.

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

El objetivo principal del presente informe final de tesis es determinar como la implementación de un tren de tratamiento principal de aguas ácidas reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo. Los resultados obtenidos indican que se logró un incremento del pH promedio de 3.35 antes y de 7.45 después del tratamiento, con el cual se cumplió en reducir la acidez de aguas de mina, en función a los Estándares de Calidad del Agua (ECA-3) y los límites máximos permisibles (LMP), la cual tiene una diferencia con el valor obtenido en el artículo científico de Pardavé, Serrano y Castillo (2022) titulada “Tratamiento de drenajes ácidos de mina (DAM) mediante filtros elaborados con relave minero”, donde se mejoró el pH de 2,5 a 6,0 y 8,1. Esta diferencia se debe al

hecho de que este estudio fue realizado en un periodo de 30 días y los prototipos de que utilizaron son a una escala menor, mientras que la presente investigación se desarrolló en un tiempo de 12 meses. Asimismo, también el pH tratado difiere de lo obtenido por Loayza (2018), en su tesis titulada “Diseño y construcción de una columna con piedra caliza para reducción de hierro y cobre en agua de drenaje ácido de mina”, en la cual se redujo la acidez obteniendo un pH de 1.99 a 7.24. Esta diferencia se debe al tamaño del equipo, puesto que Loayza utiliza un tamaño a escala para laboratorio, mientras que esta investigación se realizó con el tamaño diseñado para que funcione en una mina y pueda brindarnos datos más reales. En igual forma, ésta diferencia del pH nos muestra también Andamayo (2019), en su tesis titulada “Tratamiento de aguas ácidas para la obtención de agua tipo III en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Tinyahuarco - Pasco – 2019”, en la cual se redujo la acidez obteniendo un pH de 2.44 a 7.54. Esta diferencia se debe al hecho de que este estudio fue realizado en un periodo de 6 meses, mientras que la presente investigación se desarrolló en un tiempo de 12 meses. También, Quispe y Lopez (2019), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un tanque de neutralización de aguas ácidas, reduciendo la contaminación ambiental, con software de diseño estructural, mina Tantahuatay-Cajamarca”, en la cual se redujo la acidez obteniendo un pH de 3.3 a 6. Esta diferencia se debe al hecho de que en este estudio se tomaron y analizaron 10 muestras, mientras que la presente investigación se desarrolló con 15 muestras finales en un periodo de 6 meses. Por otro lado, Medina (2018), en su tesis titulada “Diseño y operatividad de la planta de neutralización de aguas ácidas de Mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera Volcán S.A.A.”, en la cual se redujo la acidez obteniendo un pH de 2.83 a 10 y 10.5. Esta diferencia se debe al hecho de que en este estudio se tomaron y analizaron 10 muestras en un solo día luego de la puesta en marcha del equipo, mientras que la presente investigación se desarrolló con 15 muestras en distintas fechas en un lapso de 6 meses.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Este estudio de investigación se llevó a cabo en estricto cumplimiento de los principios éticos de nuestra profesión y en conformidad con las regulaciones de investigación vigentes en la UNAC.

Asumimos la responsabilidad total por la información que se presenta, ya que proviene de fuentes de primera mano dentro de la misma empresa, en la cual participamos activamente en el proyecto en los departamentos de producción y calidad. Además, la información se respalda mediante la utilización de buscadores altamente reconocidos y de alta credibilidad. Asimismo, se garantiza su fiabilidad, dado que se siguió un enfoque que cumple con estándares y códigos ampliamente aceptados a nivel internacional

VII. CONCLUSIONES

La implementación del Tren de tratamiento principal de aguas ácidas permitió evaluar el parámetro de pH antes y después del tratamiento, obteniendo un pH promedio de 3.35 antes y de 7.45 después del tratamiento, con el cual se cumplió en reducir la acidez de aguas de mina, en función a los Estándares de Calidad del Agua (ECA-3) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Se obtuvo datos importantes que permitieron garantizar el correcto proceso de fabricación tales como: parámetros básicos de diseño, cargas que intervienen en el diseño y materiales de fabricación.

En el proceso de fabricación se obtuvo valores que cumplen las normas y el alcance de cliente: control dimensional de trazo y corte conforme a la norma DIN en ISO 13920, inspección por líquidos penetrantes conforme al estándar API 650, preparación superficial interior y exterior entre 2.5 a 3 mils y recubrimiento superficial interior y exterior dentro del rango $\pm 20\%$ de lo solicitado en las especificaciones técnicas del cliente.

En el proceso de montaje se obtuvo valores que cumplen las normas y el alcance del cliente: el control de verticalidad presenta una desviación inferior a la altura/200, En el control de redondez la desviación que se presenta esta dentro de un rango $\pm 13\text{mm}$, en conformidad al Estándar API 650.

VIII. RECOMENDACIONES

Tomando como referencia esta investigación se recomendará realizar un análisis sobre la turbidez de las aguas de mina, puesto que es un parámetro de gran importancia que aporta en el cumplimiento de los Estándares de Calidad del Agua (ECA-3) y los límites máximos permisibles (LMP).

En conformidad con la presente investigación se recomendará, realizar un análisis en el diseño de estructuras y considerar guardas de seguridad en los tanques de almacenamiento de aguas ácidas.

En cuanto al proceso de fabricación se recomendará tener en consideración ensayos más exigentes que garanticen el proceso de soldeo tales como Gammagrafía o UT, ya que no han sido considerado en la presente investigación.

En el proceso de montaje se recomendará tomar en cuenta ensayos tales como la prueba estanquidad con el fin de garantizar que en operación no varíen las desviaciones de verticalidad y redondez tomadas en la presente investigación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACERO CAMARGO, H. y RUBIANO BARRERA, O. 2018. *Evaluación técnico-financiera para la implementación de un sistema de neutralización para el tratamiento del lixiviado de carbón en la central Termozipa*. Tesis [Título de Ingeniero Químico]. Colombia: Fundación Universidad de América. [Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6834>
- ADUVIRE, O. 2006. Drenaje Acido De Mina [En línea]. En: *Instituto Geológico y Minero* (España). [Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf
- ADUVIRE, O. 2019. Dimensionado De Sistemas De Tratamiento De Aguas Ácidas De Mina. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería* [en línea]. Junio, 4(1), 55-64 [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023]. ISSN: 2519-5352. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n1/v4n1_a06.pdf
- AISC [AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION]. 2016 Specification for Structural Steel Buildings. ANSI/AISC 360-16:2016. Chicago. 619 pp.
- ALDAZ, E. 2014. Procesos para la fabricación y montaje de tanques hidrostáticos para el almacenamiento de combustible. Tesis [Título de Ingeniero Mecánico]. Quito: Universidad Politécnica Nacional, 2014. 259 pp. fecha de consulta: 16 de septiembre de 2023. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8997>
- ANDAMAYO, A. 2019. *Tratamiento de aguas ácidas para la obtención de agua tipo III en la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Tinyahuarco - Pasco –*

2019. Tesis [Título de Ingeniero Metalúrgico]. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. [fecha de consulta 10 de octubre de 2023]. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1672/1/T026_45393328_T.pdf

API [AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE]. 2013. Welded tanks for oil storage. API STANDARD 650:2013. Washington D.C. 510 pp.

ARELLANO VALENZUELA, A. 2017. *Retención de fósforo mediante residuos de mina*. Trabajo final de grado [Máster en Ingeniería Química]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. [fecha de consulta 15 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/112975>

ASCE [AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS]. 2010, Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures. ASCE/SEI 7-10 Ed. Reston: USA. 2010. ISBN: 9780784410851.

ASME [AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS]. 2019. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding, Brazing and Fusion Qualifications, Ed. New York. ISBN: 9780791872901.

ASTM [AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS]. Standard Test Method. EEUU: Departamento de defensa.

AWS [AMERICAN WELDING SOCIETY]. 2020. Structural Welding Code-Steel, AWS D1. 1. 24th Edition. Miami: USA. ISBN: 9781643220888.

BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. 3.^a ed. México: Grupo Editorial Patria, 2014. ISBN: 978-607-744-748-1.

BAQUERO UBEDA, J., FERNANDEZ RUBIO, R., VERDEJO SERRANO, J. 2008. Tratamiento de aguas ácidas. Prevención y reducción de la contaminación. *Revista de la sociedad española de mineralogía*. Noviembre, 10(2008), 44-47 [fecha de consulta 20 de febrero de 2023]. ISSN: 1885-7264. Disponible en: https://www.semineral.es/websem/PdfServlet?mod=archivos&subMod=publicaciones&archivo=Macla10_44.pdf

BORJA SUAREZ, M. 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo - Perú.

CACHAY CHAVEZ, N. y VELEZMORO CHILON, E. 2018. *Implementación de un plan de mejora en el procesamiento de la fabricación de ladrillo cerámico para aumentar la productividad en el área de producción en la empresa CECAJ SRL - Cajamarca 2018*. Trabajo de investigación [Bachiller en Ingeniería Industrial]. Cajamarca: Universidad Privada del norte. [fecha de consulta 01 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/13342>

CASTRO MARQUEZ, F. 2003. *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. 2.^a ed. Caracas: Editorial Uyapar. ISBN 10: 980-6629-00-0

CORDERO CALVO, A. 2020. *Análisis de la influencia en los gustos y preferencias de los consumidores de servicios de restaurante de comida italiana por medio de la publicidad en redes sociales durante el tercer cuatrimestre del 2020*. Trabajo final de graduación [Licenciatura en Administración de Negocios]. San Pedro: Universidad Latina de Costa Rica. [fecha de consulta 02 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12411/1376>

CARRASCO DIAZ, S. Metodología de la investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2005. ISBN: 9972-34-242-5

CONCHA VALENZUELA, L. 2014. La química del Agua [recurso didáctico]. [fecha de consulta 10 de marzo de 2023]. Disponible en: http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/1493940002_la_quimica_del_agua.pdf

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Diario Oficial El Peruano*, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA. Aprueban 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. *Diario Oficial El Peruano*, Lima, Perú, 8 de mayo de 2006.

DE LA ROSA PÉREZ, A. 2022. *Mejora del proceso fisicoquímico de tratamiento de aguas residuales*. Tesis [Título de Ingeniera Química]. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. [fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137426>

ESPINOZA MONTES, C. 2010. *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo: Imagen Grafica S.A.C. ISBN 978-612-00-0222-3.

FLORES CIPRIANO, M. 2019. *Implementación de un sistema de control de calidad para procesos de soldadura según las Normas AWS D1.1 y Códigos ASME B31.1/B31.3/ IX para tuberías de acero al carbono en la empresa ERMI Instalaciones & Mantenimiento S. A. C.* Tesis [Título de Ingeniero Mecánico]. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. [fecha de consulta 18 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2097>

FLORES MORALES, J. 2020. *Evaluación de la calidad del agua y propuesta de tratamiento de la fuente subterránea usada para abastecimiento de un campamento minero*. Tesis [Título de Ingeniero Ambiental]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. [fecha de consulta 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21130>

GARCÍA VALERO, A. 2022. *Regeneración y reutilización de aguas contaminadas mediante la aplicación de tratamientos físicos, químicos y biológicos de bajo coste y respetuosos con el medioambiente*. Tesis doctoral [Doctorado en Tecnología y Modelización en Ingeniería Civil, Minera y Ambiental]. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. [fecha de consulta 22 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/11393>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. 6.^a ed. México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0

HIBBELER, R., 2006. *Mecánica de materiales*. 6° ed. México: Pearson Educación. ISBN: 970-26-0654-3

HURTADO DE BARRERA, J. 2008. *Metodología de la investigación holística*. Caracas: Fundación Sypal. ISBN 980-6306-06-6

HURTADO LEON, I. y TORO GARRIDO, J. 2005. *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio*. Carabobo: Episteme Consultores Asociados C.A. ISBN: 980-328-413-4

INFORME N° 00385-2022-SENACE-PE/DEAR *Evaluación del “Séptimo Informe Técnico Sustentatorio de la Unidad Minera Shahuindo”, presentado por SHAHUINDO S.A.C.* [en línea]. Página Web SENACE, Lima, Perú, 10 de mayo de 2022. [fecha de consulta 04 de mayo de 2023]. Disponible en:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3089764/Informe%20N%C2%B0%2000385-2022-SENACE-PE/DEAR.pdf>

JIMENEZ LISO, M. y MANUEL TORRES, E. 2002. La neutralización ácido-base a debate. *Revista Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* [en línea]. Enero 20(3), 451-464 [fecha de consulta 05 de agosto 2023]. ISSN: 0212-4521, 2174-6486. Disponible en: 10.5565/REV/ENSCIENCIAS.3960

LOAYZA JARAMILLO, L. 2018. *Diseño y construcción de una columna con piedra caliza para reducción de hierro y cobre en agua de drenaje ácido de mina*. Tesis [Título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación] Quito: Universidad de las Américas. [fecha de consulta 08 de setiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9168>

LOPEZ PAMO, E. et al. 2002. Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. *Boletín Geológico y minero*. Febrero, 113(1), 3-21. ISSN: 0366-0176

LOPEZ SILVA, M y QUISPE QUISPE, W. 2019. *Diseño Y Construcción De Un Tanque De Neutralización De Aguas Ácidas, Reduciendo La Contaminación Ambiental, Con Software De Diseño Estructural, Mina Tantahuatay- Cajamarca*. Tesis [Título de Ingeniero Mecánico] Lima: Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta 20 de setiembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/5573>

MARTINEZ, P. 2021. *La contaminación del agua en la minería*. Observatorio económico latinoamericano. [fecha de consulta 10 de agosto del 2022]. Disponible en: <https://www.obela.org/analisis/la-contaminacion-del-agua-en-la-mineria>

- MA SAN, J. 2013. *Diseño de elementos de máquina*. Málaga: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. 149 pp. ISBN: 978-84-15774-53-2.
- MEDINA QUISPE, R. 2018. *Diseño Y Operatividad De La Planta De Neutralización De Aguas Ácidas De Mina Paragsha Cerro De Pasco En Minera Volcan S.A.A.* Tesis [Título ingeniero metalúrgico]. Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín. [fecha de consulta 05 de setiembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5907>
- NORIEGA MOGOLLON, W. 2019. *Diseño de un sistema de aseguramiento y control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento para optimizar el abastecimiento de combustible*. Tesis [Título ingeniero Mecánico Electricista]. Trujillo: Universidad César Vallejo. [fecha de consulta 29 de setiembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/43503>
- PARDAVÉ LIVIA, W., SERRANO URIBE, B., CASTILLO MARTÍNEZ C. 2022, Tratamiento de drenajes ácidos de mina (DAM) mediante filtros elaborados con relave minero. *Revista Politécnica*. Setiembre, 16(31), 19-28 [fecha de consulta 25 de febrero de 2023]. ISSN: 1900-2351. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607872732009>
- RAE [REAL ACADEMIA ESPAÑOLA]. 2001. *Diccionario de la lengua española*. 22° ed. Madrid: Editorial Espasa Calpe. ISBN: 84-239-6814-6
- ROJAS CORTEZ, W. 2019. *Tratamiento de agua potable con floculantes para minería, Cajamarca-2019*. Trabajo de investigación [Bachiller en Ingeniería de Minas]. Cajamarca: Universidad Privada del norte. [fecha de consulta 04 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/26249>

RUBIANO BARRERA, O. y ACERO CAMARGO, H. 2018. *Evaluación técnico-financiera para la implementación de un sistema de neutralización para el tratamiento del lixiviado de carbón en la central Termozipa*. Trabajo de grado [Título en Ingeniería Química]. Bogota D.C.: Fundación Universidad de América. [fecha de consulta 01 de diciembre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6834>

SANCHEZ CARLESSI, H. y REYES MEZA, C. 2015. *Metodología y diseños en la investigación Científica*. 5° ed. Lima: Editorial Business Support Anneth SRL. ISBN: 978-612-46842-2-7.

VALDERRAMA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta*. 2.º ed. Lima: Editorial San Marcos EIRL, 2013. ISBN 978-612-302-878-7

VANEGAS USECHE, L. 2018. *Diseño de elementos de máquinas*. Pereira: Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. ISBN: 9789587223019.

VIDALÓN DEL PINO, G. 2022. Cajamarca al desarrollo [En línea]. [fecha de consulta 15 de abril de 2023]. Disponible en: <https://revistamineria.com.pe/actualidad/cajamarca-al-desarrollo>.

VILLALTA YUPANQUI, D. y LÉVANO LÉVANO, W. 2021. *Mejoramiento de las PTAR de uso minero usando un sistema integrado de clarificación de agua de 3 procesos*. Tesis [Título en Ingeniería Civil]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [fecha de consulta 08 de diciembre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/658767>

YANG, J. 2020. La administración sostenible del agua en la minera es una exigencia mundial [En línea]. [fecha de consulta 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.hatch.com/es-CL/About->

Us/Publications/Blogs/2020/06/Sustainable-water-management-in-mining-a-global-imperative.

X. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 10.1 Tolerancia dimensional de redondez conforme a API 650

	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Generales	Generales	Generales		
¿Cómo implementar un tren de tratamiento principal de aguas ácidas para reducir la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo?	Determinar como la implementación de un tren de tratamiento principal de aguas ácidas reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.	La implementación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas reduce la acidez de aguas de mina en la unidad minera Shahuindo.	Variable independiente: implementación tren del tratamiento principal aguas ácidas.	La investigación presenta un enfoque cuantitativo y es del tipo Aplicada pues se desarrolló una solución concreta que ha repercutido en un impacto práctico y significativo en la reducción de acidez de aguas, siendo este optimo en la operación y en el entorno ambiental de la Unidad Minera Shahuindo
Específicos	Específicos	Específicos		
¿Cómo determinar los parámetros del diseño mecánico para dar inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?	Determinar los parámetros del diseño mecánico para dar inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.	La determinación de los parámetros del diseño mecánico da inicio a la fabricación del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.		El nivel de la investigación es experimental del tipo Preexperimental pues se elaborada un diseño con un grupo con pre prueba y post prueba en donde se evalúa los efectos del tratamiento comparándolo con una medición previa. Asimismo, presenta un enfoque sistema que nos permite ordenar e identificar componentes y fronteras del objeto de estudio.
¿Cómo desarrollar los procesos de fabricación para cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?	Desarrollar los procesos de fabricación para cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.	El desarrollo de los procesos de fabricación permite cumplir con los estándares de calidad del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.	Variable dependiente: Reducción de la acidez	Para la investigación se presenta tanto a la población y a la muestra como la misma para su estudio. El cual este compuesto de un tanque de Neutralización, un tanque de Oxidación, un tanque

<p>¿Cómo desarrollar el proceso de montaje para garantizar el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas?</p>	<p>Desarrollar el proceso de montaje para garantizar el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.</p>	<p>El desarrollo del proceso de montaje garantiza el correcto funcionamiento del tren de tratamiento principal de aguas ácidas.</p>	<p>Densadeg y un tanque de Agua Clarificada, componentes del tren de tratamiento principal de aguas ácidas que están distribuidas en serie.</p>
--	--	---	---

Anexo 2. Hoja de datos de los tanques



TÍTULO:
HOJA DE DATOS DE TANQUES

Nº CLIENTE:
PENTA-SH-S955-ME-HDA-006
Nº CONTRATA:
0108002701-2000-ME-HDA-006
REV.:
0


HOJA Nº: HD-01 UBICACIÓN: ÁREA DE TRATAMIENTO
NOMBRE: TANQUE DE NEUTRALIZACIÓN / OXIDACION TAG: 185-TK-0001 / 185-TK-002

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	
A. CONDICIONES DE SITIO				
1.00	Ubicación del proyecto	--	Cajabamba - Cajamarca	
2.00	Altitud	m.s.n.m.	2,500	
3.00	Temperatura ambiente	° C	8.6 / 23.8	
4.00	Humedad relativa media anual	%	88.5	
5.00	Velocidad máxima del viento	km/h	15.19	
6.00	Zona sísmica	--	Zona 3. Ver RNE E.030	
Para mayor información ver documento N° 108002701-2000-GE-INF-002 : Condiciones de lugar.				
B. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD				
1.00	Cantidad	--	1	
2.00	Nombre del equipo	--	Tanque de Neutralización/ Oxidacion	
3.00	Tag	--	185-TK-0001/ 185-TK-002	
Para mayor información ver documento N° 108002701-2000-TU-DWG-201 P&IDs del proyecto.				
C. PARÁMETROS DEL PROCESO				
1.00	Líquido a almacenar	--	Agua acida+Lechada de cal+yeso+hidroxidos+oxidos+arsenatos	
2.00	Porcentaje de sólidos	%	0.1	
3.00	Densidad de solución	t/m³	1.05	
4.00	Temperatura	°C	15.00	
5.00	pH	--	3.41	
6.00	Volumen Útil	m³	44.8	
7.00	Volumen del Tanque	m³	49.2	
8.00	Tiempo de residencia	min	20	
9.00	Presión	kPa	Ambiente	
E. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO				
1.00 Estándar de diseño y fabricación			DATOS DEL CLIENTE	
2.00 Diámetro			DATOS DEL PROVEEDOR	
3.00 Altura total			API 650	
4.00 Borde libre		m	3.2	
5.00 Volumen Útil		m³	6.1	
6.00 Volumen del Tanque		m³	0.2	
10.00 Materiales			44.8	
10.01 Fondo, cuerpo y techo		--	ASTM A36	
10.02 Baffles		--	ASTM A36	
10.03 Soporte de agitador		--	ASTM A36	
10.04 Tolva		--	N/A	
10.05 Cono para adición de reactivo		--	N/A	
10.06 Conexión de puesta a tierra		--	Inox. AISI 316	
10.07 Tuberías/bridas		--	ASTM A106-B/ASTM A105	
10.08 Pernos/Tuercas		--	ASTM A307-B/ASTM A194-2H (pernería en inmersión Inox. AISI 316)	
10.09 Empaquetadura		--	PTFE	
13.00 Conexiones (ver nota g)				
13.01 N1 - Ingreso		--	6" - SO / RF-150#	
13.02 N2 - Descarga		--	8" - SO / RF-150#	
13.03 N3 - Rebose		--	4" - SO / RF-150#	
13.04 N4 - Drenaje		--	4" - SO / RF-150#	
13.05 M1 - Manhole		--	24"	

HOJA Nº: HD-03 UBICACIÓN: ÁREA DE TRATAMIENTO
NOMBRE: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CLARIFICADA TAG: 185-TK-0003

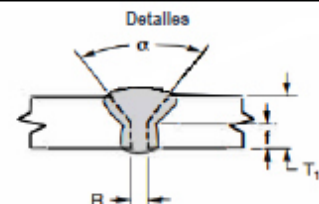
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	
A. CONDICIONES DE SITIO				
1.00	Ubicación del proyecto	--	Cajabamba - Cajamarca	
2.00	Altitud	m.s.n.m.	2,500	
3.00	Temperatura ambiente	° C	8.6 / 23.8	
4.00	Humedad relativa media anual	%	88.5	
5.00	Velocidad máxima del viento	km/h	15.19	
6.00	Zona sísmica	--	Zona 3. Ver RNE E.030	
Para mayor información ver documento N° 108002701-2000-GE-INF-002 : Condiciones de lugar.				
B. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD				
1.00	Cantidad	--	1	
2.00	Nombre del equipo	--	Tanque de Agua Clarificada	
3.00	Tag	--	185-TK-0003	
Para mayor información ver documento N° 108002701-2000-TU-DWG-201 P&IDs del proyecto.				
C. PARÁMETROS DEL PROCESO				
1.00	Líquido a almacenar	--	Agua Clarificada	
2.00	Porcentaje de sólidos	%	0.01	
3.00	Densidad de solución	t/m³	1.05	
4.00	Temperatura	°C	15	
5.00	pH	--	10	
6.00	Volumen Útil	m³	14.71	
7.00	Volumen del Tanque	m³	16.35	
8.00	Tiempo de residencia	min	7.2	
9.00	Presión	kPa	Ambiente	

Anexo 3. Especificación de procedimiento de soldadura (WPS)

	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (De acuerdo a ASME Sección IX-2021)	0069001301-PEN-CCA-ME-FOR-001		
		Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
		CSIG	CSIG	GG
Versión: 02		Fecha: 02.01.21	Página: 1 de 2	

QW-482 - ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre de la compañía:	PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.	Por:	ING. SCWI JAVIER MATOS
Especificación de Procedimiento No.:	WPS – ASME - 2022 - 001	Fecha:	21/01/2022
Revisión No.:	0	PQR de soporte:	PQR – ASME - 2022 - 001
Proceso(s) de soldadura:	COMBINADO GTAW/FCAW	Tipo (s):	Manual/Semiautomático

JUNTA (QW-402) Diseño de junta: <u>A tope, Bisel en V</u> Respaldo: (Si) _____ (No) <u>X</u> Material de respaldo: (Tipo): <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Refractario <input type="checkbox"/> No metálico <input type="checkbox"/> Otro Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes ha ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.	Detalles  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> T1= 1.50 mm hasta 16.0 mm $\alpha = 60^\circ (+5^\circ / -5^\circ)$ R =3.0 mm (+1mm / -1mm) f = 1.0 mm (-1mm) </div>
--	--

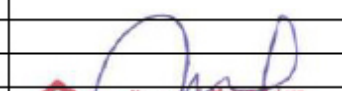

METAL BASE (QW-403)
Nº P: <u>1</u> Grupo Nº: <u>1</u> a Nº P: <u>1</u> Grupo Nº: <u>1</u>
o
Especificación de tipo y grado: <u>ASTM A 36</u>
Hasta la especificación de tipo y grado: <u>ASTM A 36</u>
o
Análisis químico y propiedades mecánicas: <u>C-Mn-Si, 58 KSI minimo resistencia tensil</u>
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas: <u>C-Mn-Si, 58 KSI minimo resistencia tensil</u>

Rango de espesores			
Metal base:	Ranura: <u>1.5-16.0mm</u>	Filete: <u>ilimitado</u>	
Diam. Tubo:	Ranura: <u>ilimitado</u>	Filete: <u>ilimitado</u>	
Otro:			


METAL DE APORTE (QW-404)			
Especificación Nº (SFA)	<u>AWS 5.18</u>	<u>AWS 5.36</u>	
AWS No (Clase)	<u>ER-70S-6</u>	<u>E 71T-1</u>	
Nº F	<u>6</u>	<u>6</u>	
Nº A	<u>1</u>	<u>1</u>	
Tamaño del electrodo	<u>φ 2.4 mm</u>	<u>φ 1.2 mm</u>	
Metal depositado			
Rango de espesores	<u>Hasta 8.0 mm</u>	<u>Hasta 8.0 mm</u>	
Ranura	<u>-</u>	<u>-</u>	
Filete	<u>-</u>	<u>-</u>	
Fundente (clase)	<u>-</u>	<u>-</u>	
Fundente nombre comercial	<u>-</u>	<u>-</u>	
Inserto consumible			


 ING. MECANICO CIP 205937
 C.W. 16012961
 ASNT TC-1A, LEVEL II PT, VT

PENTATECH
 CONSTRUCCION S.A.C.
 Ingeniería y Construcción



 Hermes J. Matos Juarez
 C.W. 16020059
QC1 EXP. 2/1/2025

Anexo 4. Registro de calificación de procedimiento de soldadura (PQR)

		REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) (De acuerdo a ASME Sección IX-2021)				0069001301-PEN-CCA-ME-FOR-003		
						Elaborado: CSIG	Revisado: CSIG	Aprobado: GG
		Versión: 01		Fecha: 01.01.21		Página: 2 de 2		

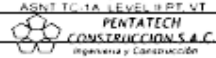
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad Avance (mm/min)
		Clase	Diam. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje		
1	GTAW	ER 70S-6	2.4	CCPD	100	11	50 mm/min
2	GTAW	ER 70S-6	2.4	CCPD	142	12	70 mm/min
3	FCAW	E 71T - 1	1.2	CCPI	200	25	300 mm/min
4	FCAW	E 71T - 1	1.2	CCPI	200	25	300 mm/min


ENSAYOS DE TENSION (QW-150)						
Informe Técnico:						
Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga máxima (Kgf)	Resistencia máxima (MPa)	Ubicación de la rotura
01	19.14	8.12	155.41	7,029.92	443.58	Dúctil / MB
02	19.00	8.03	152.57	7,129.86	458.28	Dúctil / MB

ENSAYOS DE DOBLADO (QW-160)	
Informe Técnico:	
Tipo y Figura No.	Resultado
1 / CARA / JCZ-02-C1	CUMPLE
2 / CARA / JCZ-02-C2	CUMPLE
3 / RAIZ / JCZ-02-R1	CUMPLE
4 / RAIZ / JCZ-02-R2	CUMPLE

ENSAYO DE IMPACTO (QW-170)					
Informe Técnico:					
Espécimen No.	Temp. de ensayo (°C)	Energía Abs. (Joule)	Espécimen No.	Temp. de ensayo (°C)	Energía Abs. (Joule)
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

ENSAYO DE MICRODUREZA							
Informe Técnico:							
Línea 1	Dureza Vickers (kg/mm ²)	Línea 1	Dureza Vickers (kg/mm ²)	Línea 1	Dureza Vickers (kg/mm ²)	Línea 1	Dureza Vickers (kg/mm ²)
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

OTRAS PRUEBAS		
Tipo de prueba:	VISUAL	<i>Walter Mamani Huancollo</i>
Resultado:	Aceptable	<small>ING. WALTER HUANCOLLO HUANCOLLO C.W. 16012861 ASNT TQ-1A LEVEL III PT. VI</small>
Otro:	-	
Nombre soldador:	JUAN CARLOS CABRERA ZAVALETA	DNI No.: 44118602
Prueba conducida por:	ING. SCWI JAVIER MATOS Q.	Prueba de Laboratorio No. ITE 220114-01
Elaborado por:	ING. SCWI JAVIER MATOS	Fabricante: PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.
Fecha:	21 DE ENERO DEL 2022	Autorizado por: Ing. Walter Mamani



Hernán J. Matos Quiroz
SCWI 16020058
QC1 EXP. 2/1/2025



INFORME TECNICO
Lb4 - 0023 - 2022

ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PLANCHA DE ACERO SOLDADA

* SOLICITANTE : PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.
* REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 107477
* FECHA : Lima, 21 de enero de 2022

1.	ANTECEDENTES	Se recibió dos (02) muestras de plancha de acero soldada, con la finalidad de realizar lo siguiente: * Ensayo de tracción.																						
2.	DE LA MUESTRA	Se identificó según el cliente, como: Dos (02) muestras de plancha de acero soldada, de características: * Soldador : JUAN CARLOS CABRERA ZAVALETA * DNI : 44118602 * Posición : 3G * Proceso : GTAW/FCAW * PQR : PQR-ASME-2022-001 * WPS : WPS-ASME-2022-001 * Material : ASTM A 36 * Espesor : 8.0 mm * Electrodo : ER 70S-6 / E71T-1 * Estampa del soldador : JCZ - 02 * Fecha : 14 de enero del 2022 * Norma : ASME IX 2021 * Proyecto : "INGENIERIA, PROCURA Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA EN MERINOS - EPC PTAAM MERINOS" * Solicitante : GIOVANNI CABEZAS JACINTO																						
3.	EQUIPOS UTILIZADOS	* Máquina Universal de Ensayos mecánicos, marca LG, capacidad 60 Ton. * Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.																						
4.	CONDICIONES DE ENSAYO	* T. : 21 °C * H.R. : 75 %																						
5.	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	Norma : ASME IX																						
RESULTADOS																								
6.1 Ensayo de tracción																								
6.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>Espesor (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Fuerza Máxima (kN) (kgf)</th> <th>Esfuerzo Máximo (kg/mm²) (MPa)</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">01</td> <td rowspan="2">8.12</td> <td rowspan="2">19.14</td> <td>68.94</td> <td>45.23</td> <td rowspan="2">Fractura en el material base.</td> </tr> <tr> <td>(7,029.92)</td> <td>(443.58)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">02</td> <td rowspan="2">8.03</td> <td rowspan="2">19.00</td> <td>69.92</td> <td>46.73</td> <td rowspan="2">Fractura en el material base.</td> </tr> <tr> <td>(7,129.86)</td> <td>(458.28)</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Fuerza Máxima (kN) (kgf)	Esfuerzo Máximo (kg/mm ²) (MPa)	Observación	01	8.12	19.14	68.94	45.23	Fractura en el material base.	(7,029.92)	(443.58)	02	8.03	19.00	69.92	46.73	Fractura en el material base.	(7,129.86)	(458.28)	
Muestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Fuerza Máxima (kN) (kgf)	Esfuerzo Máximo (kg/mm ²) (MPa)	Observación																			
01	8.12	19.14	68.94	45.23	Fractura en el material base.																			
			(7,029.92)	(443.58)																				
02	8.03	19.00	69.92	46.73	Fractura en el material base.																			
			(7,129.86)	(458.28)																				
* Código de autenticación : LIX (CLV XXXIII) XXVIII XXIII CADE JUÑO																								


PRIMERA SU REPRODUCCIÓN O MODIFICACIÓN PARCIAL O TOTAL DEL DOCUMENTO



MSC. ING. WINSTON ACEJAS PAJARES
CIP: 34882

Jefe del Laboratorio de Mecánica - Lab. N° 4

Anexo 5. Procedimiento de pintura

	PROCEDIMIENTO DE PINTADO DE TANQUES	0108002739-PEN-CCA-ME-PRO-023			
		PENTA-SH-S955-ME-PRC-023			
		Elaborado: CSIG	Revisado: CSIG	Aprobado: GG	
		Versión: 01	Fecha: 01.01.2022	Página: 1 de 22	



SHAHUINDO S.A.C.

"INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA EN MERINOS – EPC PTAAM MERINOS"

PROCEDIMIENTO DE PINTADO DE TANQUES

DOCUMENTO PENTATECH N °: 0108002739-PEN-CCA-ME-PRO-023

DOCUMENTO SHAHUINDO N °: PENTA-SH-S955-ME-PRC-023

REV. B

Aprobado por:

Coordinador de Proyecto : Jack Zavaleta

Supervisión Cumbra : Joe Altamirano

Ciente : Vladimir Mejía



JACK ZAVALETA ORTIZ
INGENIERO QUÍMICO
Reg. GP N° 10001

Rev.	Descripción	Originador	Revisor	Fecha
A	Emitido para revisión interna	Walter Mamani	Jack Zavaleta	14.06.2022
B	Emitido para Revisión y aprobación	Walter Mamani	Jack Zavaleta	15.06.2022

5.2 Sistema de Pintura – Sistema de interior:

5.2.1 Tanque de Almacenamiento de Combustible:

Capa	Pintura	EPS (mils)
Base	DURAPLATE UHS	8.0
Acabado	DURAPLATE UHS	8.0
ESPESOR FINAL		16.0

5.2.2 Tanque de Almacenamiento de Agua Clarificada/Almacenamiento de Agua Tratada:

Capa	Pintura	EPS (mils)
Base	MACROPOXY 646	8.0
Acabado	MACROPOXY 646	8.0
ESPESOR FINAL		16.0

5.2.3 Tanque de Neutralización de Agua Ácida/Oxidación de Agua Ácida/Preparación de Lechada de Cal/Almacenamiento de Lechada de Cal/Almacenamiento de Lodos:

Capa	Pintura	EPS (mils)
Base	CORCOTE HCR FF	16.0
ESPESOR FINAL		16.0

5.3 Sistema de Pintura – Sistema de Exterior:

5.3.1 Tanque de Almacenamiento de Combustible/Agua Clarificada/Almacenamiento de Agua Tratada/Neutralización de Agua Ácida/Oxidación de Agua Ácida/Preparación de Lechada de Cal/Almacenamiento de Lechada de Cal/Almacenamiento de Lodos:

Capa	Pintura	EPS (mils)
Base	MACROPOXY 646	6.0
Acabado	SUMATANE HS	2.0
ESPESOR FINAL		8.0

6.1. Preparación de Superficie

Tipo	Norma
Limpieza con solventes	SSPC-SP1
Limpieza con chorro abrasivo al grado metal Blanco	SSPC-SP5/NACE N°1

Anexo 6. Mapa sísmico de factores de zona, Norma técnica E.030



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Anexo 7. Certificado de calibración de Equipos y o instrumentos

Termohigrómetro de indicación digital (Medidor de espesor de pintura)



INGENIERÍA EN METROLOGÍA

Página 1 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° CTU-965-2022

Fecha de emisión: 2022-05-21

Expediente: 1090-2022

UNIDAD BAJO PRUEBA: TERMOHIGRÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL

Marca: POSITECTOR	Rango de indicación (T): -40 °C a 80 °C (IN)
Modelo: DPM	División mínima (T): 0.1 °C
Serie: 39393	Rango de indicación (HR): 0.5µm a 100.5µm
Identificación: No Indica	División mínima (HR): 0.1 % hr
Procedencia: U.S.A	
Ubicación: No Indica	

SOLICITANTE: PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.

Dirección: Cal. 8 De Octubre No. 271 Dpto. 302 Urb. Santa Cruz - Miraflores - Lima - Lima.

DE LA CALIBRACIÓN:

Fecha: Desde 2022-05-18 al 2023-05-19

Lugar: Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.

Método: Tomando como referencia el PC-017 "Procedimiento para la calibración de termómetros digitales", 2da. Edición, Diciembre 2012, SNM-INDECOPI

Método de comparación directa utilizando un termohigrómetro calibrado.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES:

Los resultados de las mediciones efectuadas se encuentran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta está basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20.1	20.3
Humedad Relativa (%HR)	75	73

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-26	LT-081-2022 INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-27	LT-082-2022 INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termohigrómetro patrón de 0,1 °C / 0,1 %hr de resolución Código: IT-66	T-2962-2021 - METROE S.A.C.



Ing. Mónica A. Inga Chaves
Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

OBSERVACIONES:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO"
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

RESULTADOS

PARA EL TERMÓMETRO (SENSOR TEMPERATURA DE IN)

Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	T.C.V. (°C)	Incertidumbre (°C)
15.0	-0.7	14.3	0.4
25.0	0.4	25.4	0.4
30.0	-0.2	29.8	0.4

T.C.V. = Indicación + corrección + Incertidumbre = Indicación del instrumento + Corrección
Todos los valores están reportados en grado Celsius (°C)

PARA EL SENSOR DE HUMEDAD

Indicación del Higrómetro (%hr)	Corrección (% hr)	H.R.C.V. (% hr)	Incertidumbre (% hr)
40.0	3.7	43.7	3.7
60.0	1.2	61.2	3.7
80.0	-1.1	78.9	3.8

H.R.C.V. = humedad relativa + corrección + incertidumbre = Indicación del higrómetro + Corrección
Todos los valores están reportados en (% hr)



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

➤ Sonda de medidor de perfil de anclaje



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
NORMA NTP ISO/ IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-0316-2023

Laboratorio de Longitud

Página: 1 de 2

1. Cliente : PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección : Cal. 8 de Octubre Nro. 271 Dpto. 302 Urb Santa Cruz - Lima - Lima - Miraflores

Expediente : P1274
Orden de Trabajo : C01-137

2. Instrumento de Medición: **SONDA DE MEDIDOR DE PERFIL DE SUPERFICIE**

* Marca : POSITECTOR
* Modelo : SPG
* Serie del sensor : 1042059
* Rango : 0 a 20 mils / 500 µm
* Resolución : 0,1 mils
* Tipo : DIGITAL
* Fecha de Calibración : 2023-04-12
* Fecha de Emisión : 2023-04-12

3. Lugar de Calibración : En las instalaciones de INPROMET PERU S.A.C.

4. Método de Calibración :
La calibración se realizó por comparación directa usando patrones trazables al Sistema Internacional de Unidades calibrados por DM-INACAL-PERÚ.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren de la autorización de la Dirección de Calidad de Inpromet Perú S.A.C.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Inpromet Perú S.A.C. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.

INPROMET PERU SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento

5. Patrones de Referencia : Los resultados de calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones de DM-INACAL (Perú), NIST (U.S.A.) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABILIDAD	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DM-INACAL	Laminas de Longitud	LLA-545-2022
DM-INACAL	Termohigrómetro Digital	LH-056-2022



Ing. Walther Joel Torre C.
Gerencia Técnica

➤ Sensor de condiciones ambientales



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
NORMA NTP ISO/ IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTH-0272-2023

Laboratorio de Energía

Página: 1 de 2

<p>1. Cliente : PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.</p> <p>Dirección : Cal. 8 de Octubre Nro. 271 Dpto. 302 Urb Santa Cruz - Lima - Lima - Miraflores</p> <p>2. Expediente : P1274</p> <p>Orden de Trabajo : C01-137</p> <p>3. Instrumento de Medición : SENSOR DE CONDICIONES AMBIENTALES</p> <p>* Marca : POSITECTOR</p> <p>* Modelo : DPM-IR</p> <p>* Serie : IR 1033684</p> <p>* Rango : -40 °C a 80 °C (Ts) ; 80 °C a 140 °C (Ta) / 0% a 100% HR</p> <p>* Resolución : 0,1°C / 0,1% HR</p> <p>* Fecha de Calibración : 2023-04-12</p> <p>* Fecha de Emisión : 2023-04-12</p> <p>4. Lugar de Calibración : En las instalaciones de INPROMET PERU S.A.C.</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren de la autorización de la Dirección de Calidad de Inpromet Perú S.A.C.</p> <p>Certificados sin firma y sello carecen de validez.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>Inpromet Perú S.A.C. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.</p>
--	--

5. Método de Calibración : Comparación directa con patrones certificados por la DM-INACAL, tomando como referencia el * PROCEDIMIENTO TH-007 PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CONDICIONES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE-CEM-ESPAÑA-EDICIÓN DIGITAL 00° .

6. Patrones de Referencia : Los resultados de calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones de DM-INACAL (Perú), NIST (U.S.A.) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABILIDAD	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DM-INACAL	Termómetro Digital	LT-044-2023
	Termohigrómetro Digital	LH-056-2022



Ing. Walther Joel Torre C.
Gerencia Técnica

➤ Medidor de perfil en película seca



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
NORMA NTP ISO/ IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-0718-2022

Laboratorio de Longitud

Página: 1 de 2

<p>1. Cliente : PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C. Dirección : Cal. 8 de Octubre Nro. 271 Dpto. 302 Urb Santa Cruz - Lima - Lima - Miraflores</p> <p>Expediente : P1274 Orden de Trabajo : C01-263</p> <p>2. Instrumento de Medición: MEDIDOR DE PERFIL</p> <p>* Marca : POSITECTOR * Modelo : SPG * Serie del indicador : 851293 * Serie del Sensor : 391424 * Rango : 0 a 20 mils / 625 µm * Resolución : 0,1 mils * Tipo : DIGITAL * Fecha de Calibración : 2022-08-15 * Fecha de Emisión : 2022-08-16</p> <p>3. Lugar de Calibración : En las instalaciones de INPROMET PERU S.A.C.</p> <p>4. Método de Calibración : La calibración se realizó por comparación directa usando patrones trazables al Sistema Internacional de Unidades calibrados por DM-INACAL-PERÚ.</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren de la autorización de la Dirección de Calidad de Inpromet Perú S.A.C.</p> <p>Certificados sin firma y sello carecen de validez.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>Inpromet Perú S.A.C. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.</p> <p>INPROMET PERU SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento</p>
---	--

5. Patrones de Referencia : Los resultados de calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones de DM-INACAL (Perú), NIST (U.S.A.) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABILIDAD	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
NIST-USA	Laminas de Longitud	121370
DM-INACAL	Termohigrómetro Digital	LH-120-2021



Ing. Walther Joel Torre C.
Gerencia Técnica

➤ Cinta métrica o flexómetro



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
NORMA NTP ISO/ IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-0839-2022

Laboratorio de Longitud y ángulo

Página: 1 de 2

<p>1. Cliente : PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C. Dirección : Cal. 8 de Octubre Nro. 271 Dpto. 302 Urb Santa Cruz - Lima - Lima - Miraflores</p> <p>2. Expediente : P1274 Orden de Trabajo : C01-323A</p> <p>3. Instrumento de Medición: CINTA MÉTRICA</p> <ul style="list-style-type: none"> * Marca : STANLEY * Modelo : 30-626 * Identificación : CI-EQ-051 * Rango : 8 m * Resolución : 1 mm * Clase : II * Procedencia : CHINA * Fecha de Calibración : 2022-10-06 * Fecha de Emisión : 2022-10-06 <p>4. Lugar de Calibración : En las instalaciones de INPROMET PERU S.A.C.</p> <p>5. Método de Calibración : DI-011 Procedimiento para la calibración de flexómetros - CEM ESPAÑA</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren de la autorización de la Dirección de Calidad de Inpromet Perú S.A.C.</p> <p>Certificados sin firmas y sello carecen de validez.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>Inpromet Perú S.A.C. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.</p> <p>INPROMET PERU SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento</p>
--	---

6. Patrones de Referencia : Los resultados de calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones de DM-INACAL (Perú), NIST (U.S.A.) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

TRAZABILIDAD	PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DM-INACAL	Regla Metálica clase 1	LLA-152-2022
	Reticula de medición	LLA-440-2021
	Termohigrómetro Digital	LH-120-2021



Ing. Walther Joel Torre C.
Gerencia Técnica

Anexo 8. Estándar de calidad ambiental ECA -3 (Decreto supremo n° 004-2017 MINAM)

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitritos (NO ₂ -N) + Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	100		100
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 9. Límites Máximos Permisibles para efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicos (Decreto supremo n° 010-2010-MINAM)

El Peruano
Lima, sábado 21 de agosto de 2010

NORMAS LEGALES

424117

Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

Tercera.- En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Antimonio
- Manganeso
- Molibdeno
- Níquel
- Fenol
- Radio 226
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA,

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Deróguense la Resolución Ministerial N° 011-98-EM/MM, salvo los artículos 7°, 9°, 10°, 11° y 12°, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
Ministro de Energía y Minas

ANEXO 01

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE AFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	en mg/L	50	25
Acidos y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Ársenico Total	mg/L	0,1	0,06
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Pomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

(*) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna "Límite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas.

533964-1

COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

Autorizan viaje de representante de PROMPERÚ a la República Popular China para participar en la Feria "Asia Fruit Logística 2010"

RESOLUCIÓN SUPREMA N° 103-2010-MINCETUR

Lima, 20 de agosto de 2010

Visto el Oficio N° 301-2010-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ.

CONSIDERANDO:

Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones;

Que, PROMPERÚ, conjuntamente con cuatro empresas agroexportadoras y cinco gremios exportadores nacionales, han programado su participación en la Feria "ASIA FRUIT LOGÍSTICA 2010", organizado por la empresa Messe Berlin GmbH, a realizarse en la ciudad de Hong Kong, República Popular China, del 8 al 10 de setiembre del 2010, con el objetivo de promover las exportaciones de frutas y hortalizas frescas en el mercado asiático, a fin de consolidar nuestra presencia como país abastecedor de frutas y hortalizas de calidad;

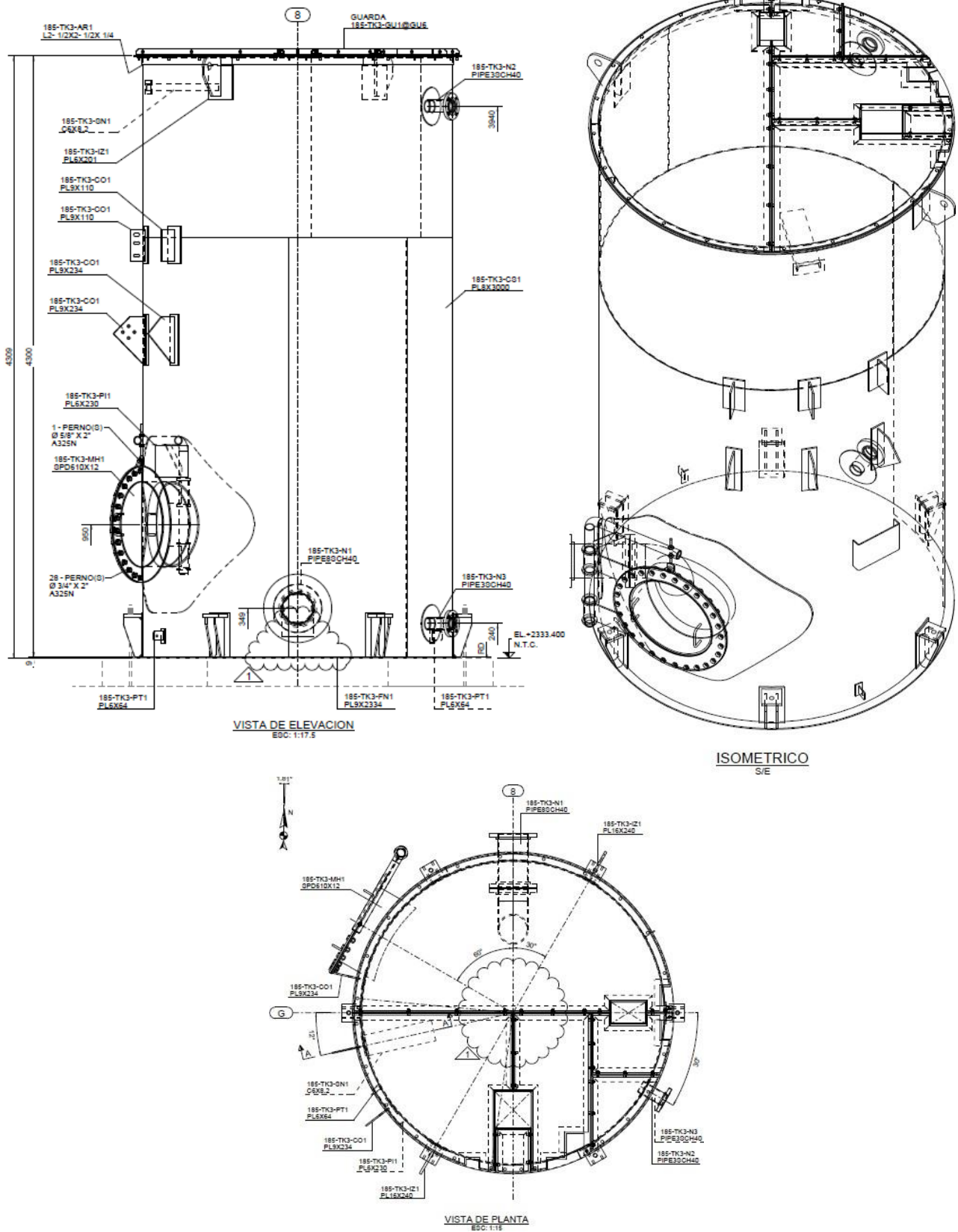
Que, la participación de PROMPERÚ en este evento permitirá evaluar la participación de las empresas peruanas exportadoras en dicho mercado, así como conocer los aspectos de la cadena de comercialización y distribución de frutas y hortalizas entre las ciudades chinas de Hong Kong y Guangzhou;

Que, la Secretaría General de PROMPERÚ ha solicitado que se autorice el viaje del señor Víctor Germán Sarabia Molina, quien presta servicios en dicha entidad, para que en representación de PROMPERÚ, participe en la referida feria, realizando acciones de promoción de las exportaciones de importancia para el país y coordinando cuanto se refiere a la instalación del stand peruano;



Que, la Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010, prohíbe los viajes al exterior con cargo a recursos públicos, salvo los casos excepcionales que la misma Ley señala, entre ellos, los viajes que se efectúan en el marco de las acciones de promoción de importancia para el Perú, los que deben realizarse en categoría económica y ser autorizados por Resolución Suprema;

De conformidad con el Decreto de Urgencia N° 001-2010, la Ley N° 27790, de Organización y Funciones del


Anexo 12. Arreglo general tanque de agua clarificada



Anexo 13. Plan de izaje con grúa

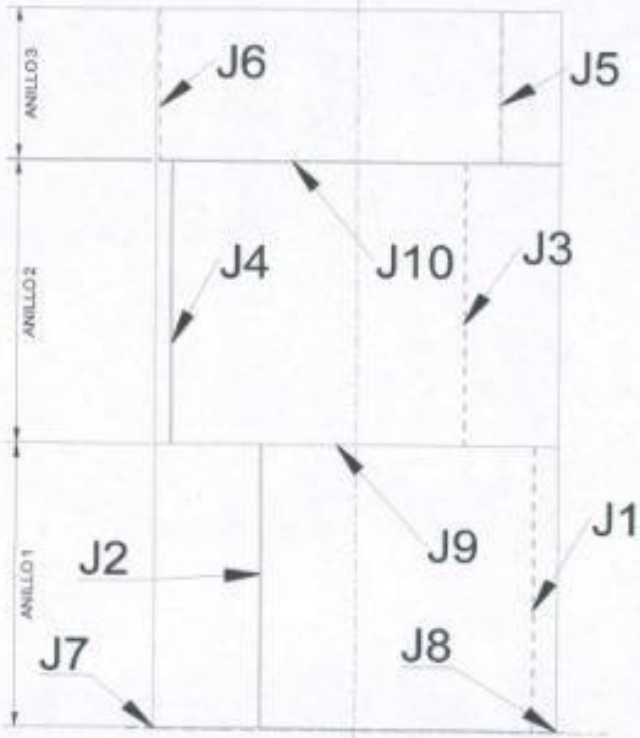
		FORMATO		0260000101-PEN-PL-SSO-001.27	
PLAN DE IZAJE DE CARGAS CON GRUA				Date: 06/08/2022 Revisión: 01	
Actividad:				Fecha:	
Lugar de la maniobra:		Empresa:			
Código Grúa:	Horometro:	Capacidad:	Marca/Modelo:		
Determinación de Parámetros de maniobra					
Posición de Izaje	Inicial	Final			
Radio de Operación:					
Longitud de la pluma:					
Ángulo de operación:					
Capacidad de carga según tabla de la grúa: (B)					
Determinación de la carga estimada			Determinación de la carga estimada		
Peso Neto de la carga:		Lbs/ Kg./ Ton	Peso estimado de la carga (A):		Lbs/ Kg./ Ton
Peso de accesorios de izaje:		Lbs/ Kg./ Ton	Capacidad de carga según tabla (inicio/final):		
Peso de gancho de grúa:		Lbs/ Kg./ Ton	Porcentaje de capacidad de carga de grúa (A/B):		
Peso de otros accesorios:		Lbs/ Kg./ Ton		SI	NO
Peso total de la carga:		Lbs/ Kg./ Ton	El porcentaje de capacidad de carga de la grúa es menor al 80%	Procede como izaje convencional.	Procede como izaje Crítico (leer Procedimiento)
Peso estimado de la Carga (Con Factor de Seg. 10%): (A)		Lbs/ Kg./ Ton			
Selección de los elementos de Izaje					
Accesorio	Dimensiones	Angulo de Trabajo	Capacidad de carga según tabla		
Eslingas					Lbs/ Kg./ Ton
Grilletes					Lbs/ Kg./ Ton
Barra espaciadora					Lbs/ Kg./ Ton
Otro (Especificar):					Lbs/ Kg./ Ton
Requerimientos Generales					
Lista de Verificación			SI	NO	No Aplica
¿El operador de la grúa cuenta con certificación vigente?					
¿El Rigger cuenta con certificación vigente?					
¿La grúa cuenta con certificación de operatividad vigente?					
¿Los elementos de izaje cuentan con certificación vigente?					
¿Se realizó la inspección pre-uso de la grúa?					
¿Se realizó la inspección pre-uso de los accesorios de izaje?					
¿Se ha evaluado la ruta de acceso de la grúa al área de izaje de la carga?					
¿Las rutas de acceso están libres de líneas de transmisión eléctrica?					
¿Se cuenta con un guía para la movilización de la grúa por la ruta de acceso?					
¿El terreno para la posición de la grúa y la carga está compacto y nivelado?					
¿La grúa estará localizada a más de 2.00 mts. del borde de una excavación?					
¿Existe espacio suficiente para que el operador realice la maniobra sin obstáculos?					
¿El izaje de carga se realizará durante el turno diurno?					
¿Las condiciones de viento no sobrepasan los límites recomendados?					
¿La posición del operador le permitirá una visión clara de la maniobra y del rigger?					
Observaciones:					
Responsable	Nombre y Apellido		Firma		
Supervisor Ejecutante					
Supervisor Solicitante					
Supervisor Autorizante					
Operador de Grúa					

➤ Welding map (Mapa de soldadura)

	WELDING MAP	030802703-PEN-CCA-ME-FDR-013		
		PANTA-SI-002-ME-PTC-019		
Elaborado:	Revisado:	Aprobado:		
CSG	CSG	CS		
Version: 01	Fecha: 05.01.2022	Página: 1 de 1		



CLIENTE: SHAWINDO S.A.C. PROYECTO: "Ingeniería, Procura y Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Abierta de la Zona de Maizal - DFC, PUNTA MAZAR"	AREA / ELEMENTO: Tendido de tuberías (Anillo 1, 2 y 3) / Planta de Tratamiento de Agua Abierta	Nº REGISTRO: 001
Nº DE PLANO: 030802703-2000-ME-04W-025	DESCRIPCIÓN: Vista Frontal	FECHA: 24/01/2022

ESQUEMA:







CASCO - 185-TK1-CS1

Observaciones:

APROBACIÓN FINAL:		
FECHA: 24/01/2022  Jng. Edison C. Rojas Acuña SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN CP 0007 PENTATECH CONSTRUCCIONES S.A.S. Calle: F. Sep. 19000000	FECHA: 24/01/2022  Walter Mamani Huancacho ING. MECANICO CIVIL CMO. 19010001 4047 12 14 12345 6 78 90 PENTATECH AV. 123 - 4567890123-45	FECHA:
		Cliente / Supervisor

➤ Registro de inspección de líquidos penetrantes

		REGISTRO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES			<small>ESTACIONES PEN-CCA-ME-150-023</small> <small>PENTA-01-000-00-070-022</small>					
					Elaborado:	Revisado:	Aprobado:			
		CSG	CSG	CSG						
		Verión: 01	Fecha: 05.01.2022	Página: 1 de 2						
CLIENTE: INGENIERO S.A.C.		AREA/UBICACIÓN: Taller de Mantenimiento: 085-TR-002 / Ocho		Nº REGISTRO:		001				
PROYECTO: Ingeniería, Proceso y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Mito en Mitoles - DPE "FDAM Mitoles"		TAR: 185-TK1-CS1		REDA:		26/01/2022				
LUGAR DE INSPECCIÓN: Planta Pentatech		PLANO DE REFERENCIA: 0126012703-2020-ME-0495-209		ESTACIONES DE REFERENCIA: AP-001 / ADVE V						
ESPECIFICACIÓN DE LA PRUEBA										
Langüeta Penetrante: G4		Langüetas/Marcas: Control		Revelador/Marcas: Control		Revelador/Marcas: Control				
Tipo de Penetrante: Colorado		Aplicación de Penetrante: (3)		Temperatura de Superficie: 25.0°C		Tiempo de Penetración: 7 min				
Tipo de Revelador: Con solvente		Tipo de Revelador: Pulverización		Tiempo de Revelado: 22 min		Fuente de Luz: Natural				
Preparación de la superficie: Abrasivo				Equipos de Modificación: 844gr Com. V-400 page						
UBICACIÓN										
										
CASCO - 185-TK1-CS1										
Item	Código de Junta	Tipo de Junta	WPS	Código Soldador	Fecha de Inspección	Resultado de Inspección			Resultado Final	Observaciones
						Aceptado	Requerir	Rechazar		
1	01	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-01	26/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
2	02	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-02	26/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
3	03	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-03	26/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
4	04	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-04	26/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
5	05	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-05	27/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
6	06	CP	WPS-ADM1-2022-002	J2-06	27/01/2022	0	-	-	CONFORME	-
Observaciones Corregidas:										
Leyenda: F = Flujo P = Porosidad Agresiva D = Escala H = High-Low S = Saciedad P = Penetrante Tubular F = Fuente Incompleta L = Limitación										
APROBACIÓN REAL: REDA: 26/01/2022			REDA: 26/01/2022			REDA:				
 Eneidy Cabezas Jacinto <small>INGENIERO DE PRODUCCIÓN</small> <small>CP 20611</small> PENTATECH <small>CONSTRUCIONES S.A.C.</small> <small>Info de Cont. / Sup. Producción</small>			 Walter Mamani Huancacela <small>ING. EN INGENIERÍA CIVIL</small> <small>CP 20611</small> <small>ASISTENTE EN NIVEL III DE VE</small> PENTATECH <small>CONSTRUCIONES S.A.C.</small> <small>Info de Cont. / Sup. Producción</small>			Cliente / Supervisor:				



REGISTRO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

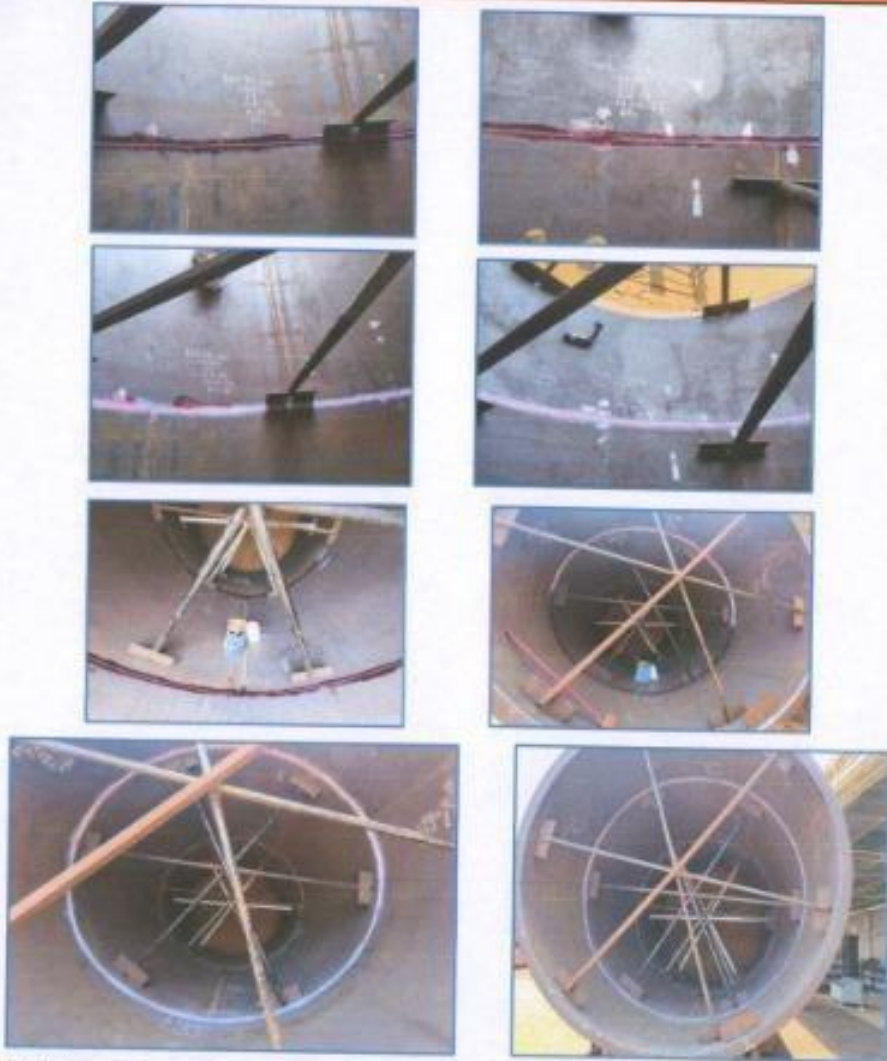
ESTANDAR PEN-EEA-NE-008-001

REVISIÓN 01-01-2022

Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
CSG	CSG	CC
Version: 01	Fecha: 01.01.2022	Página: 2 de 2




CLIENTE: SWAKINDO S.A.C	AREA/CLIENTE: Planta de Neutralización 205-1A-003 / Casa	RF REGISTRO:	004
PROYECTO: Ingeniería, Procura y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Acidas de Minera - EPC PIMAM Maricao	ENG: 149-193-CSJ	FECHA:	26/03/2022
LUGAR DE INSPECCIÓN: Planta Pentatech	PLANO DE REFERENCIA: 0338002703-2000-040-0490-109	ESTANDAR DE REFERENCIA:	API 650 / ASME V

PARTE FOTOGRAFICA



SUPERVISOR FINAL: FECHA: 26/03/2022  Ing. Elizabeth Cabezas Jacinto SUPERVISOR DE PRODUCCION CP 20007 PENTATECH CONSTRUCCIONES S.R.L. SAN DE GUAYCAMA PERU	FECHA: 26/03/2022  Walter Mariani Huancavilca ING. MECANICO CP 20007 CP 20007 SAN DE GUAYCAMA PERU PENTATECH CONSTRUCCIONES S.R.L. SAN DE GUAYCAMA PERU	FECHA: Cliente / Supervisor
---	---	--

➤ Registro de inspección de perfil de rugosidad y película seca de pintura

 REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN SUPERFICIAL		IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO <small>FORMULARIO DE INSPECCIÓN</small>										
		Calificación	Proyecto	Aprobado								
CLIENTE: PENTATECH S.A.C. PROYECTO: Ingeniería, Procura y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas (Antea de Inletas Marías) - IIR - PUNTA ALTIPLANO		N° REGISTRO: 001 FECHA: 15/01/2021	PÁGINA: 02 PÁGINA 1 de 2									
IDENTIFICACIÓN DE INSPECCIÓN Y CONTROL												
ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN: Inspección de calidad de pintura	MARCA: Dupon	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: C3-1154-2021										
INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN: Analizador de perfil de rugosidad	MARCA: DUMEX	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: -										
INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN: Analizador de espesores	MARCA: Dupon	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: C3-432-2021										
IDENTIFICACIÓN DE SUPERFICIE												
Tipo de Superficie: Acero	Área de Tratamiento:	82 m ²										
Estado de Control: Control 2	Sistema de Preparación Superficial:	SSP-SPD										
Tipo de Material: Acero de cobre	Inspección Visual:	SSP-VIS										
N° de Rugosidad: 0	Perfil de Rugosidad:	- 2.7 mil										
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS												
Capa Base	Producto	Micropoxy 540	Estado de Pintura	4/100	N° Certificado (N°)	C3-01-001						
	Color	Az 7034	N° de Rugosidad	0.023"	Aplicador 1:	880-00						
	EPS Nominal	4 mil	Dispersión (%)	21%	Aplicador 2:	-						
Capa Intermedia	Producto	-	Estado de Pintura	-	N° Certificado (N°)	-						
	Color	-	N° de Rugosidad	-	Aplicador 1:	-						
	EPS Nominal	-	Dispersión (%)	-	Aplicador 2:	-						
Capa Acabado	Producto	Guarnición HE	Estado de Pintura	4/100	N° Certificado (N°)	C3-01-010						
	Color	Gr 6032	N° de Rugosidad	0.023"	Aplicador 1:	900-00						
	EPS Nominal	2 mil	Dispersión (%)	23%	Aplicador 2:	-						
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS												
Capa Base	Fecha	07/07/2022	Temp. Bulbo Seco	-	Temp. De Bulbo	21.7						
	Humedad Relativa	7.40% m	Temp. Bulbo Húmedo	-	Temp. Superficial	17.2						
	Humedad Relativa	7.00% m	Humedad Relativa	75%	Δ T:	4.5						
Capa Intermedia	Fecha	-	Temp. Bulbo Seco	-	Temp. De Bulbo	-						
	Humedad Relativa	-	Temp. Bulbo Húmedo	-	Temp. Superficial	-						
	Humedad Relativa	-	Humedad Relativa	-	Δ T:	-						
Capa Acabado	Fecha	20/07/2022	Temp. Bulbo Seco	-	Temp. De Bulbo	21.2						
	Humedad Relativa	7.00% m	Temp. Bulbo Húmedo	-	Temp. Superficial	17.2						
	Humedad Relativa	7.00% m	Humedad Relativa	75%	Δ T:	4.2						
RECORD DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD												
Capa Base	N° de Series	Mediciones										Promedio
		5.8	6.0	5.6	5.8	6.7	6.3	6.1	5.7			
		6.2	6.0	6.0	6.1	6.2	5.8	6.4	6.2	6.0		
		7.0	5.9	5.5	6.0	5.8	6.1	5.6	6.5	6.2		
		6.3	6.5	6.1	6.3	6.2	6.3	5.7	6.6	6.2		
6.0	5.8	6.3	6.0	6.2	6.2	5.6	6.4	6.2				
Capa Intermedia	N° de Series	Mediciones										Promedio
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Capa Acabado	N° de Series	Mediciones										Promedio
		6.3	6.1	5.8	6.0	6.4	6.1	6.0	6.4	6.0		
		6.7	6.5	6.6	6.2	6.6	7.6	6.0	6.0	7.7		
		7.0	6.2	6.0	6.6	6.7	7.6	6.5	6.2	6.0		
		6.1	6.1	6.1	7.7	6.4	6.9	6.2	6.4	6.3		
6.4	6.3	6.2	6.0	6.4	6.2	7.0	7.0	6.2				
OBSERVACIONES												
OBSERVACIONES:												
APROBACIÓN												
FECHA: 15/01/2021  Jairo Cepeda Cepeda Jacinto SUPERVISOR DE INSPECCIÓN PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C. <small>SECTOR CONSTRUCCIÓN</small> Info de Contact / Resp. Producción				FECHA: 15/01/2021  Walter Almona Huancocalla PALE AMB. INGENIERO CIVIL C.O.P. 100-12860 INGENIERO EN LENOZ 4.012 1.7 PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C. Info de Contact / Resp. Producción				FECHA:				



REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN SUPERFICIAL

IDENTIFICACION DEL PROYECTO		
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUENTE		
Estado:	Proyecto:	Actividad:
1502	CMS	50
Fecha:	Fecha de Emisión:	Página:
2023-01-11	2023-01-11	1 de 1

CLIENTE: INERACIO S.A.C	ABRIGOS DE BOMBAS: INGENIERIA Y PROYECTOS S.A.S. (100-0000710000) INERACIO	Nº REGISTRO:	302
PROYECTO: Ingeniería, Procura y Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Gruesa de Agua en Mollino - PDC PUNTA ALTIPLANO	Ciudad: TUMBES (100-00-000)	PROYECTO:	500/5000

IMAGENES



OPINIONES

<p>FECHA: 2023/01/11</p> <p>Ing. Elizabeth Colinas Jacinto SUPERVISORA DE PREPARACION DE PINTA PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C. www.pentatech.com</p>	<p>FECHA: 2023/01/11</p> <p>Walter Mamani Huancasillo ING. ESPECIALISTA DE PINTAS CON. PUNTA ALTIPLANO ASIST. TC. DE LEVANT. Y MT. UT PENTATECH CONSTRUCCION S.A.C.</p>	<p>FECHA:</p>
--	---	---------------

Observaciones

Anexo 16. Plan de mantenimiento

