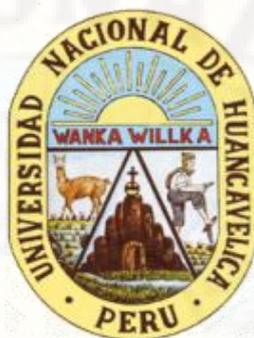


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

“REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN POR MINERÍA (REMEDIACIÓN DE SUELOS, AGUA)

PRESENTADO POR:

Bach : BENDEZU HUAMANI, Sheyla Estrella

Bach : CAPCHA RIOS, Angela Liseth

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCAVELICA, PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los diez días (10) del mes de setiembre del año 2021, siendo las dieciséis horas (16:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana (Presidente), Mg. Cesar Castañeda Campos (Secretario), Dr. Elmer René Chávez Araujo (Asesor), designados con Resolución de Decano N° 190-2021-FCI-UNH, de fecha 12 de agosto del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **“REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ACIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*”**, presentada por las Bachilleres **Angela Liseth CAPCHA RIOS** y **Sheyla Estrella BENDEZU HUAMANI**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 17:30 pm; se comunicó a las sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Angela Liseth CAPCHA RIOS

APROBADO

POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

Sheyla Estrella BENDEZU HUAMANI

APROBADO

POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente



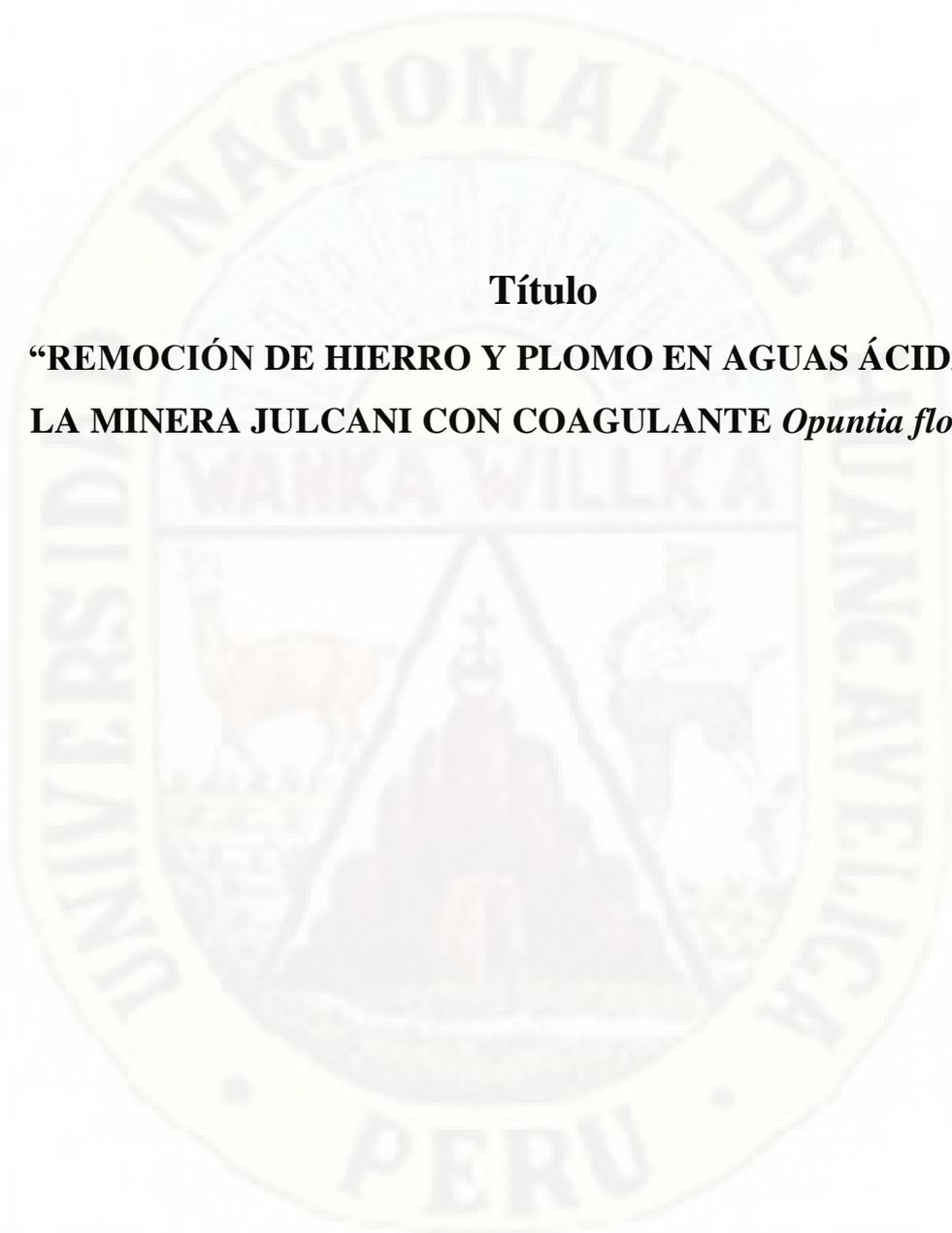
Secretario



Asesor

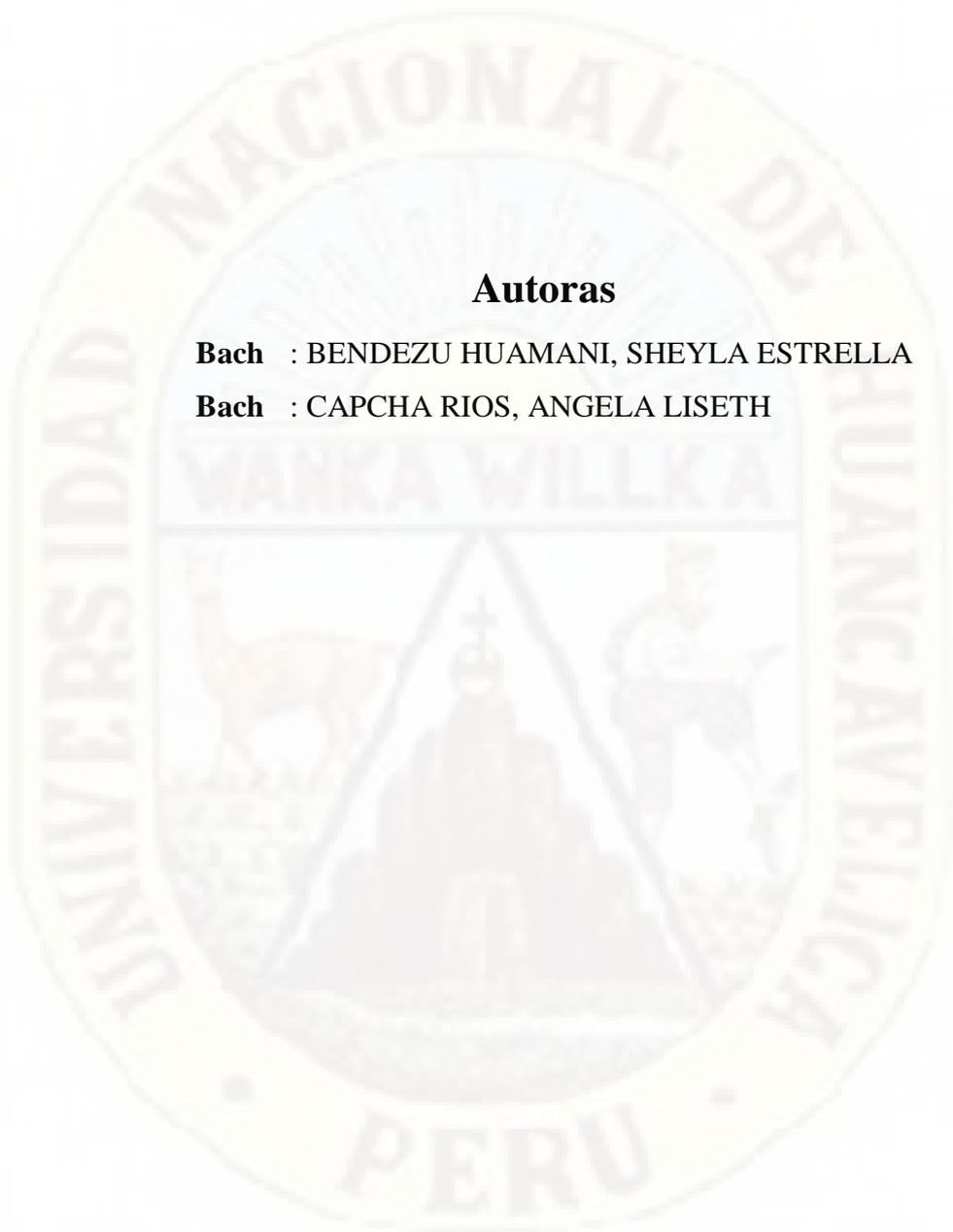


Vº Bº Decano



Título

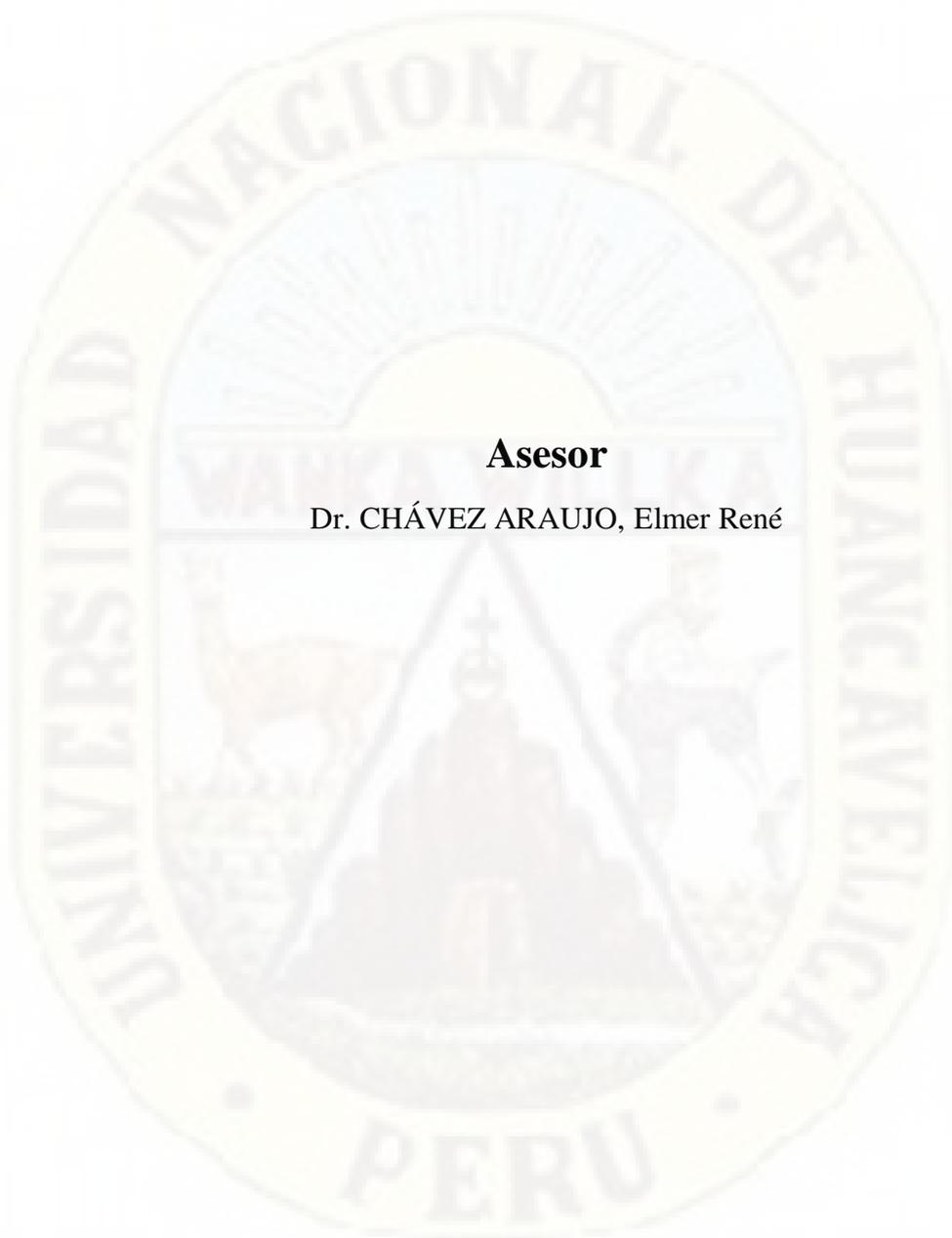
“REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*”



Autoras

Bach : BENDEZU HUAMANI, SHEYLA ESTRELLA

Bach : CAPCHA RIOS, ANGELA LISETH



Asesor

Dr. CHÁVEZ ARAUJO, Elmer René

Dedicatoria

SHEYLA ESTRELLA

A Dios por ser guía y soporte en mi vida.

A mis padres German Huamani Chanco y Teodora Pérez Ramos por brindarme incondicionalmente amor, paciencia, soporte y cada día impulsarme a nunca rendirme y luchar hasta lograr mis sueños.

A mi familia Cirilo, Lidia, Rosenda, Alejandro y Ramón por el apoyo y por los consejos que me ayudaron a seguir adelante y culminar con mi carrera profesional.

CAPCHA RIOS, Angela Liseth

A mis padres Aquilina Rios Chuquillanqui y Amador Capcha Aliaga por ser siempre mis principales motivadores y ejemplo de superación, humildad y sacrificio. A todo ello dedico el presente trabajo, porque fomentaron en mí el deseo de superación y éxito.

A mis hermanos y a todas las personas que estuvieron en esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

A Dios por brindarnos de buena salud y darnos la satisfacción de lograr nuestras metas.

A nuestros padres y familiares por el apoyo incondicional en toda circunstancia y ofrecernos una calidad educativa en el transcurso de nuestra vida y sobre todo por ser modelo a seguir.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica y a los educadores quienes nos compartieron sus conocimientos para nuestra formación académica profesional.

Al Programa Presupuestal 0066, que subvencionó la investigación.

Al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Universidad Nacional de Huancavelica, que nos facilitó el uso de los equipos y materiales.

Al Dr. Chávez Araujo, Elmer René, por su asesoría, dedicación y ayuda en base a su experiencia para el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Roca Vílchez, Cesar Augusto, Jefe de la Unidad de Producción y Control de Calidad de la Planta de Tratamiento del Agua Potable de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huancavelica, por el uso y disposición del equipo de Prueba de Jarras.

A nuestros amigos por el apoyo desinteresado en el desarrollo de la investigación.

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Acta de sustentación | ii |
| Título | iii |
| Autoras | iv |
| Asesor..... | v |
| Dedicatoria | vi |
| Agradecimiento | vii |
| Índice de tablas | xii |
| Índice de figuras | xv |
| Índice de apéndice | xix |
| Abreviaturas | xxi |
| Resumen | xxii |
| Abstract | xxiii |
| Introducción..... | 24 |
| CAPÍTULO I..... | 25 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 25 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 25 |
| 1.2. Formulación del problema | 26 |
| 1.2.1. Problema general | 26 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 26 |
| 1.3. Objetivos | 27 |
| 1.3.1. Objetivo general | 27 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 27 |
| 1.4. Justificación..... | 27 |
| 1.4.1. Justificación teórica | 27 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| 1.4.2. | Justificación metodológica..... | 27 |
| 1.4.3. | Justificación práctica..... | 28 |
| 1.4.4. | Justificación social..... | 28 |
| 1.4.5. | Justificación ambiental..... | 28 |
| 1.5. | Limitaciones | 28 |
| CAPÍTULO II..... | | 29 |
| MARCO TEÓRICO..... | | 29 |
| 2.1. | Antecedentes | 29 |
| 2.1.1. | A nivel internacional..... | 29 |
| 2.1.2. | A nivel nacional..... | 32 |
| 2.1.3. | A nivel local | 39 |
| 2.2. | Bases teóricas | 40 |
| 2.2.1. | Drenaje ácido de mina | 40 |
| 2.3. | Bases conceptuales | 41 |
| 2.3.1. | El agua | 41 |
| 2.3.2. | Drenaje ácido de mina | 43 |
| 2.3.3. | Metales pesados..... | 48 |
| 2.3.4. | Coagulación y floculación | 50 |
| 2.3.5. | Prueba de Jarras..... | 53 |
| 2.3.6. | <i>Opuntia floccosa</i> (Huaracco) como coagulante..... | 55 |
| 2.3.7. | Minería en Huancavelica | 58 |
| 2.4. | Definición de términos..... | 59 |
| 2.5. | Hipótesis..... | 60 |
| 2.5.1. | Hipótesis general | 60 |

| | | |
|---------------------------------------|---|----|
| 2.5.2. | Hipótesis específicas..... | 60 |
| 2.6. | Identificación de variables | 61 |
| 2.6.1. | Variables independientes | 61 |
| 2.6.2. | Variable dependiente | 61 |
| 2.6.3. | Variables intervinientes | 61 |
| 2.7. | Operacionalización de variables | 62 |
| CAPÍTULO III | | 63 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 63 |
| 3.1. | Ámbito temporal y espacial..... | 63 |
| 3.1.1. | Ámbito temporal..... | 63 |
| 3.1.2. | Ámbito espacial | 63 |
| 3.2. | Tipo de investigación..... | 64 |
| 3.3. | Nivel de investigación..... | 65 |
| 3.4. | Método de investigación | 65 |
| 3.5. | Diseño de investigación | 65 |
| 3.6. | Población, muestra, muestreo..... | 65 |
| 3.6.1. | Población..... | 65 |
| 3.6.2. | Muestra | 66 |
| 3.6.3. | Muestreo..... | 66 |
| 3.7. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 67 |
| 3.7.1. | Técnicas de recolección de datos | 67 |
| 3.8. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 83 |
| 3.8.1. | Técnicas de procesamiento | 83 |
| 3.8.2. | Análisis de datos..... | 83 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO IV | 84 |
| PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 84 |
| 4.1. Presentación de resultados | 84 |
| 4.1.1. Obtención del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | 84 |
| 4.1.2. Caracterización de las aguas ácidas de la Minera Julcani..... | 85 |
| 4.1.3. Remoción de Hierro y Plomo con coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | 85 |
| 4.2. Prueba de hipótesis | 104 |
| 4.2.1. Prueba de hipótesis general..... | 104 |
| 4.2.2. Prueba de hipótesis específica 1 | 110 |
| 4.2.3. Prueba de hipótesis específica 2..... | 115 |
| 4.2.4. Prueba de hipótesis específica 3..... | 121 |
| 4.2.5. Prueba de hipótesis específica 4..... | 127 |
| 4.3. Discusión de resultados..... | 132 |
| Conclusiones..... | 139 |
| Recomendaciones | 140 |
| Referencias bibliográficas | 141 |
| Apéndice | 148 |
| Planos..... | 203 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Contaminantes físicos químicos y biológicos del agua | 42 |
| Tabla 2 | Clasificación de drenajes | 44 |
| Tabla 3 | Datos del metal Hierro..... | 49 |
| Tabla 4 | Datos del metal Plomo..... | 49 |
| Tabla 5 | Análisis Fisicoquímico del cactáceo Opuntia floccosa | 57 |
| Tabla 6 | Operacionalización de las variables dependientes e independientes..... | 62 |
| Tabla 7 | Ubicación de la Unidad de Producción Julcani – Compañía Minera Buenaventura..... | 63 |
| Tabla 8 | Ubicación política y geográfica del lugar del muestreo del cactáceo Opuntia floccosa..... | 67 |
| Tabla 9 | Datos comparativos del peso inicial y peso final realizados a las muestras para la obtención del coagulante..... | 71 |
| Tabla 10 | Datos comparativos de la altura inicial y altura final realizados a las muestras para la obtención del coagulante..... | 71 |
| Tabla 11 | Datos comparativos del diámetro inicial y diámetro final realizados a las muestras para la obtención del coagulante..... | 71 |
| Tabla 12 | Resumen de pesos por procedimiento realizado en la extracción del coagulante..... | 71 |
| Tabla 13 | Peso de las muestras tamizadas para la obtención del coagulante..... | 72 |
| Tabla 14 | Formato de recolección de datos del cactáceo Opuntia Floccosa..... | 73 |
| Tabla 15 | Recolección de datos de los parámetros de agua ácida de la Minera Julcani | 79 |
| Tabla 16 | Análisis Fisicoquímico del cactáceo Opuntia floccosa..... | 84 |
| Tabla 17 | Parámetros del análisis del agua ácida de la Minera Julcani..... | 85 |
| Tabla 18 | Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 2 min..... | 85 |
| Tabla 19 | Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 2 min..... | 86 |
| Tabla 20 | Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 5 min..... | 86 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabla 21 | Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 5 min. | 87 |
| Tabla 22 | Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 8 min. | 87 |
| Tabla 23 | Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 8 min. | 88 |
| Tabla 24 | Porcentaje de remoción de Hierro en 5 concentraciones y 3 tiempos. . | 88 |
| Tabla 25 | Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 2 min. | 89 |
| Tabla 26 | Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 2 min. | 90 |
| Tabla 27 | Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 5 min. | 90 |
| Tabla 28 | Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 5 min. | 91 |
| Tabla 29 | Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 8 min. | 91 |
| Tabla 30 | Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 8 min. | 92 |
| Tabla 31 | Porcentaje de remoción de Plomo en 5 concentraciones y 3 tiempos. . | 92 |
| Tabla 32 | Remoción de Hierro en diferentes concentraciones (10, 20, 30, 50 y 70 ppm) y tiempos (2, 5 y 8 min). | 94 |
| Tabla 33 | Datos de eficiencia de remoción de Hierro. | 99 |
| Tabla 34 | Prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk. | 105 |
| Tabla 35 | Prueba para verificación de la existencia de un tiempo y concentración que maximiza la remoción | 105 |
| Tabla 36 | Valores de la prueba estadística. | 106 |
| Tabla 37 | Prueba para la contratación de la hipótesis general utilizando la pruebas de efectos inter-sujetos. | 109 |
| Tabla 38 | Prueba de normalidad por Shapiro - Wilk. | 110 |
| Tabla 39 | Prueba de homogeneidad de varianza. | 111 |
| Tabla 40 | Prueba de análisis de varianza. | 112 |
| Tabla 41 | Prueba de Prueba Post Hoc – Tukey para la remoción de Hierro. | 114 |
| Tabla 42 | prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro - Wilk. | 116 |
| Tabla 43 | Prueba de homogeneidad de varianza | 117 |
| Tabla 44 | Prueba de análisis de varianza. | 118 |
| Tabla 45 | Prueba Post Hoc – Tukey para la remoción de Plomo. | 120 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 46 | Prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro - Wilk. | 122 |
| Tabla 47 | Prueba de homogeneidad de varianza. | 122 |
| Tabla 48 | Prueba de análisis de varianza..... | 124 |
| Tabla 49 | Prueba Post Hoc - Tukey para la remoción de Hierro..... | 126 |
| Tabla 50 | Prueba de normalidad con el estadístico Shapiro - Wilk..... | 128 |
| Tabla 51 | Prueba de homogeneidad de varianza | 128 |
| Tabla 52 | Prueba estadística para una muestra para la remoción de Plomo..... | 129 |
| Tabla 53 | Prueba Post Hoc - Tukey para la remoción de Plomo..... | 131 |
| Tabla 54 | Matriz de consistencia. | 148 |
| Tabla 55 | Hoja de formato de recolección de datos del Análisis físico del cactáceo Opuntia Floccosa | 151 |
| Tabla 56 | Hoja de formato de recolección de datos del Análisis fisicoquímico del agua ácida de la Minera Julcani..... | 152 |
| Tabla 57 | Ficha de recolección de datos del Análisis físico del cactáceo Opuntia floccosa | 170 |
| Tabla 58 | Hoja de formato de recolección de datos del Análisis físico del cactáceo Opuntia floccosa | 175 |

Índice de figuras

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 1 | El ciclo hidrológico..... | 42 |
| Figura 2 | Formación de las aguas ácidas de mina. | 45 |
| Figura 3 | Etapas en la formación de aguas ácidas. | 46 |
| Figura 4 | Fuentes de generación de residuos y drenajes ácidos. | 47 |
| Figura 5 | Reacciones que caracterizan la oxidación de un sulfuro en la generación de aguas ácidas..... | 48 |
| Figura 6 | Efecto de la coagulación. | 51 |
| Figura 7 | Fases de la coagulación..... | 51 |
| Figura 8 | Planta Opuntia floccosa..... | 56 |
| Figura 9 | Plano de ubicación de la Minera Julcani..... | 64 |
| Figura 10 | Plano de ubicación de la presa 1-2 de la Minera Julcani para el muestreo de agua. | 66 |
| Figura 11 | Plano de ubicación del cactáceo Opuntia floccosa. | 68 |
| Figura 12 | Muestreo aleatorio del cactáceo Opuntia floccosa..... | 69 |
| Figura 13 | Etiqueta para realizar las muestras del cactáceo Opuntia floccosa.... | 70 |
| Figura 14 | Etiqueta para enviar las muestras resultantes de la remoción | 82 |
| Figura 15 | Remoción de Hierro (Fe) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo)..... | 89 |
| Figura 16 | Remoción de Plomo (Pb) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo)..... | 93 |
| Figura 17 | Remoción de Hierro (Fe) en aguas ácidas de la Minera Julcani con coagulante Opuntia floccosa. | 96 |
| Figura 18 | Variación de la remoción de Hierro (Fe) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo), mediante la aplicación del coagulante Opuntia floccosa. | 98 |
| Figura 19 | Remoción de Plomo (Pb) en aguas ácidas de la Minera Julcani con coagulante Opuntia floccosa. | 101 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 20 | Variación de la remoción de Plomo (Pb) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo), mediante la aplicación del coagulante Opuntia floccosa. | 103 |
| Figura 21 | Campana de Gauss unilateral de cola derecha para la contratación de la hipótesis general..... | 106 |
| Figura 22 | Región crítica cola derecha, t calculado $>$ t crítico..... | 107 |
| Figura 23 | Tabla de distribución de T Student | 108 |
| Figura 24 | Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 1 | 112 |
| Figura 25 | Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico de la hipótesis específica 1. | 113 |
| Figura 26 | Tabla de distribución de F de Fisher..... | 113 |
| Figura 27 | Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 2 | 117 |
| Figura 28 | Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico para la hipótesis 2..... | 118 |
| Figura 29 | Tabla de distribución de F de Fisher..... | 119 |
| Figura 30 | Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 3 | 123 |
| Figura 31 | Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico para la hipótesis 3..... | 124 |
| Figura 32 | Tabla de distribución de F de Fisher..... | 125 |
| Figura 33 | Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 4 | 129 |
| Figura 34 | Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico para la hipótesis 4..... | 130 |
| Figura 35 | Tabla de distribución de F de Fisher..... | 130 |
| Figura 36 | Hoja de cadena de custodia para monitoreo de agua | 150 |
| Figura 37 | Etiqueta para el N°de muestras del agua ácida de la Minera Julcani | 153 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 38 | Etiqueta para el N° de muestra del cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> | 153 |
| Figura 39 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento..... | 154 |
| Figura 40 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 15 con sus 05 repeticiones | 155 |
| Figura 41 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 14 con sus 05 repeticiones | 156 |
| Figura 42 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 13 con sus 05 repeticiones | 157 |
| Figura 43 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 12 con sus 05 repeticiones | 158 |
| Figura 44 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 11 con sus 05 repeticiones | 159 |
| Figura 45 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 10 con sus 05 repeticiones | 160 |
| Figura 46 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 09 con sus 05 repeticiones | 161 |
| Figura 47 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 08 con sus 05 repeticiones | 162 |
| Figura 48 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 07 con sus 05 repeticiones | 163 |
| Figura 49 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 06 con sus 05 repeticiones | 164 |
| Figura 50 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 05 con sus 05 repeticiones | 165 |
| Figura 51 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 04 con sus 05 repeticiones | 166 |
| Figura 52 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 03 con sus 05 repeticiones | 167 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 53 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 02 con sus 05 repeticiones | 168 |
| Figura 54 | Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 01 con sus 05 repeticiones | 169 |
| Figura 55 | Resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani | 178 |
| Figura 56 | Resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani | 179 |
| Figura 57 | Resultados de análisis de Hierro total del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento | 180 |
| Figura 58 | Resultados de análisis de Plomo total del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento | 181 |
| Figura 59 | Resultados de análisis de Turbidez del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento | 182 |
| Figura 60 | Resultados de análisis de pH del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento..... | 183 |
| Figura 61 | Resumen de resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento | 184 |
| Figura 62 | Certificado de acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL otorgado al laboratorio SGS DEL PERÚ S.A.C..... | 185 |
| Figura 63 | Resultado de análisis fisicoquímico de la Opuntia floccosa | 186 |
| Figura 64 | Tabla periódica de los elementos..... | 187 |

Índice de apéndice

| | | |
|----------------------|---|-----|
| Fotografía 1 | Delimitación del terreno y selección de la Opuntia floccosa para la elaboración de coagulante. | 188 |
| Fotografía 2 | Selección y rotulado para el envío de la muestra para su análisis fisicoquímico y Traslado de la Opuntia Floccosa al laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica. | 188 |
| Fotografía 3 | Se calculó el peso, el ancho y altura de la Opuntia floccosa..... | 189 |
| Fotografía 4 | Extracción de gloquidios y espinas..... | 189 |
| Fotografía 5 | Enumeración de las muestras sin espinas y gloquidios de la Opuntia floccosa. | 190 |
| Fotografía 6 | Se calculó el peso, el ancho y altura sin la presencia de las espinas y gloquidios de la Opuntia floccosa..... | 190 |
| Fotografía 7 | Lavado y pelado de las muestras. | 191 |
| Fotografía 8 | Se cortó las muestras sin cutícula de 1 cm x 1 cm y pesó sin la presencia de espinas y gloquidios..... | 191 |
| Fotografía 9 | Se colocó las muestras en el horno a una temperatura de 60° C por 48 horas. | 192 |
| Fotografía 10 | Se retiró las muestras del horno y se pesó..... | 192 |
| Fotografía 11 | Con ayuda del mortero se molió las muestras..... | 193 |
| Fotografía 12 | Se pesó la muestra antes de ser tamizada y se pasó por los tamices N° 30 ,40 y 50 en el laboratorio de suelos | 193 |
| Fotografía 13 | Se pesó la muestra que pasó por la malla N°30, N°40 y N°50. . | 194 |
| Fotografía 14 | Se recogió la muestra de agua ácida de la Minera Julcani. | 194 |
| Fotografía 15 | Bocamina túnel San Lorenzo nivel 420. | 195 |
| Fotografía 16 | Convoy cargado de mineral saliendo de interior Bocamina túnel San Lorenzo nivel 420. | 195 |
| Fotografía 17 | Muestras del agua ácida en la EPS-EMAPA Huancavelica..... | 196 |
| Fotografía 18 | Pesado del coagulante para preparar la solución madre y para las 5 concentraciones a utilizar en la Prueba de Jarras. | 196 |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| Fotografía 19 | Se preparó las soluciones para las 5 concentraciones de 10 ppm,20 ppm,30 ppm.50 ppm y 70 ppm para utilizar en la Prueba de Jarras | 197 |
| Fotografía 20 | Calculó del pH de las concentraciones de 10 ppm,20 ppm y 30 ppm del coagulante Opuntia floccosa. | 197 |
| Fotografía 21 | Calculó Del pH de las concentraciones de 50 ppm y 70 ppm del coagulante Opuntia floccosa. | 198 |
| Fotografía 22 | Cálculo de pH de las 5 concentraciones del coagulante Opuntia floccosa | 198 |
| Fotografía 23 | Medición de los parámetros de campo (Temperatura, turbiedad y pH). | 199 |
| Fotografía 24 | Se preparó las muestras para la Prueba de Jarras. | 199 |
| Fotografía 25 | Se agregó las concentraciones a cada vaso precipitado. | 200 |
| Fotografía 26 | Se programó el equipo con 2 minutos de coagulación a una velocidad de agitación de 100 rpm. | 200 |
| Fotografía 27 | Se esperó 30 minutos para el proceso de sedimentación en los 3 tiempos de 2 min , 5 min y 8 min. | 201 |
| Fotografía 28 | Se preparó las muestras de agua tratada para su respectivo análisis en el laboratorio. | 201 |
| Fotografía 29 | Se rotuló cada envase para su análisis en el laboratorio | 202 |
| Fotografía 30 | Se trasladó las muestras en un cooler para su respectivo análisis..... | 202 |

Abreviaturas

| | | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| pH | Potencial de hidrógeno | H_a | <i>Hipótesis alterna</i> |
| DO | Demanda de oxígeno | Km | Kilómetro |
| OD | Oxígeno disuelto | m³ | Metro cúbico |
| DQO | Demanda química de oxígeno | m² | Metro cuadrado |
| DBO₅ | Demanda bioquímica de oxígeno | m | Metro lineal |
| cc | Concentración | cm | Centímetro |
| UC | Unidad de color | T_n | Tratamiento |
| Hz | Hercio o hertz | H₀ | Hipótesis nula |
| UNT / | Unidades nefalométricas | WGS | Sistema geodésico de coordenadas |
| NTU | Nephelometric Turbidity Unit | Al | Aluminio |
| mg | Miligramos | As | Arsénico |
| l | Litro | Be | Berilio |
| h | Hora | Hg | Mercurio |
| um | Millonésima parte de un metro | B | Boro |
| s | Segundo | Cd | Cadmio |
| min | Minutos | Cu | Cobre |
| gl | Grados de libertad | Co | Cobalto |
| rpm | Revolución por minuto | Cr | Cromo |
| % | porcentaje | Fe | Hierro |
| °C | Grados Celsius | Mg | Magnesio |
| ppm | Partículas por millón | Mn | Manganeso |
| mS/cm | Conductividad eléctrica | Ni | Níquel |
| TSS | Sólidos suspendidos totales | Pb | Plomo |
| g | Gramo | Se | Selenio |
| cal | Cal | Zn | Zinc |
| CO₂ | Dióxido de carbono | m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| NMP | Número más probable | | |
| TDS | Sólidos disueltos totales | | |

Resumen

En la presente investigación se determinó el tiempo de coagulación y la concentración del coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, la metodología para la remoción de los metales tuvo dos etapas: Etapa I, consistió en la preparación del coagulante natural del cactáceo realizando los siguientes procesos como secado, molido y tamizado para la obtención de un producto pulverizado. Etapa II, comprendió en el uso del equipo de Prueba de Jarras para la determinación de remoción de Hierro y Plomo, donde las condiciones de coagulación fueron a 100 rpm en tiempos de 2, 5 y 8 min, a una concentración de coagulante de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm, con floculación de 50 rpm por 20 min y sedimentación de 60 min, donde se realizaron 15 tratamientos obteniendo como resultado que el tratamiento 4 maximiza la remoción de Hierro y Plomo a un 92.3 % y 87.4 % respectivamente, llegando a la conclusión que existe un tratamiento que maximiza la remoción de Hierro y Plomo, siendo este el tiempo de coagulación de 2 min y la concentración de 50 ppm de coagulante *Opuntia floccosa*.

Palabras claves: remoción, coagulante, aguas ácidas, cactus, Prueba de Jarras

Abstract

In the present investigation, the coagulation time and the concentration of *Opuntia floccosa* coagulant that maximizes the removal of Iron and Lead in acidic waters of the Julcani Mine were determined, the methodology for the removal of metals had two stages where Stage I consisted of the preparation of the natural coagulant of the cactus carrying out the following processes such as drying, grinding and sieving to obtain a powdered product, Stage II included the use of the jar test equipment for the determination of iron and lead removal, where the coagulation conditions were at 100 rpm in times of 2, 5 and 8 min, at a coagulant concentration of 10, 20, 30, 50 and 70 ppm, with flocculation of 50 rpm for 2 min and sedimentation of 60 min, where 15 treatments were carried out, obtaining as a result that treatment 4 maximizes the removal of Iron and Lead even 92.3 % and 87.4 % respectively, reaching the conclusion that there is a treatment This method maximizes the removal of Iron and Lead, this being a coagulation time of 2 min and a concentration of 50 ppm of *Opuntia floccosa* coagulant.

Keywords: removal, coagulant, acidic water, cactus, jar test.

Introducción

“Perú es un país con mucha actividad minera, esta actividad ha estado presente en el territorio desde hace cientos de años” (Larrain Vial SAB, 2012). El departamento de Huancavelica no ha sido ajeno, un claro ejemplo es la Minera Julcani perteneciente a la Compañía de Minas Buenaventura que se desarrolla desde la época de la colonización española, con intermitencias repetidas por abandono y reapertura (Geostudios Ambientales, 2017).

El drenaje ácido de mina se origina de manera natural donde las rocas están expuestas a la naturaleza y llega alcanzar un nivel de acidez generada por la bacteria llamada “*Tiobacillus Ferrooxidante*”, este puede acelerar la oxidación y acidificación, lixiviando aún más los residuos de metales de desecho, considerándose este un problema ambiental (Herrmann y Zappettini, 2014).

Según Zevallos (2016) la actividad minera también es considerada como un causante de la contaminación ambiental porque en el intento de maximizar su producción provoca que los sulfuros queden expuestos a la presencia de oxígeno y agua; lo que provoca que se generen aguas ácidas y alto contenido de sólidos suspendidos, en concentraciones que van desde los 100 a 1000 mg/l fierro precipitado, 0.01 a 1000 mg/l para metales pesados y metaloides y de 100 a más de 10000 mg/l de sales disueltas. “El drenaje ácido de mina es un agente peligroso para la contaminación hídrica, debido a los altos costos para su remediación” (Ecological Treatment of Acid Drainage, 2019).

En Huancavelica no se da la importancia a la flora que está presente en el campo como es el caso del cactáceo *Opuntia floccosa* que se encuentra en las zonas altas de los Andes, en altitudes desde 3500 hasta 4600 m.s.n.m.

Por lo mencionado, ante esta situación, este trabajo busca atenuar el agua ácida de mina usando *Opuntia floccosa*, como coagulante natural debido a que esta planta existe en abundancia en la región de Huancavelica.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El agua ácida de mina es una preocupación ambiental que viene causando impactos desfavorables al medio ambiente, este perjudica de manera significativa la ecología y su entorno. Las concentraciones de los metales disueltos en las aguas ácidas superan los límites permisibles y estos a su vez son vertidos a cuerpos receptores sin previo tratamiento generando un problema.

La generación de material lastre y de relaves de manera irresponsable por parte de las industrias mineras, así como también la gran cantidad de yacimientos mineros existentes y su distribución geográfica inadecuada, ante esta situación el riesgo por drenaje ácido es un problema mayor la cual puede llegar a alcanzar niveles críticos, el cual además podría manifestarse en distintas zonas, perdiendo así gran cantidad importante de cursos de agua superficial y subterránea (Quiroz, 2007).

“Una industria generadora de ácido causa un devastador impacto al transcurrir de los años en fuentes de agua, volviéndose un efecto como: la contaminación perpetua” (Reece, 1995).

“Los pasivos mineros contienen sustancias contaminantes que generan problemas al medio ecológico y a la salud de la población” (Huiza y Orellana,2015).

Huancavelica es uno de los departamentos mineros del país más afectado por pasivos mineros desde la época española. Además, según el Ministerio de Energía y Minas, Huancavelica presenta problemas sociales y económicos, poniendo a la salud y la calidad de vida del hombre en peligro, convirtiendo a este tipo de alteraciones ambientales en un problema que se debe solucionar con celeridad (Pineda, 2004).

Frente a este problema surge la necesidad de buscar soluciones empleando técnicas adecuadas que se ajusten a la sostenibilidad del ambiente, con el fin de ser un aporte para atenuar la contaminación hídrica del agua ácida de la Minera Julcani, usando *Opuntia floccosa* como coagulante para la remoción de Hierro y Plomo, un tema no conocido, pero por la realidad futura dentro de la temática ambiental.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el tiempo de coagulación y la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani?

1.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿Qué concentración del coagulante *Opuntia floccosa* maximizará la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani?
- ❖ ¿Qué concentración del coagulante *Opuntia floccosa* maximizará la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani?
- ❖ ¿A qué tiempo de coagulación existirá mayor remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*?
- ❖ ¿A qué tiempo de coagulación existirá mayor remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el tiempo de coagulación y la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani.
- ❖ Determinar la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.
- ❖ Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*.
- ❖ Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el tratamiento de aguas ácidas, en escaso utilizando el coagulante natural del cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de Hierro y Plomo, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta para ser incorporada como conocimiento en la remoción de metales.

1.4.2. Justificación metodológica

Huancavelica cuenta con una flora diversa sin embargo no es aprovechada al máximo debido a que no existen estudios de estos como es el caso del cactáceo *Opuntia floccosa*, esta es oriunda de zona alta de los Andes, de manera que esta investigación servirá como referencia e información para futuras investigaciones, teniendo como propósito, una estrategia de conservación, protección y remediación.

1.4.3. Justificación práctica

Esta investigación se realizó por que existe la necesidad atenuar la contaminación de aguas ácidas generado por los pasivos mineros a nivel de laboratorio, utilizando como coagulante natural el cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de Hierro y Plomo.

1.4.4. Justificación social

Las aguas ácidas son un problema generado por los pasivos mineros debido a que contaminan y provocan alteraciones a su entorno, la sociedad se perjudica al beber o utilizar el agua contaminada contrayendo enfermedades.

1.4.5. Justificación ambiental

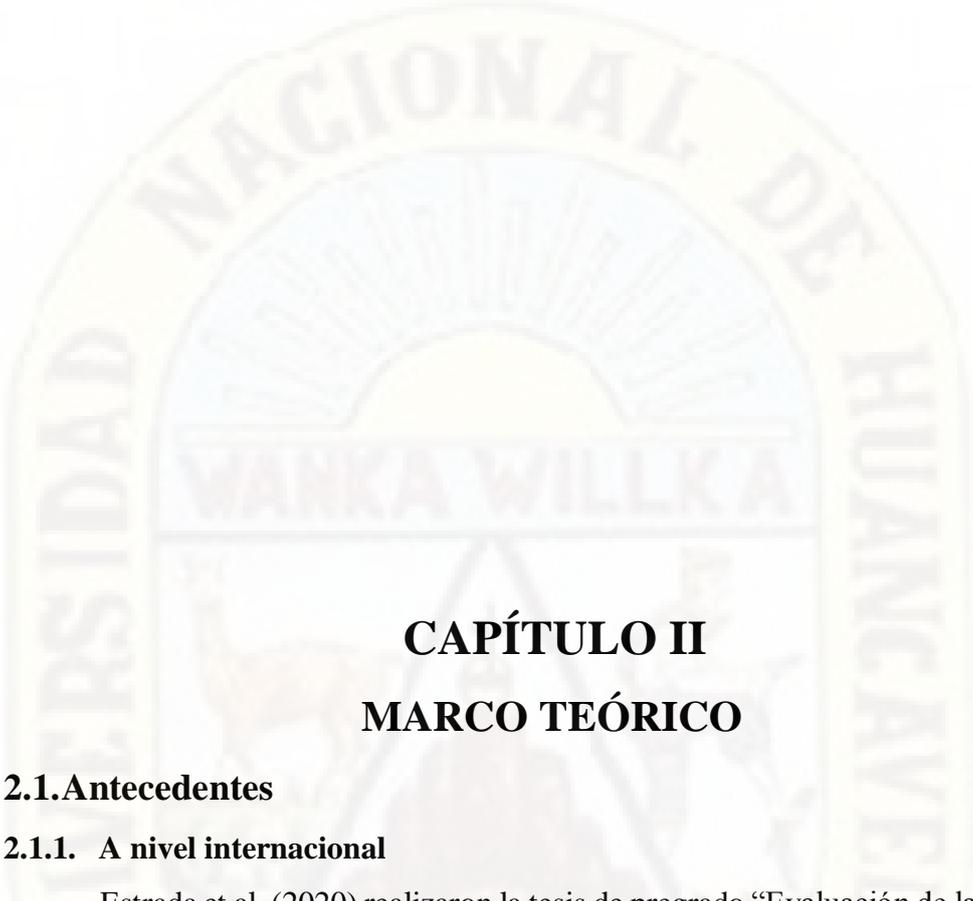
El drenaje ácido de mina representa una de las amenazas más preocupantes para el medio ambiente, debido al gran impacto negativo que está causando como la extinción de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos. Esta investigación permitirá promover mecanismos para atenuar los drenajes ácidos de mina usando *Opuntia floccosa* como coagulante natural para la remoción de Hierro y Plomo, brindando de esta manera un aporte científico a la sociedad, además de contribuir a la mitigación de la contaminación.

1.5. Limitaciones

La investigación tuvo como insumo primordial aguas ácidas de la Minera Julcani, en donde se presentaron dificultades por motivo de los trámites documentarios para dicho pedido.

La Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica no cuenta con laboratorios equipados y especializados para tratamiento de agua y manipulación de coagulantes.

La pandemia COVID – 19 retrasó las actividades programadas para la ejecución de la investigación.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Estrada et al. (2020) realizaron la tesis de pregrado “Evaluación de la remoción de Cianuros y metales pesados en efluentes líquidos del beneficio de oro de la pequeña minería, por adsorción con carbón activado y peróxido de hidrógeno en Segovia, Antioquia”, la investigación tuvo como objetivo evaluar la remoción de Cianuro y metales pesados, en efluentes líquidos del beneficio de oro, por adsorción con carbón activado y peróxido de hidrógeno, en la cual se utilizó como metodología la eficiencia de adsorción con carbón de 20, 40, 60 g de solución en tiempos de 4, 8, 12 horas, se añadió peróxido de hidrógeno (1.0, 1.5, 2.0 l de peróxido/kg de Cianuro en solución, durante 4 horas), obteniendo como resultado que el proceso de adsorción con carbón activado muestra una eficiencia de 36,89 % para Cianuro, 25,66 % para Zinc, 34,52 % para Hierro y 100 % para Plomo, después se adicionó el peróxido de hidrógeno a la muestra previamente tratada con carbón activado, teniendo una eficiencia de degradación de Cianuro del 99,95 % y precipitación de Zinc del 97,82 % y Hierro del

100 %, con la combinación del proceso de adsorción con carbón activado y después de un tratamiento con peróxido de hidrógeno se logró llegar a una concentración de Cianuro de 1.671 a 0,56 mg/l, Zinc de 261,53 a 4,165 mg/l, Plomo de 0,84 a 0 mg/l, Hierro de 2,41 a 0 mg/l llegando a la conclusión que el mejor tratamiento con carbón fue 60 g de carbón/l de solución el tiempo de adsorción para el cianuro y el Hierro fue de 12 horas, el Zinc y el Plomo se estabilizaron en un lapso de 4 horas y para el proceso con peróxido de hidrógeno: 2 l de H₂O₂/kg de Cianuro.

Cabrera et al. (2018) realizaron la investigación “Ensayo de coagulantes naturales extraídos de *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleifera* en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias”, la investigación tuvo como objetivo evaluar los coagulantes naturales obtenidos a partir de *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleifera* para la depuración de aguas residuales, usando la metodología de extracción soxhlet para la obtención de los coagulantes convencionales de esta manera tratar aguas residuales industriales de Sentinas y de Curtiembre las cuales generan consecuencias que afectan directamente a los cuerpos de agua que se vierten, obteniendo como resultado que la *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleifera* lograron obtener una remoción de turbidez de 99,18 % y 99,29 %, pH del agua (7,99 y 7,96 respectivamente), llegando a la conclusión de que la *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleifera* son una alternativa para remover los sólidos suspendidos en aguas residuales industriales, debido a que el porcentaje de remoción de turbidez fue superior al 75 % y el pH de las muestras tratadas con coagulantes naturales no tuvo cambios significativos.

Fuentes et al. (2016) realizaron la investigación “Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al₂(SO₄)₃ para clarificación de aguas”, la investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales *Moringa Oleifera*, *Cactus Opuntia*, Algas Marinas y Almidón, para la clarificación de las aguas de consumo humano, como sustituto al sulfato de aluminio en sistemas batch y continuos, este trabajo de investigación uso una metodología de simulación de sistemas de coagulación y floculación dividida en cuatro fases: Fase I el análisis de las biomásas como coagulantes naturales: *Moringa oleifera*, almidón de yuca, cactus

y algas marinas rojas, las cuales fueron recolectadas y trasladadas al laboratorio, donde cortaron en trozos pequeños y se lavaron con agua destilada. Luego se secaron a 110°C por 24h para deshidratar la biomasa y proceder a pulverizarlas hasta su completa desintegración y tamizada, fase II se trabajaron disoluciones con concentraciones 0,2 M de Ca (OH)₂, CaCl₂, NaOH y NaCl, fase III se determinó la dosis óptima y eficiencia de remoción de coagulantes natural en ensayos tipos batch en donde se realizó 144 ensayos con diferentes dosificaciones, una vez tomada la muestra de agua y medidos los valores iniciales de los parámetros de turbiedad, color, pH y DO, color, sólidos y DQO se llevó a cabo el proceso de coagulación - floculación mediante el equipo de Prueba de Jarras y en la fase IV se realizaron los ensayos de remoción de los coagulantes naturales a flujo continuo; en módulos cilíndricos de polietileno, donde se evaluó la influencia de los factores pre-tratamientos con las sales, dosificaciones (60, 80 y 100 mg/l), obteniendo como resultado que los coagulantes naturales más eficientes en el proceso de coagulación en sistema tipo batch, fueron el cactus *opuntia* (98,69 %) y la *Moringa oleífera* (98,32 %), logrando las mejores remociones de turbiedad en comparación con los demás coagulantes naturales algas y almidón, llegando a la conclusión que el sistema continuo demostró que el coagulante más efectivo para este tipo de sistemas fue la *Moringa oleífera* (95,31 %), respaldando el resultado logrado en sistema batch; seguidos por almidón (95,23 %), cactus *opuntia* (93,95 %), y algas marinas (93,07 %).

Tarón et al. (2017) realizaron la investigación “Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales”, desarrollado en la ciudad de Cartagena de Indias (Colombia), este trabajo tuvo como objetivo evaluar el polvo de la semilla de la *Cassia fistula* como coagulante en el tratamiento primario de aguas residuales domésticas, usando una metodología de la Prueba de Jarras en donde se realizó la preparación de coagulante natural y de evaluación de los parámetros fisicoquímicos de DBO₅, DQO, conductividad, color, turbidez, alcalinidad total, y dureza total, obteniendo como resultado que la mejor dosis óptima se encuentra entre 15-25 mg/l del coagulante donde los valores finales es 30.25 NTU en la turbidez y 84 UC de color respectivamente, los valores de pH y alcalinidad total no presentaron

mayores variaciones, llegando a la conclusión que el coagulante natural de la *Cassia fistula* es prometedor y eficaz para la sustitución de coagulantes inorgánicos en el proceso de coagulación de aguas residuales.

Feria et al. (2014) realizaron la crítica “Eficiencia de la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú”, la investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante y sus efectos sobre el pH y la alcalinidad, usando la metodología de muestreos simples en el río Sinú y la preparación del coagulante, se realizó de la siguiente manera 8 muestreos y la selección de semillas de *Moringa oleífera*, descascararon, secaron, molieron y tamizaron en una malla de 250 μm hasta obtener un polvo fino, usando un equipo de extracción Soxhlet, se prepararon dosis de coagulante natural desde 2,5 mg/l hasta 30,0 mg/ en solución salina y se aplicaron a cada muestra tomada del río, se generó un modelo cúbico de superficie de respuesta para evaluar la eficiencia de remoción de turbidez, obteniendo como resultado altas eficiencias de remoción de turbidez ($> 90\%$) se lograron con dosis entre 4,5 mg/l y 17,5 mg/l de coagulante natural para turbiedades iniciales mayores a 90,0 UNT, sin embargo, para turbiedades iniciales menores a 66,0 UNT, las eficiencias fueron también menores (entre 70 % y 85 %), no se evidenciaron alteraciones significativas en el pH y la alcalinidad luego de los ensayos, llegando a la conclusión que la *Moringa oleífera* es un coagulante eficaz, seguro y económico para la remoción de turbidez del agua cruda del río Sinú.

2.1.2. A nivel nacional

Bautista y Alicia (2020) realizaron la investigación “Influencia del tiempo de retención y proporción del zuro de *Zea Mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de Hierro y Plomo total del río Hualgayoc –Arascorgue, Cajamarca, 2019”, la investigación tuvo como objetivo determinar el tiempo de retención y la proporción del zuro de *Zea Mays* en el drenaje ácido de mina para la remoción de Plomo y Hierro total del río Hualgayoc, teniendo como metodología el muestreo simple en donde se monitoreo 3 puntos diferentes a lo largo del río y procesos como: adsorción en donde se adquirió 7.300 kg de tuza de maíz y solo se utilizó un 1.350 kg, luego se realizó el

proceso de tamizado, se recolectó en un vaso precipitado de 2 litros se agregó el zuro de maíz y la muestra de agua se llevó a un agitador magnético para la agitación de la muestra a una revolución de 400 rpm y a una temperatura ambiente en diferentes tiempos (4h, 8h y 12h), después de realizar el procedimiento se llevó a filtrar las muestras, se realizó el rotulado de cada muestra y se llevó al Laboratorio Regional del Agua, obteniendo como resultado para el caso de Plomo una concentración inicial de 0.021 mg/l y de concentración final 0.004 mg/l en una proporción de 75 g a los tres tiempos de 4, 8 y 12 horas obteniendo una adsorción de 80.95 % , en caso de Hierro presenta una concentración inicial de 3.737 mg/l y una concentración final es de 0.989 mg/l en una proporción de 25 g a tiempo de 8 horas obteniendo una adsorción de 73.53, llegando a la conclusión que el tiempo de retención de zuro de maíz no influye en el drenaje ácido de mina para la remoción de Plomo y Hierro en el río Hualgayoc-Arascorgue debido a que no presenta efecto alguno en la remoción de Hierro y Plomo. Se trabajó con 3 tiempos diferentes (4h, 8h y 12h) y se demostró que ninguno de estos tiempos es estadísticamente significativo para remover Pb y Fe.

Monroy (2019) realizó la investigación “Remoción de Plomo Pb (II) de soluciones acuosas y aguas residuales de mina, por adsorción, floculación – sedimentación de flujo ascendente batch utilizando chacko (hidralgirita) y cal (cao)”, la investigación tuvo como objetivo determinar la remoción de Plomo Pb (II) de soluciones acuosas y aguas residuales de mina, usando como metodología procesos de adsorción utilizando arcilla Chacko (hidralgirita), seguido por proceso de floculación- sedimentación de flujo ascendente batch con Cal (CaO) artesanal, para el estudio se han tomado muestras de agua residual de mina de un punto ubicado en el Centro Poblado Minero de la Rinconada y se tomaron muestras por el método Muestreo Compuesto por 24 horas para tener un volumen de muestra compuesta de 10 litros para el tratamiento físico - químico de la cal (CaO) , se utilizaron los valores óptimos determinados, de los parámetros de tiempo de agitación, cantidad del adsorbente chacko (Hidralgirita) y pH, el proceso de tratamiento se realizó para un tiempo de 70 minutos de agitación en el reactor de flujo ascendente, a una agitación de 120 rpm en donde se adicionó la dosis óptima del floculante con cal artesanal, para

una floculación y sedimentación; luego transcurrido este tiempo se evaluó la concentración final de Plomo Pb (II) y la turbiedad NTU, en el efluente del agua residual de mina tratada, obteniendo como resultado que cuando se utilizó el adsorbente arcilla chacko (hidralgirita) para la remoción de Plomo Pb (II) de soluciones acuosas; se obtuvo el 83,33 % de adsorción, con capacidad de equilibrio (q) de 0,050 mg/g; utilizando los valores de los parámetros óptimos de cantidad de adsorbente chacko, pH y tiempo de agitación a 120 rpm. Para el tratamiento de agua residual de mina, se empleó 120 litros, obteniéndose una remoción de Plomo Pb (II) de 62,50 % de adsorción, con capacidad de equilibrio de 0,20 mg/g; utilizando los valores determinados de los parámetros óptimos de cantidad de adsorbente chacko, pH y tiempo de agitación a 30 rpm y para el proceso de floculación- sedimentación de flujo ascendente batch con Cal (CaO) artesanal, se utilizó 120 litros de agua residual de mina, obteniéndose una remoción de Plomo Pb (II) de 68,80 % y una eliminación de turbiedad de 89,13 % NTU, con capacidad de equilibrio de adsorción (q) de 0,221 mg/g; utilizando los valores de los parámetros óptimos de cantidad de adsorbente chacko, pH y tiempo de agitación por 70 minutos a 120 rpm, llegando a la conclusión que el tratamiento de aguas residuales de mina, por proceso de adsorción, floculación- sedimentación de flujo ascendente batch, la remoción de Plomo Pb (II), por adsorción utilizando arcilla Chacko (hidralgirita) fue del 68,80 %A y por floculación- sedimentación con cal artesanal el porcentaje de remoción de la turbiedad fue en un 89,13 % NTU.

Berrospi (2019) realizó la investigación “Remoción de metales pesados presentes en las aguas ácidas de la laguna Yanamate mediante la aplicación de la dolomita como agente remediante a escala experimental-2019” en la facultad de Ingeniería de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, la investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de remoción de los metales pesados en las aguas ácidas de la laguna Yanamate mediante la aplicabilidad de la dolomita como agente remediante, teniendo una metodología procesos de remoción en donde se realizaron pruebas de 10 y 25 g de dolomita para 500 ml de aguas ácidas, obteniendo como resultado que cuando se trabajó con 25 g de dolomita la remoción fue más alta

en P-1 el porcentaje de remoción de metales fue de 96.16 % de Plomo, 99.85 % de Hierro, 99.32 % de Cobre y 59.32 % de Zinc, y en el caso de P-2 el porcentaje de remoción de metales fue de 99.68 % de plomo, 99.88 % de Hierro, 99.12 % de Cobre y 66.05 % de Zinc, con 10 g de dolomita en P-1 el porcentaje de remoción de metales fue, 96.16% de Plomo, 95.76 % de Hierro, 96.37 % de cobre y 11.48 % de Zinc y en P-2 el porcentaje de remoción de metales fue 99.59 % de Plomo, 99.15 % de Hierro, 97.15 % de Cobre y 17.99 % de Zinc, llegando a la conclusión que con la dosis de 25 g de dolomita es adecuado para 500 ml de aguas ácidas para cumplir los ECAs - Categoría 4, alcanzando porcentajes de remoción de metales, en P-1, 96.16 % de Plomo, 99.85 % de Hierro, 99.32 % de Cobre y 59.32 % de Zinc, y en el caso de P-2 el porcentaje de remoción fue de 99.68 % de Plomo, 99.88 % de Hierro, 99.12 % de Cobre y 66.05 % de Zinc.

Soriano (2018) realizó la investigación “Evaluación de la eficiencia en neutralización y remoción de metales pesados (Fe, Cu, Pb, Zn) del drenaje ácido de mina con lodos de baja densidad a nivel planta piloto de Cía Minera Huancapeti – 2016”; en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, la investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de neutralización y remoción de metales pesados (Fe, Cu, Pb, Zn) del drenaje ácido de mina mediante la tecnología de lodos de baja densidad a nivel de planta piloto, la metodología utilizada fue la floculación y de sedimentación en donde se realizó la caracterización del drenaje ácido para posteriormente neutralizar tres volúmenes de 10 litros de drenaje ácido de mina mediante la adición de volúmenes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al 2.5 %, 5 % y 10 % (p/v), se añadió el floculante AR-3775 (0.03 %) para mejorar la sedimentación de hidróxidos metálicos, obteniendo como resultado que el sistema de lodos de baja densidad permitió neutralizar el drenaje ácido de mina de un pH inicial de 3.54 a valores de 8.96, 8.8 y 9 empleando concentraciones de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de 2.5 %, 5 % y 10 % respectivamente, asimismo, permitió remover el Cobre, Plomo, Zinc y el Hierro en cantidades de 4.187 mg/l, 6.542 mg/l, 632.355 mg/l y 362.008 mg/l respectivamente, obteniendo eficiencias de remoción del 98.91 %, 98.49 %, 99.95 % y 99.97 % para el Cobre, Plomo, Zinc y Hierro respectivamente. Para el Plomo y

Hierro se requirió una concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del 2.5 %, mientras que para el Zinc y Cobre del 5 %, llegando a la conclusión que el drenaje ácido de mina con lodos de baja densidad resulta eficiente para la remoción de metales antes de su vertimiento a un cuerpo receptor.

Caparachin y Salas (2017) realizaron la investigación “Remoción de Hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio”, la investigación tuvo como objetivo remover el Hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio, teniendo la metodología el muestreo simple y caracterización taxonómica del cactáceo y se procedió a eliminar las espinas y los gloquidios (pelos blancos), para ser pesados, pelados y trozados de tamaño de 1 cm por 1 cm aproximadamente, dichas muestras se colocaron en una estufa para el secado a una temperatura de 60°C por 48 horas obteniendo un material seco para después ser molido hasta conseguir un polvo granulado, procediendo a ser tamizado con una malla número 45, luego se tomaron muestras de tipo compuesta, estas fueron recolectadas en 2 recipientes de 15 litros, dando un aproximado de 30 litros de muestras, después se realizó la Prueba de Jarras donde se pesó 1 g del coagulante y se aforó con agua destilada en una fiola de 100 ml para 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm, y 70 ppm se realizó el proceso de coagulación, floculación y sedimentación con dos tiempos de 2 y 5 min y finalmente se determinó la concentración de Hierro, obteniendo como resultado que en un tiempo de coagulación de 2 min y 5 min con 7 concentraciones de coagulante la mejor remoción fue la muestra 20B en la cual se aplicó 20 ppm de concentración de coagulante en un tiempo de coagulación de 5 min, dando una concentración de Hierro es de 2.464 ppm removiendo en total 91.729 %, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que la cantidad de carbohidratos 87.71 % que contiene este cactáceo, es el que favorece a la coagulación atribuyendo el poder coagulante a los compuestos algínicos derivados del almidón presente en la planta y la concentración y tiempo adecuada de coagulante para remover el Hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el método de Prueba

de Jarras, siendo la concentración de 20 ppm siendo el tiempo de coagulación de 5 min el más adecuado.

Cosme y Zeballos (2017) realizaron la investigación “Influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de Plomo de una solución acuosa”, en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú, la investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de Plomo de una solución acuosa, la metodología utilizada fue la coagulación, floculación y sedimentación utilizando la Prueba de Jarras en donde se prepararon la solución acuosa de Plomo a 5 ppm y los coagulantes utilizados Huaraco (*Opuntia floccosa*) y el Coagulante sintético Policloruro de Aluminio, las concentraciones de los coagulantes fueron de 10; 20; 30; 40 y 50 ppm respectivamente, obteniendo como resultado que el tratamiento 7 es el más eficaz (Policloruro de aluminio, 20 ppm), con una remoción de Plomo de 88,36 %, seguido del tratamiento 3 (*Opuntia floccosa*, 30 ppm), con una remoción de Plomo de 73,41 %; llegando a la conclusión que si existe influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de Plomo.

Jiménez (2017) realizó la investigación “Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno”; en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión, la investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de Cal de la Unidad Minera Arasi – Puno, generado en el pie del Botadero Jessica, teniendo la metodología dividida en cuatro etapas la primera etapa la medición de caudal y la caracterización del agua ácida, la segunda etapa se realizó los ensayos de laboratorio con la neutralización con lechada de cal y análisis de los parámetros físico-químicos e inorgánicos del agua tratada obtenida de los ensayos de laboratorio, la tercera etapa se adecuo el tratamiento con lechada de cal, y por último la cuarta etapa es el análisis de los parámetros físico-químicos e inorgánicos a nivel de campo, obteniendo como resultado un pH de 8.1, C.E de 5.14 mS/cm y O.D de 5.54 mg/l y para la remoción de 99.96 % de Al, 0 % de

As, 99.7 % de Be, 99.8 % de B, 98.9 % de Cd, 99.9 % de Co, 99.9 % de Cu, 99.5 % Cr, 99.98 % de Fe, 83.5 % de Mg, 98.7 % de Mn, 99.9 % de Ni, 0 % de Pb, 0 % de Se, y 99.95 % de Zn, llegando a la conclusión que al neutralizar el drenaje ácido con lechada de cal existe una eficiencia de remoción considerable de los parámetros físico químico e inorgánico.

Barreto (2016) realizó la investigación “Efecto de la dosificación de cal en la remoción de Hierro y cobre del efluente de la empresa Minera San Simón- La Libertad”, la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la dosificación de cal en la remoción de Hierro y cobre del efluente de la empresa Minera San Simón, en la metodología usada fue 27 ensayos a nivel de laboratorio en donde se analizó 27 litros de agua residual con tres diferentes tiempos de 30 min, 60 min y 90 min y 3 diferentes dosificaciones con cal de 40 (g/l) ,80 (g/l) y 120 (g/l) a temperatura ambiente y a una velocidad de agitación de 300 rpm con un tiempo de reposo de 30 min, obteniendo como resultado para el Hierro una concentración inicial de 61.935 ppm y un pH promedio inicial de 3.51 y para cobre una concentración inicial de 0.927 ppm y un pH promedio inicial de 8.97 y después del tratamiento se obtuvo eficiencia de remoción para el parámetro Hierro de 99.970 % en un tiempo de 90 min con una concentración de 120 g de cal/l y para el parámetro cobre se obtuvo una eficiencia remoción de 99.979 % en un tiempo de 90 min con una concentración de 120 g de cal, llegando a la conclusión que a mayor cantidad de cal añadido y tiempo de agitación, mayor es la eficiencia de remoción de Hierro y cobre y que el tiempo de agitación influye considerablemente en la eficiencia de remoción de los metales pesados, de tal manera que a 90 minutos y 120 g/l de cal se obtuvo una remoción promedio de 99.97 % y 99.98 % para el Hierro y Cobre respectivamente.

Huiza y Orellana (2015) realizaron la investigación “Remoción de metales del drenaje ácido de mina mediante lecho pulsado de caliza del pasivo ambiental minero Apu Campanayoc I Huancavelica”, la investigación tuvo como objetivo determinar las condiciones que se requieren para la remoción de metales de los drenajes ácidos de minas aplicando la técnica de lecho pulsado de caliza del Pasivo Ambiental Minero Apu Campanayoc I, usando como metodología la observación directa en donde se

recopilaron datos cuantitativas del fenómeno usando como herramienta una libreta de apuntes y se empleó como material principal los drenajes ácidos del pasivo minero de Apu Campanayoc I, los cuales fueron procesados directamente en un reactor tipo batch fluidizado y los reactivos Carbonato de Calcio natural y CO₂ gaseoso, obteniendo como resultado que los metales aluminio (Al), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Calcio (Ca), Arsénico (As), Plomo (Pb), Manganeseo (Mn) y Litio (Li) alcanzaron una remoción de 85 %, llegando a la conclusión que la dosis de 500 mg/l CaCO₃ (acidez neutralizada y alcalinidad generada) presentó un rendimiento del 85 % para la eliminación metálica del Al y Fe, pero fue menos de 10 % para el Zn y Mn.

2.1.3. A nivel local

Cayllahua y Gonzales (2020) realizaron la investigación “Biosorción de Cobre (Cu) y Plomo (Pb) provenientes de relaves mineros mediante el uso de biomasa microbiana, Mina Buenaventura - Julcani”, la investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de Biosorción (%) de los metales de Cobre (Cu) y Plomo (Pb) mediante el uso de biomasa microbiana, usando como metodología el muestreo y caracterización de la fuente de agua, pre análisis de agua y biomasa microbiana, ensayos de laboratorio y análisis de muestras finales, obteniendo como resultado que la proporción óptima (g) de biomasa microbiana es de 27 g y el tiempo óptimo de contacto (h) de 3 horas, aplicando la proporción óptima de biomasa microbiana y el tiempo óptimo de contacto, la eficiencia de biosorción en un sistema multi-componente proveniente de relaves mineros es de un 95.73 % para cobre (Cu) y 92.37 % para Plomo (Pb), llegando a la conclusión que la eficiencia de biosorción de Cobre (Cu) y Plomo (Pb) provenientes de relaves mineros mediante el uso de biomasa microbiana, Mina Buenaventura – Julcani es mayor al 50 %.

Carrizales y Enriquez (2019) realizaron la investigación “Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de Moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica”, la investigación tuvo como objetivo determinar la dosis y concentración óptima del coagulante de Moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica; usando como metodología la simulación de la mezcla rápida,

coagulación, floculación y sedimentación con el instrumento de la Prueba de Jarras en donde se realizaron 10 muestras de agua para determinar la turbidez en cada una de ellas, para ello se utilizó diversas dosis y concentraciones, obteniendo como resultado que la dosis óptima se encuentra en dos rangos, menores a 50 UNT de 10 mg/l a 50 mg/l; para turbiedades mayores a 50 UNT y menores de 150 UNT de 30 mg/l a 100 mg/l; y la concentración óptima para turbiedades menores a 150 UNT, se encuentran en un rango de 2 % a 3 %, llegando a la conclusión que la dosis óptima de la Moringa oleífera para turbiedades menores a 50 UNT, utilizada en la clarificación de las aguas de la quebrada Taczanapampa se encuentra dentro del rango de 10 a 50 mg/l, teniendo en cuenta la mezcla rápida de 5s a 300 rpm, la floculación fue por 20 min, a 40 rpm.

De la cruz y Montalván (2014) realizaron la investigación “Los drenajes de la mina Pampamali S.A. en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el Distrito de Secclla- Huancavelica”, la investigación tuvo como objetivo determinar la influencia que tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el Distrito Secclla - Huancavelica, teniendo como metodología el muestreo simple donde se tomaron muestras de agua en volumen del caudal los mismos que fueron evaluados de la distribución T el nivel de significancia es 0.05 %, asimismo se ha demostrado que la calidad de aguas del riachuelo Ccochatay, obteniendo como resultado que el pH es conforme en todas las muestras, debido a que cumplen con la NMP (> 6 y < 9); el TDS, TSS, Redox y Conductividad eléctrica, cumplen con los valores de calidad establecidos en la Ley General de Aguas, Clase 111, llegando a la conclusión que los drenajes de la mina Pampamali S.A. no contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla- Huancavelica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Drenaje ácido de mina

El drenaje ácido es originado por la oxidación de minerales sulfurados como la pirita (FeS_2), estos minerales son comunes en el ambiente geológico, pero en general se encuentran en rocas que yacen bajo de la superficie y a menudo por debajo del nivel de la napa subterránea, debido a procesos como la erosión o la actividad tectónica,

estos minerales afloran y son en parte expuestos al contacto con oxígeno y agua, lo que produce que estos minerales se oxiden paulatinamente (Quiroz, 2007).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. El agua

El agua es importante y fundamental para la supervivencia del hombre, animales y vegetales y estos están compuesto de 72 % de agua, así como también para la producción de alimentos, las plantas, animales, industria, construcción, movimiento y mantenimiento de máquinas, entre otros (Prieto, 2009).

“El 71 % de nuestro planeta es agua que corresponde aproximado de 1400 millones de km³, de los cuales sólo el 2.5 % es agua dulce y 97.5 % es agua salada” Ercilio et al.(2005).

2.3.1.1. Ciclo natural del agua

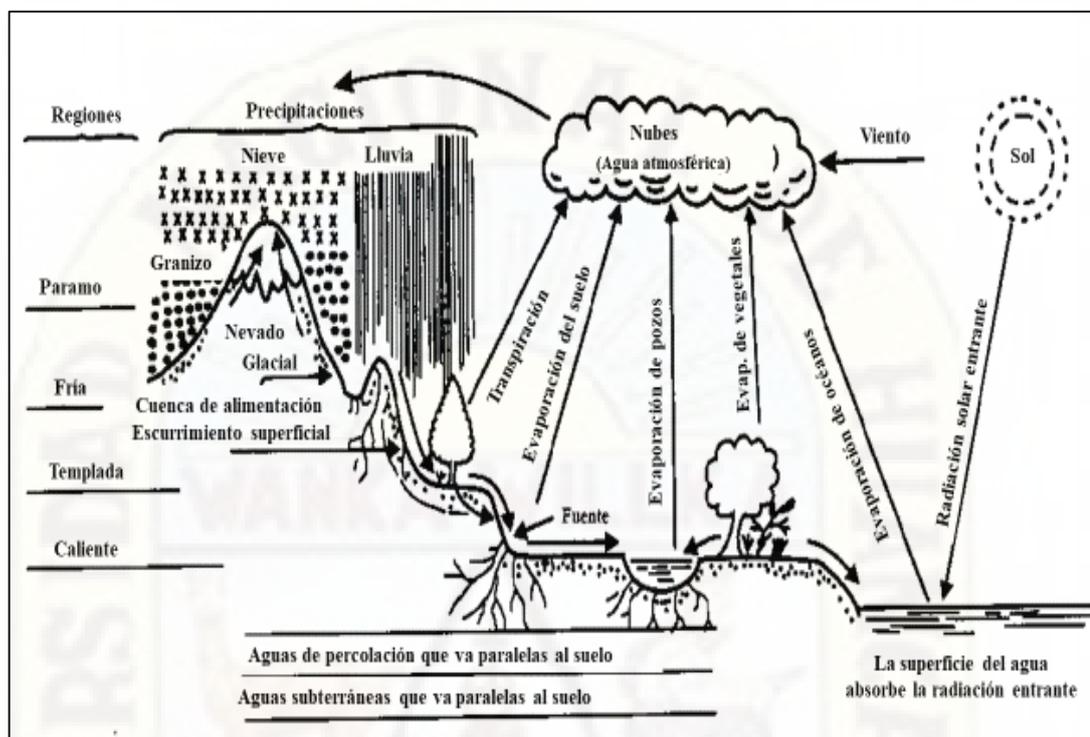
“Según Prieto (2009) el agua se evapora cada día en gran cantidad bajo la acción del calor del sol. Sin embargo, los investigadores: Pierre Perrault y Edmé Mariotté en el siglo 17, constituyen el punto de partida de la hidrología como ciencia” (Auge, 2007).

La ecuación del ciclo hidrológico es:

$$P = Evt + Es + I$$

- ❖ **Precipitación (P).**- Es la caída de agua en estado líquido o sólido siendo un fenómeno discontinuo y sumamente variable en el espacio y en el tiempo (Auge, 2007).
- ❖ **Evapotranspiración (E_{vt}).**- Depende de dos factores esenciales, el grado de humedad del suelo y el tipo y desarrollo vegetal; además también tienen influencia de condiciones meteorológicas (Auge, 2007).
- ❖ **Escorrentía (E_s).** - Es el agua que se escurre superficialmente, subterráneamente y directamente (Auge, 2007).
- ❖ **Infiltración (I).** - Es el proceso por el cual el agua pasa de la superficie al subsuelo.

Figura 1
El ciclo hidrológico.



Nota. La figura muestra el ciclo hidrológico del agua. Fuente: Auge (2007).

2.3.1.2. Agua contaminada

Según Da Ros (1995), “El agua contaminada es la degradación rápida o lenta de su calidad, debido a la alteración de su composición y estos pueden proceder de varias fuentes”

“La contaminación de agua se genera de manera naturales o artificiales, sin embargo, la contaminación antropogénica es la contaminación más peligrosos, que los emitidos por las fuentes naturales” (Dolores, 2011).

La contaminación antropogénica presenta focos principales como: La industria, los vertidos urbanos, la navegación, la agricultura y ganadería.

Tabla 1

Contaminantes físicos químicos y biológicos del agua

| Físicas | Químicas | Biológicas |
|--|---|---|
| Color, olor, conductividad, temperatura, materiales en suspensión, radiactividad, entre otros. | pH, O ₂ disuelto, DBO ₅ , DQO, Nitrógeno total, Fósforo total, Aniones, Cationes, Metales pesados y Compuestos orgánicos. | Bacterias, coliformes, virus, microorganismos animales y plantas. |

Nota. Medio ambiente y contaminación Dolores (2011).

2.3.1.3. *Substancias contaminantes del agua*

- ❖ **Residuos con requerimiento de O₂.**- Son compuestos que se oxidan fácilmente por la acción de bacterias aerobias.
- ❖ **Agentes patógenos.** - Pertenecen a este grupo las bacterias, virus, protozoos, también otros organismos contagiados por estos agentes patógenos.
- ❖ **Nutrientes vegetales inorgánicos.** - Son compuestos químicos que las plantas necesitan para crecer, pero que cuando están en concentraciones elevadas son contaminantes e impiden los usos del agua.
- ❖ **Compuestos orgánicos sintéticos.** - Son contaminantes que permanecen mucho tiempo en el agua, porque al ser productos sintéticos, tienen estructuras moleculares muy complejas como el petróleo.
- ❖ **Sedimentos y materiales suspendidos.** - Son los que contribuyen en mayor medida a la contaminación del agua, son partículas que se encuentran en la superficie del suelo y son arrastrados por la escorrentía.
- ❖ **Sustancias radiactivas.** - Algunos isótopos radiactivos son solubles y pueden estar presentes en el agua.
- ❖ **Contaminación térmica.** - Es el incremento de temperatura en el agua.
- ❖ **Sustancias químicas inorgánicas.** - Está compuesto por los ácidos minerales, las sales inorgánicas y los metales tóxicos (Hg y Pb).

2.3.2. **Drenaje ácido de mina**

Según Herrmann y Zappettini (2014) “El drenaje ácido de minas es considerado uno de los principales riesgos del medio ambiente, además contienen sólidos en suspensión con un alto contenido en sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni)”. “Estos elementos en altas concentraciones son nocivos para la actividad biológica, contaminan los cursos de aguas y pueden llegar a causar daños a las estructuras construidas por el hombre” (Aduvire, 2006).

“Los minerales sulfurados no se encuentran aislados en la naturaleza, y comúnmente se encuentran unidos a otros minerales formando conglomerados” (Quiroz, 2007).

Según Nordstrom y Alpers (1999), “El proceso de oxidación de la pirita como principal responsable de la formación de aguas ácidas”.

“Los drenajes ácidos de antiguas explotaciones de carbón y minería metálica son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo” (Lopez et al., 2002).

2.3.2.1. Categorías de drenajes de mina

Para determinar el tipo de drenaje es necesario hacer un estudio detallado de caracterización de los efluentes de mina para determinar las concentraciones metálicas presentes, también recurrir a la medición in-situ de parámetros como: pH, contenido de oxígeno, conductividad, temperatura, y otros (Aduvire, 2006).

Tabla 2
Clasificación de drenajes

| Clase | pH | Descripción |
|--------------|-------------|--|
| Ácido | < 6 | Las aguas ácidas esta generado por la oxidación de minerales, estos mayormente se dan en mineras metálicas. |
| Alcalino | > 6 o 10 | Es la disolución de minerales básicos asociados a la explotación de los diamantes, molienda de bauxita, cenizas de combustión de carbón. |
| Casi neutro | 6 – 9 o 10 | Los minerales pueden ser ácidos o alcalinos estos dependiendo por la concentración de metales. |
| Otros | irrelevante | La potasa, sales, boratos, gravas, arcillas, etc. pueden afectar la composición de los metales. |

Nota. La tabla 2 muestra la clasificación de los drenajes, así como: la clase (ácido, alcalino, casi neutro y otros) pH (< 6 a 10 e irrelevante) y la descripción de cada uno de ellos. Fuente: Clasificación de drenajes según Morin y Hutt (2000).

2.3.2.2. Problemática de uso de agua en minería

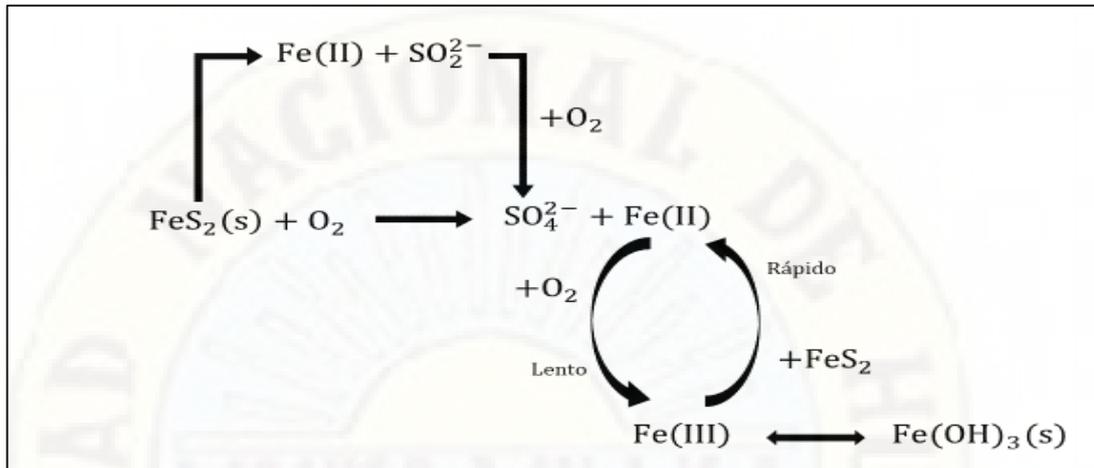
“La minería es una industria que utiliza en mayor cantidad el agua por ende el control y evacuación de este fuera de las áreas de laboreo se da mediante el bombeo y el empleo de sistemas de desagüe” (Aduvire, 2006). Provocando efectos hidrológicos como la calidad del agua, daños ecológicos, entre otros.

2.3.2.3. Mecanismo de formación de aguas ácidas

“La formación de aguas ácidas tiene lugar a partir de la oxidación química de los sulfuros en donde intervienen el oxígeno y el agua, y como elemento catalizador las bacterias” (Aduvire, 2006).

Figura 2

Formación de las aguas ácidas de mina.

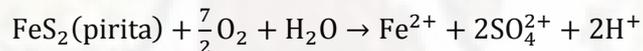


Nota. La figura muestra la formación de las aguas ácidas de mina. Fuente: Aduvire (2006).

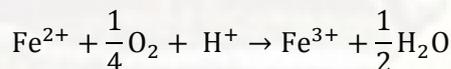
❖ Reacciones relacionadas con la generación ácida del agua

La generación ácida es el resultado de un gran número de reacciones químicas interrelacionadas como:

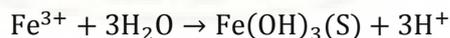
- Al tomar contacto con el oxígeno del aire y el agua de lluvia, se oxida el azufre de la pirita y genera ácido en poca cantidad (Herrmann y Zappettini, 2014).



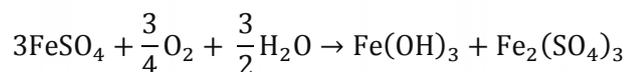
- En esas condiciones, se oxida el Hierro ferroso a Hierro férrico y neutraliza un poco del ácido formado (Herrmann y Zappettini, 2014).



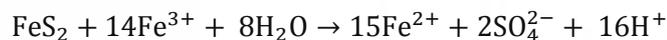
- Se hidroliza el Hierro férrico y vuelve a generarse otro poco de ácido. Se observa limonitas (Herrmann y Zappettini, 2014).



Con los sobrantes de las reacciones pueden formarse más minerales.



- En la etapa más peligroso para el medio ambiente, el Hierro férrico se convierte en un gran oxidante de la pirita y genera gran cantidad de ácido (Herrmann y Zappettini, 2014)



❖ Etapas en la formación de aguas ácidas

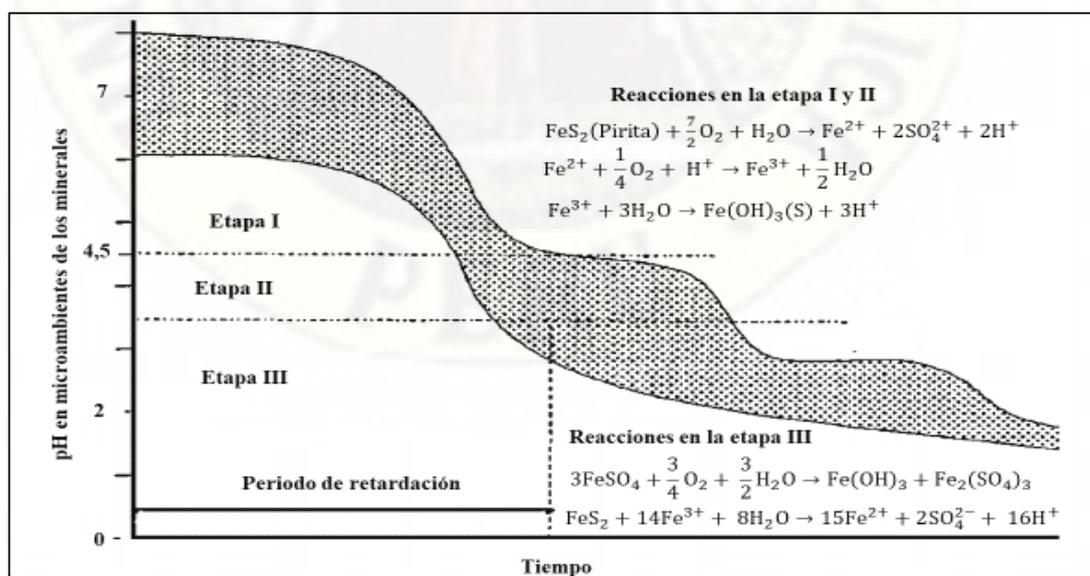
“Los drenajes de minas en operación o abandono generan problemas de contaminación y degradación de los ecosistemas, pudiendo llegar a extinguir la vida acuática” (Aduvire, 2006).

El proceso de formación de aguas ácidas, en su conjunto, también se puede explicar por etapas.

- **Etapa I.-** La oxidación de minerales sulfurosos libera Hierro ferroso que bajo condiciones neutras se oxida químicamente y se transforma a Hierro férrico que precipita como hidróxido y aporta acidez al medio (Aduvire, 2006).
- **Etapa II.-** La acidez acumulada supera la capacidad de neutralización del medio y el pH desciende y predomina la oxidación de la pirita por la acción bacteriana (Aduvire, 2006).
- **Etapa III.-** El Thiobacillus ferrooxidans oxida el ion ferroso a férrico que a su vez oxida a los sulfuros produciendo más ácido en este momento se producen grandes cantidades de ácido (Aduvire, 2006):

Figura 3

Etapas en la formación de aguas ácidas.



Nota. La figura muestra las etapas de la formación de aguas ácidas. Fuente: Aduvire (2006).

❖ **Factores que influyen en el proceso de formación de aguas ácidas en presas y escombreras**

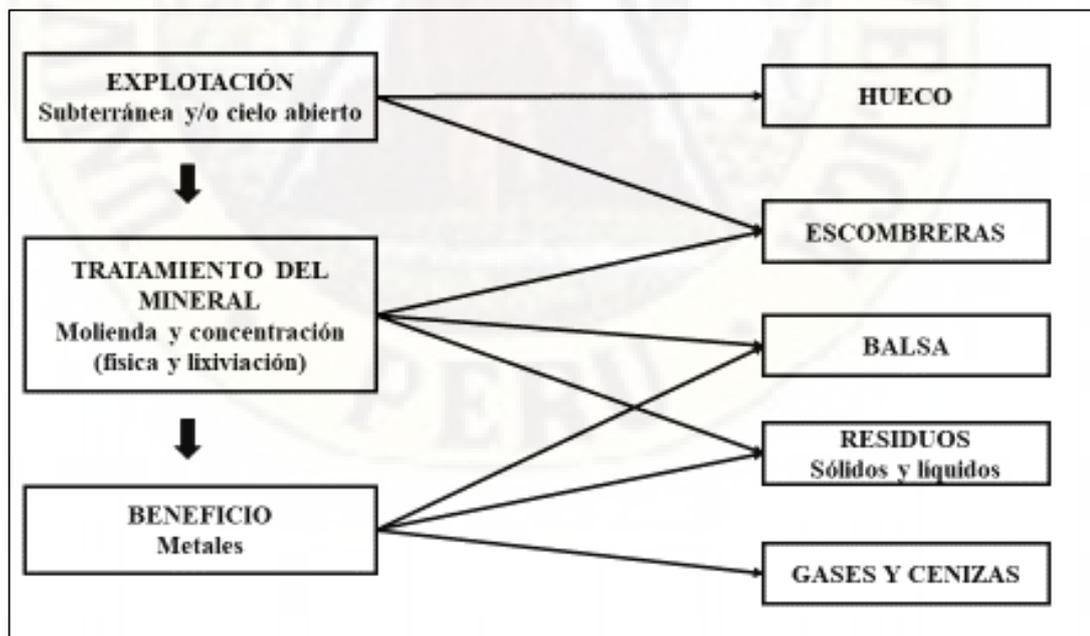
La cantidad y calidad del drenaje ácido depende de las características fisicoquímicas de los materiales que entran en contacto con los flujos de agua, por lo tanto, para que se formen aguas ácidas deben existir ciertas condiciones mínimas, como: presencia de agua, oxígeno y Hierro en cantidad suficiente y presencia de cierto tipo de bacterias, si se dan las condiciones anteriores, el resultado final va a depender, a su vez del pH, temperatura, cantidad y tamaño de los granos del mineral, entre otros (Aduvire, 2006).

2.3.2.4. Caracterización de aguas de mina

“La geoquímica de las aguas ácidas de mina es un fenómeno complejo al haber diversos procesos físicos, químicos y biológicos, la actividad minera genera enormes volúmenes de materiales y residuos que se depositan en presas y escombreras” (Aduvire, 2006).

Figura 4

Fuentes de generación de residuos y drenajes ácidos.



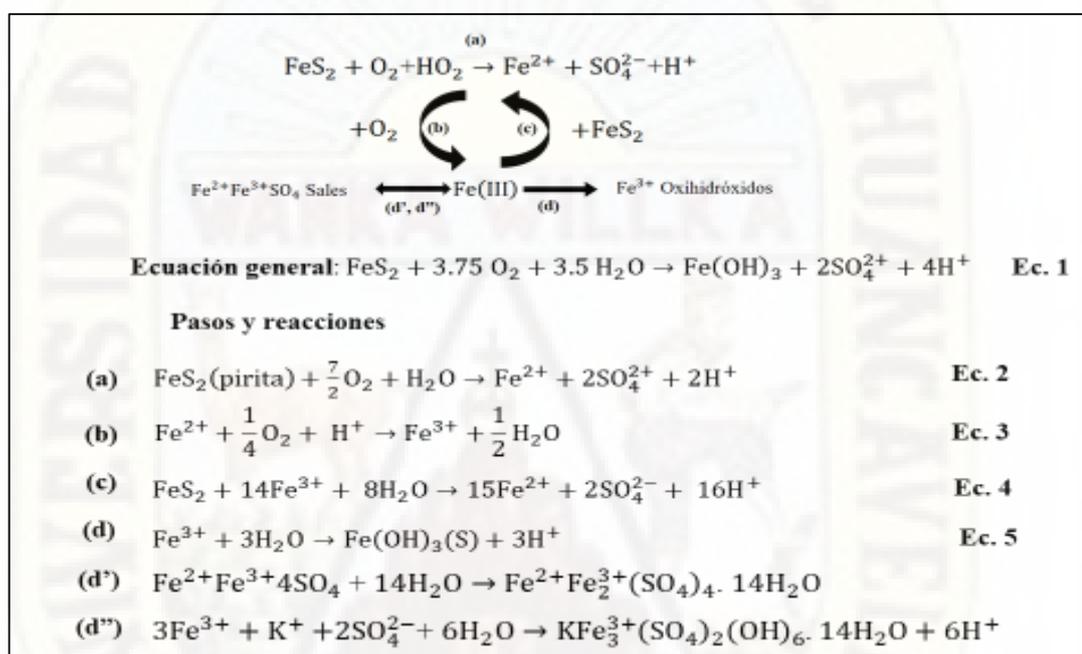
Nota. La figura muestra las fuentes de generación de residuos y drenajes ácidos. Fuente: Aduvire (2006).

❖ Acidez de aguas de mina

Según Aduvire (2006), “Esto depende en gran medida de su ubicación respecto al nivel freático, composición mineralógica, superficie descubierta, factores climáticos y de otros aspectos, que van a producir la alteración y disolución de estos materiales”.

Figura 5

Reacciones que caracterizan la oxidación de un sulfuro en la generación de aguas ácidas.



Nota. La figura muestra las reacciones que genera la oxidación de un sulfuro. Fuente: Aduvire (2006).

2.3.3. Metales pesados

Está conformado por un grupo de 65 elementos, presentan un peso atómico mayor a 20 y una densidad mayor 5 g/cm, se encuentran como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos; algunos metales pesados son requeridos como micronutrientes para las plantas (Beltrán y Gómez, 2015).

“Los metales pesados como el Plomo, Mercurio y Cadmio son considerados más tóxicos, negativos para la salud y el ecosistema” (Volesky, 1994).

2.3.3.1. Hierro

Descripción de Hierro:

Tabla 3

Datos del metal Hierro.

| Descripción | Dato |
|---------------------|-------------------------------|
| Símbolo | Fe |
| N° atómico | 26 |
| Peso atómico | 55.847 gmol |
| Color | Negro lustroso o gris azulado |
| Propiedades físicas | Dúctil, maleable, tenaz |

Nota. Elaboración propia.

El núcleo de la Tierra está compuesto por Hierro y Níquel, y a su vez la corteza está conformada por el 4.7 % de Hierro, los minerales principales de Hierro son la hemetita, Fe_2O_3 y la limonita, $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, el Hierro es utilizado en la producción de aceros estructurales, Hierro fundido y de Hierro forjado (Gunnar, 1998).

❖ Toxicidad de Hierro

El Hierro al estar en concentraciones demasiadas elevadas en el agua, puede originar daños e incluso la muerte, provocando precipitaciones y coloración no deseada (Gunnar, 1998).

❖ Hierro en el agua

La interrelación del agua y el Hierro van en una concentración entre rangos de 0 a 50 mg/l, mientras la Organización Mundial de la Salud recomienda niveles de menor a 0.3 mg/l. A medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver estos minerales y acarrearlos hacia el agua subterránea (Azcona y Ramírez, 2015).

2.3.3.2. Plomo

Descripción de Plomo:

Tabla 4

Datos del metal Plomo.

| Descripción | Dato |
|---------------------|-------------------------|
| Símbolo | Pb |
| N° atómico | 82 |
| Peso atómico | 207.2 gmol |
| Color | Gris oscuro o mate |
| Propiedades físicas | Dúctil, maleable, tenaz |

Nota. Elaboración propia.

Según Ministerio del Medio Ambiente (2006), “EL Plomo es resistente a la corrosión y es maleable por ende forma con facilidad aleaciones con otros metales”. “Este se encuentra en la corteza terrestre en modo de carbonatos y sulfuros, se utiliza para la elaboración de pesticidas y aditivo de combustibles formando complejos estabilidad con nitratos, cianuros y cloruros” (Marin, 2003).

❖ **Toxicidad de Plomo**

“El hombre al estar en exposición al Plomo está expuesto a generar enfermedades graves en el sistema nervioso, cardiovascular y reproductivo” (Azcona y Ramirez, 2015).

❖ **Plomo en el agua**

Según Azcona y Ramirez (2015), “Las industrias mineras usan el agua en gran cantidad, generando residuos que aceleran el grado de contaminación del agua en nuestro planeta”.

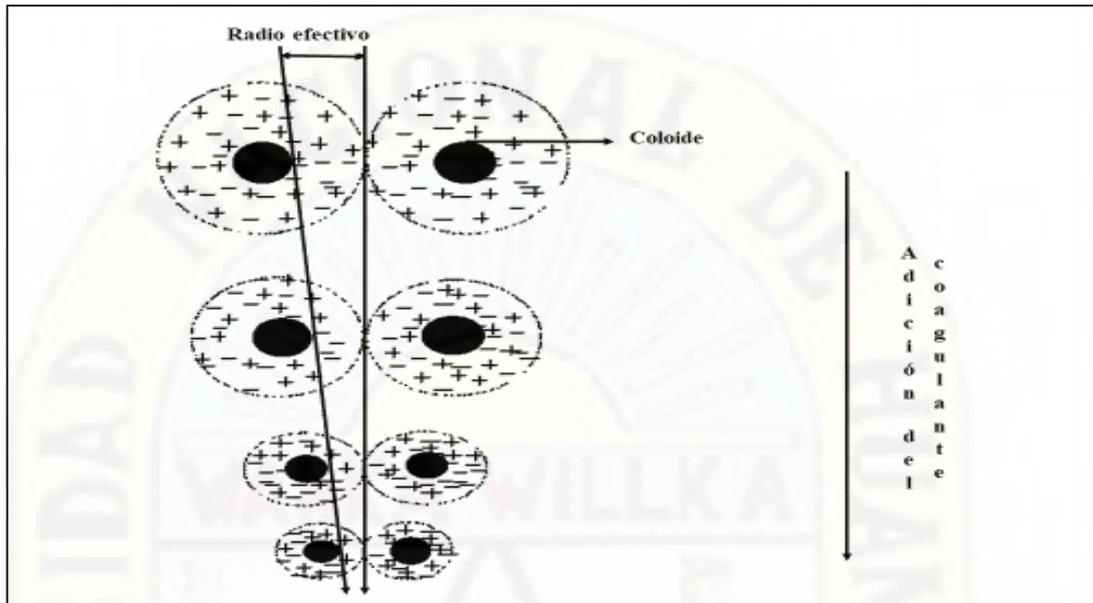
2.3.4. Coagulación y floculación

2.3.4.1. Coagulación

Según Cardenas (2000), “Es un proceso de inestabilidad química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas, generado por la adición de coagulantes químicos y aplicación de la energía de mezclado”.

Según Rivas et al. (2017), “Los coagulantes se usan generalmente en el tratamiento de aguas naturales e industriales para aglomerar los sólidos en suspensión”

Figura 6
Efecto de la coagulación.

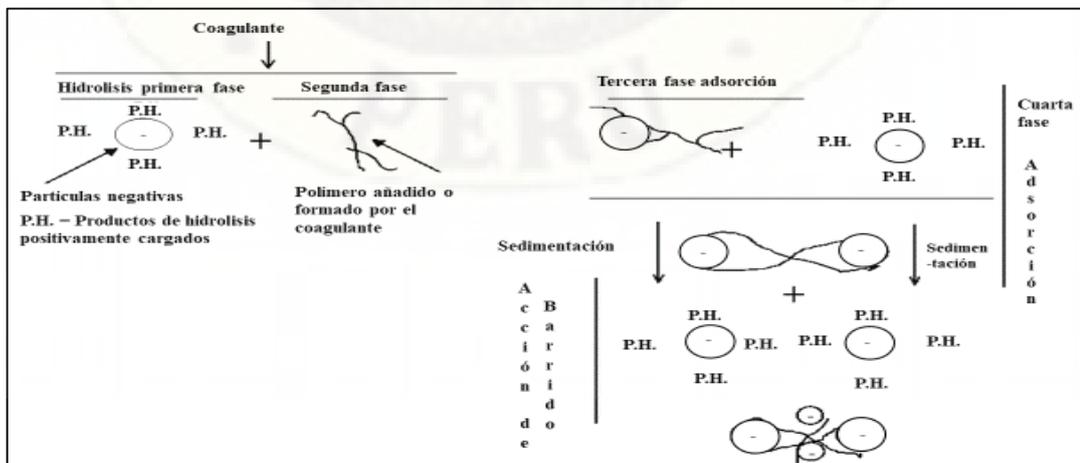


Nota. La figura muestra la neutralizaci6n de cargas, provocado por un coagulante. Fuente: Cardenas (2000).

❖ **Etapas o fases de la coagulaci6n**

El proceso de coagulaci6n se desarrolla por la hidr6lisis de los coagulantes, desestabilizaci6n de las part6culas en suspensi6n, formaci6n de compuestos qu6micos polim6ricos, adsorci6n de cadenas polim6ricas por los coloides, adsorci6n mutua de coloides y acci6n de barrido (Cardenas, 2000).

Figura 7
Fases de la coagulaci6n



Nota. La figura muestra el proceso de coagulaci6n desarrollada en un tiempo muy corto casi instant6neo. Fuente: Cardenas (2000).

❖ Tipos de Coagulación

- **Coagulación por adsorción.** - Es cuando el coagulante presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal y al entrar en contacto con el agua turbia los productos solubles son absorbidos por los coloides formando flóculos (Andia, 2000).
- **Coagulación por barrido.**- Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua presenta baja turbiedad y la cantidad de partículas coloides son pequeñas, en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado (Andia, 2000).

❖ Coagulante

Según Hernandez (2001), “Son de origen orgánico o sintético que al entrar en contacto con el agua suministran cargas de signo contrario para neutralizar las cargas eléctricas de las partículas coloidales presentes”.

- **Característica del coagulante.**

Según Hernandez (2001), “La carga opuesta al coloide, presenta una carga de valencia alta con el fin de garantizar la ruptura de la estabilidad coloidal también tiene un gran peso con el fin de que los flóculos formados puedan separarse inmediatamente, por precipitación”

- **Coagulantes naturales.**

“Está integrado por una variedad de polisacáridos y proteínas y al ser de origen natural son biodegradables siendo una buena alternativa para el medio ambiente y la economía” (Nieto y Orellana, 2011).

2.3.4.2. *Floculación*

“Consiste en la agitación de la masa coagulada que ayuda al crecimiento y aglomeración de los flóculos con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesario para que estos se sedimenten” (Rivas, Menés, y Romulo, 2017).

❖ Tipos de Floculación

- **Floculación Pericínética.**- Está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano (Andia, 2000).

- **Floculación Ortocinética.-** Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, para que se realice la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos (Andia, 2000).

❖ **Floculantes**

Los floculantes son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados en donde las moléculas orgánicas son solubles en agua y forman bloques denominados monómeros, estos floculantes pueden ser de naturaleza: mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis (Andia, 2000).

- **Floculantes minerales.** – En este grupo se encuentra la sílice activada, que es el primer floculante empleado, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución (Andia, 2000).
- **Floculantes orgánicos naturales.-** Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales (Andia, 2000).
- **Floculantes orgánicos de síntesis.-** Son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10⁶ a 10⁷ gr. /mol (Andia, 2000).

2.3.5. Prueba de Jarras

“Es un método de simulación en donde se realiza los procesos de coagulación y floculación a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, esta prueba se realiza con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floc de las mejores características” (Fuquene y Viviana, 2018).

Según Restrepo (2009), “La Prueba de Jarras se utilizan variaciones en la dosis del coagulante y/o floculante en cada jarra, permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica en donde se simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH”.

❖ **Sistema de agitación**

Una de las variables más importantes en la Prueba de Jarras es la intensidad de agitación expresada como gradiente de movimiento del agua. Se utilizan paletas o

rodetes, accionados en forma mecánica o magnética, y puede utilizarse una o más paletas (Pacheco y Zapana, 2018).

❖ **Iluminación**

Para poder observar el flóculo formado en los vasos, es conveniente, aunque no esencial, una buena iluminación. Idealmente, los vasos deben estar provistos con una base blanca y una iluminación en ángulo recto a la dirección del observador; por ejemplo, arriba o debajo de los vasos (Pacheco y Zapana, 2018).

❖ **Principio eléctrico**

“El equipo está diseñado para operar con corriente nominal de 100-240 voltios, 50/60 Hz CA” (Pacheco y Zapana, 2018).

- **Instrucciones de montaje**

Ubicar el equipo en una superficie nivelada y estable, con acceso a energía eléctrica.

- **Agitación de paletas**

Se debe asegurar de que el eje de paleta esté montado en el collar de apretón de la pulsación.

- **Iluminador floc**

El equipo de Prueba de Jarras está equipado con una base de luz Floc iluminador. La base de luz se puede usar para iluminar muestras de vaso de precipitación durante la agitación del agitador o durante un período de descanso.

❖ **Dosis óptima**

La dosis óptima de coagulante se dispone en la Prueba de Jarras, es importante porque pequeñas cantidades de coagulante impiden la neutralización total de la carga del coloide beneficiando a que se genere menor cantidad de flóculos; mientras que dosis muy altas de coagulante invierten la carga de las partículas coloidales haciendo que se formen gran cantidad de flóculos que se tardan demasiado en sedimentar (Fuquene y Viviana, 2018).

2.3.6. *Opuntia floccosa* (Huaracco) como coagulante

2.3.6.1. *Opuntia floccosa*

Este cactáceo se encuentra en regiones alto andinas del Perú, por encima de los 4000 m.s.n.m., presentan formaciones con segmentos de 25 a 40 cm de alto y 8 cm de diámetro formando colonias compactas, de segmentos cilíndricos cortos, tuberculados, gloquidios muy largos, como pelos entrelazados, blancos (Ostolaza, 2011).

❖ Partes de la *Opuntia floccosa*

- **Tallo o tejido vascular**

Es el encargado de transportar y distribuir el agua y el alimento a todas las partes del cactáceo proveniente de la raíz. Es una de las partes más importantes, pues de su salud dependerá que la planta se mantenga con vida (Cardinal Sur, 2013).

- **Cuello**

Es el límite entre la parte aérea y subterránea, esta zona se encuentra cubierta con rocas para que el agua escurra sin mayores problemas.

- **Raíces**

Tienen una función clave para la supervivencia: absorber agua y sus nutrientes para que desde el tejido vascular pueda ser transportado a toda la planta.

- **Aerolas**

De ellas surgen las espinas y las flores del cactus. Tienen forma de pequeña almohadilla, en cada una de ellas hay dos tipos de espinas: las radiales que son pequeñas y numerosas, y las centrales, que suelen aparecer en número de 1 a 3 y son más largas.

- **Espinas**

Se tratan de ramas modificadas; de hecho, el término correcto es *espinas foliar* (foliar significa relativo a las hojas). Éstas tienen diferentes funciones como el proteger del sol y de los depredadores herbívoros, dirigir el agua hacia el cuerpo del cactus y evitar la evaporación del agua. Hay algunas especies que no tienen o presentan muy pequeñas y otras muy largas, dependiendo de la evolución que haya tenido.

- **Gloquidios**

Los gloquidios se forman en mechones, a menudo alrededor de la columna principal, son de hoja caduca y tienen púas que tiran hacia atrás que resisten la eliminación. Son tan finos y diminutos que es casi imposible quitarlos. Apenas puedes verlos, pero seguro que puedes sentir gloquidios en la piel estos se forman para ayudar a conservar la humedad.

- **Corona**

Es la parte más alta del cactus, se conecta directamente con el tejido vascular, de modo que es la encargada del crecimiento del mismo.

- **Flores**

Son solitarias y hermafroditas esto dependiendo del cactáceo pueden ser pequeñas o por el contrario grandes de 2,5 a 3 cm presentan colores de amarillo-naranja. En hábitat, son polinizadas principalmente por insectos y, también, por los murciélagos.

- **Frutos y Semillas**

Los frutos son globoso, umbilicado, por lo general, muy pequeños, de nomás de 1cm. En su interior se encuentran las semillas, muy pequeñas - de menos de 0.5cm - pero numerosas. Estas son las encargadas de dar paso a una nueva generación de cactus, cubiertas de arilo funicular de 4 mm.

Figura 8

Planta Opuntia floccosa.



Nota. La figura muestra al cactáceo *Opuntia floccosa*, también conocido con el nombre común huaracco o huarango pertenece a la familia de cactus, género *Opuntia*, especie *floccosa* que se encuentra en los desiertos andinos. Fuente: Ostolaza (2014).

❖ Análisis fisicoquímico

Tabla 5
Análisis Fisicoquímico del cactáceo Opuntia floccosa

| Análisis | Resultados (%) |
|---------------|----------------|
| Humedad | 7.37 |
| Fibra | 0.22 |
| Proteína | 0.17 |
| Ceniza | 3.6 |
| Grasa | 0.93 |
| Carbohidratos | 87.71 |

Nota. La tabla 5 muestra el análisis fisicoquímico del cactáceo *Opuntia floccosa*, así como la humedad en %, fibra en %, proteína en %, ceniza en %, grasa en % y carbohidratos en %. Datos de los análisis fisicoquímicos del cactáceo *Opuntia floccosa* según Caparachin y Salas (2017).

❖ Beneficios a la salud

El *Opuntia floccosa* o huaracco tiene propiedades contra la inflamación de próstata, que mayormente sufre los varones, además previene la anemia que es una enfermedad que siempre está acompañado por el factor psicológico, es un antioxidante y antibiótico, tiene elementos que previene o mata las bacterias que intentan invadir a los organismos, también tiene alta dosis de potasio, éste es un bioelemento importante porque las neuronas solo funcionan por la presencia de este bioelemento en los procesos de sinapsis, además el potasio es un regulador y equilibrador de las contracciones del corazón regula el sistema circulatorio, urinario en los niveles alveolares en las filtraciones del agua. Por ser antibiótico puede prevenir diferentes enfermedades infecciosas como sífilis, gonorrea, el tétano, escarlatina, tuberculosis (Ayala, 2011).

❖ Beneficios al medio ambiente

Este cactáceo ayuda a la coagulación debido a que presenta compuestos algínicos derivados del almidón presente en la planta, grupos funcionales alquenos, anillos aromáticos aminas, amidas, alcoholes, fenoles unidos por puentes de hidrogeno entre otros, que indican que el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* es un polielectrolito natural (Caparachin y Salas, 2017).

❖ **Taxonomía**

- Reino: *Plantae*
- Sub-reino: *Tracheobionta*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Subclase: *Caryophyllidae*
- Orden: *Caryophyllales*
- Familia: *Cactaceae*
- Subfamilia: *Opuntioideae*
- Tribu: *Austrocylindropuntieae*
- Género: *Austrocylindropuntia*
- Especie: *Opuntia floccosa* (Salm-Dyck) F.Ritter

(Walter, 2021)

2.3.7. Minería en Huancavelica

2.3.7.1. La historia de la minería en Huancavelica – Minera Julcani.

Antes de la llegada de los españoles ya se conocía la riqueza de Huancavelica en cuanto a plata y mercurio. La ciudad de Huancavelica fue fundada en el siglo XVI gracias a los grandes niveles de mercurio (azogue) que se explotaban en la mina Santa Bárbara. El mineral era utilizado para tratar la plata extraída del yacimiento de Potosí (hoy Bolivia) y otros como de Castrovirreyna (Roque, 2018).

La Minera Julcani se viene desarrollando con intermitencias repetidas por abandono y reapertura, los trabajos continuos datan del año 1907, con la formación de la “Sociedad Angaraes” que luego continuó con una explotación a escala mayor con las empresas; “Sociedad Minera Suizo - Peruana en los años 1936 - 1945, Cerro de Pasco Corporación en los años 1945 - 1951 y finalmente la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. desde 1953 a la fecha (Geostudios Ambientales, 2017).

La mina Julcani, propiedad de Compañía de Minas Buenaventura S.A., se localiza en el distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, región Huancavelica, a una altura promedio de 4200 m.s.n.m., en la cabecera de varias micro cuencas (las más importantes son Churampi - Ucañán, Palcas, Pongoshuayjo), afluentes del río Opamayo - Lircay. Consta de tres sectores: Julcani, Herminia y Mimosa. El depósito

minero es polimetálico, es decir contiene diferentes tipos de minerales: Plata, Oro, Plomo, Cobre, Bismuto, entre otros. Los escombros y relaves producidos durante más de medio siglo de explotación minera han sido depositados en decenas de escombreras y 9 canchas de relaves (Ercilio et al., 2005).

2.3.7.2. Impacto ambiental de la Minera Julcani.

En el libro “Desafíos del derecho Humano al agua en el Perú” Ercilio et al. (2005) mencionan que las aguas ácidas producidas por las actividades de explotación y extracción minera, y las que resultan del Drenaje Ácido de Mina, son tratadas en la planta de tratamiento ubicada en Acchilla, y hasta hace poco en la planta de Gandolini (ahora cerrada) en la quebrada Palcas. Las aguas provenientes de las instalaciones mineras en el sector Julcani, bajan por la quebrada Palcas y pasan por 4 pozas de sedimentación a orillas del río Opamayo en el Fundo Palcas, antes de ser descargadas al mismo río. La única cancha de relaves que sigue en operación es la N° 9, ubicada en Acchilla.

2.3.7.3. Que explota

Según Geostudios Ambientales (2017), “El mineral de la Minera Julcani es de Plomo-Plata y de Cobre-Plata, en algunas áreas de la mina tenemos mineral de oro-wolframio”.

2.3.7.4. Ubicación

La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Santiago Apóstol de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica a una altitud promedio de 4200 m.s.n.m.

2.4. Definición de términos

- ❖ **Coagulantes naturales.** - Están compuestos principalmente en polímeros de origen natural extraídos de plantas. Entre estos encontramos polisacáridos y sustancias solubles en agua que actúan como agentes de coagulación y/o floculación.
- ❖ **Coagulante *Opuntia floccosa*.** - Sustancia que tiene la capacidad de crear una atracción a las partículas en suspensión del agua.
- ❖ **Coagulación.** - Proceso de desestabilización química de las partículas coloidales.

- ❖ **Drenaje ácido.** - Es un proceso natural o artificial en donde los sulfatos por interacción con el ambiente generan el ácido sulfúrico.
- ❖ **Dosis óptima del coagulante.** - Es aquella que maximiza la remoción, de diversos parámetros como físicos y químicos.
- ❖ **Eficiencia de remoción.** - Se define como el porcentaje de disminución de la turbiedad al final de los ensayos realizados.
- ❖ **Floculación.** - Es un proceso químico donde se adhieren las sustancias coloidales presentes en el agua.
- ❖ **Partículas en suspensión.** - Es el contenido total de la materia sólida presentes en el agua, pueden ser sólidos sedimentables y sólidos no sedimentables.
- ❖ **Prueba de Jarras.** - Es ensayo para determinar las condiciones de operación óptimas generalmente en el tratamiento de aguas.
- ❖ **Solubilidad.** - Cantidad máxima de sustancia que se disuelve en una determinada cantidad de disolvente.
- ❖ **Tratamiento de agua.** - Es la eliminación o reducción de los contaminantes presentes en agua.
- ❖ **Turbiedad.** - Es la medida del grado de transparencia que pierde el agua.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza a más de un 70 % la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

2.5.2. Hipótesis específicas

- ❖ Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani.
- ❖ Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.
- ❖ Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*.
- ❖ Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*.

2.6. Identificación de variables

2.6.1. Variables independientes

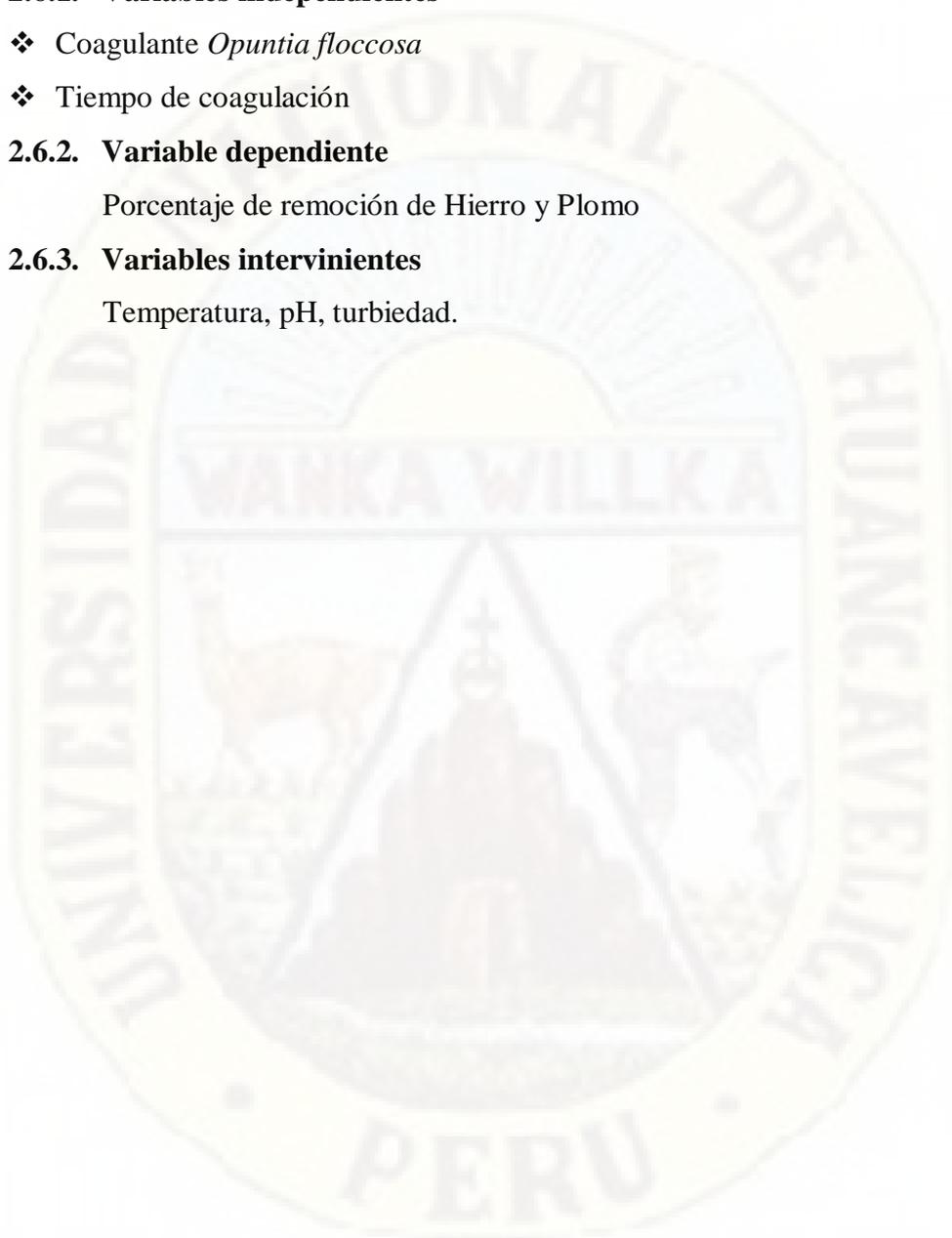
- ❖ Coagulante *Opuntia floccosa*
- ❖ Tiempo de coagulación

2.6.2. Variable dependiente

Porcentaje de remoción de Hierro y Plomo

2.6.3. Variables intervinientes

Temperatura, pH, turbiedad.



2.7. Operacionalización de variables

Tabla 6

Operacionalización de las variables dependientes e independientes.

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN | UNIDAD | INSTRUMENTO |
|--|--|--|--|------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------|
| Variable dependiente: % de remoción de Hierro y Plomo | Es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. | Para obtener la remoción óptima necesitamos tener en cuenta el tiempo de floculación y la concentración del coagulante, la cual se determinará utilizando el Prueba de Jarras. | % de remoción de Fe | Concentración de Hierro (Fe) | intervalo de razón | mg Fe/l | Metalysers deluxe HM 2000 |
| | | La concentración de coagulante natural será diferente en cada prueba (intensidad de mezcla) de acuerdo a la cantidad de insumo de coagulante. | % de remoción del Pb | Concentración de Plomo (Pb) | intervalo de razón | mg Pb/l | Metalysers deluxe HM 2000 |
| Variable independiente: Coagulante (<i>Opuntia floccosa</i>) | Se llama coagulante al insumo utilizado para el proceso de coagulación-floculación del agua ácida de la Minera Julcani. | La concentración de coagulante natural será diferente en cada prueba (intensidad de mezcla) de acuerdo a la cantidad de insumo de coagulante. | Concentración del Coagulante (<i>Opuntia floccosa</i>) | 10 20 30 50 70 | intervalo de razón intervalo de razón intervalo de razón intervalo de razón intervalo de razón | ppm ppm ppm ppm ppm | Balanza analítica |
| Variable independiente2: Tiempo de coagulación | El tiempo es una magnitud física con la que se pueden medir periodos. | Período determinado durante el que se realiza la coagulación | Tiempo | 2 5 8 | intervalo de razón intervalo de razón intervalo de razón | min min min | Prueba de Jarras |

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La investigación se desarrolló en los años 2019 (octubre a diciembre), 2020 (noviembre - diciembre) y 2021 (enero a julio), específicamente en estos meses se ejecutó el proyecto de acuerdo al cronograma.

3.1.2. Ámbito espacial

Para la investigación se requirió muestras de agua ácida para el análisis respectivo y su tratamiento, estas fueron recolectadas de la Minera Julcani en la ubicación que se detalla en la tabla 7 y figura 9.

Tabla 7

Ubicación de la Unidad de Producción Julcani – Compañía Minera Buenaventura.

| Descripción | Datos |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Departamento | Huancavelica |
| Provincia | Angaraes |
| Distrito | Ccochaccasa |
| Coordenadas (UTM WGS84) | 521211.2 E 8569214.9 N |
| Altitud | 4200 m.s.n.m. |
| Referencia | Ubicado a 64 km al SE de Huancavelica |

Nota. Elaboración propia.

Figura 9
 Plano de ubicación de la Minera Julcani.



Nota. La figura muestra el plano de ubicación de la Minera Julcani. Fuente: Elaboración propia con base de datos de Google Earth.

3.2. Tipo de investigación

Según Vargas (2009), “La investigación aplicada o práctica se caracteriza por la forma en que analiza la realidad social y aplica sus descubrimientos en la mejora de estrategias y actuaciones concretas, en el desarrollo y mejoramiento de una investigación”.

Esta investigación es de tipo aplicada, debido a que busca resolver el problema con respecto a la influencia que tiene el tiempo de coagulación y la concentración del *Opuntia floccosa* como coagulante en la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

3.3. Nivel de investigación

Según Gonzales et al. (2014), “El nivel explicativo se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto”.

Este proyecto de investigación es de nivel explicativo donde las variables independientes o causas es el coagulante *Opuntia floccosa* y el tiempo de coagulación, mientras que la variable dependiente o efecto viene a ser el porcentaje de remoción de Hierro y Plomo.

3.4. Método de investigación

Según Oseda (2010), “El método científico utiliza los procesos lógicos de la inducción y la deducción con la finalidad de comprobar y demostrar los fenómenos, hechos o principios en forma natural o artificial”.

Este proyecto de investigación está orientado al método científico, porque se presentarán nuevos conocimientos de manera ordenada, comprobada y sistematizada, respecto a la variable independiente sobre la variable dependiente.

3.5. Diseño de investigación

Según Gonzales et al. (2014), “Expone que los diseños experimentales verdaderos o puros son donde se manipula una o más variables independientes y se mide el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente”.

Por ende, la investigación tiene un diseño experimental ya que se manipularán a las variables independientes en cuanto a diferentes concentraciones y diferentes tiempos.

3.6. Población, muestra, muestreo

3.6.1. Población

“Una población es el universo o la totalidad de entes que presentan una o más características observables de naturaleza cualitativa o cuantitativa” (Córdova, 2009).

La población a ser estudiada es el caudal del agua ácida que proviene de la bocamina San Lorenzo la Minera Julcani el cual es de $9.46 \text{ m}^3/\text{día}$ en donde la presa 1-2 tienen una capacidad de 60000 m^3 .

Figura 10

Plano de ubicación de la presa 1-2 de la Minera Julcani para el muestreo de agua.



Nota. La figura muestra el plano de ubicación de la presa 1-2 de la Minera Julcani. Fuente: Elaboración propia con base de datos de Google Earth.

3.6.2. Muestra

Según (López, 2004). “La muestra es una parte representativa de un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación”.

La muestra es de tipo no probabilística y estará conformada por 80 litros de agua ácida, extraídas de manera aleatoria de la presa 1-2 que tiene una capacidad de 60000 m³.

3.6.3. Muestreo

El método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población, consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios mediante los cuales se selecciona un conjunto de elementos que representan lo que sucede en una población (López, 2004). “Esta se clasifica en probabilística y no probabilística” (Castro, 2003).

Por lo tanto, esta investigación tiene la técnica de muestreo no probabilístico donde se selecciona las muestras en base a un conocimiento y juicio profesional.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Según Hernández (2019), “La recolección de los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos”.

3.7.1.1. Obtención del coagulante

❖ Identificación del área para el muestreo del cactáceo *Opuntia floccosa*

El área de estudio de la *Opuntia floccosa* se encuentra ubicado en coordenadas de 508375.91 E 8570880.49 N zona 18-Sur a una altitud de 4509 m.s.n.m. en el distrito de Huancavelica.

❖ Sectorización del área del cactáceo *Opuntia floccosa*

La sectorización se realizó en un perímetro de 433 metros y área de 9276 metros cuadrados.

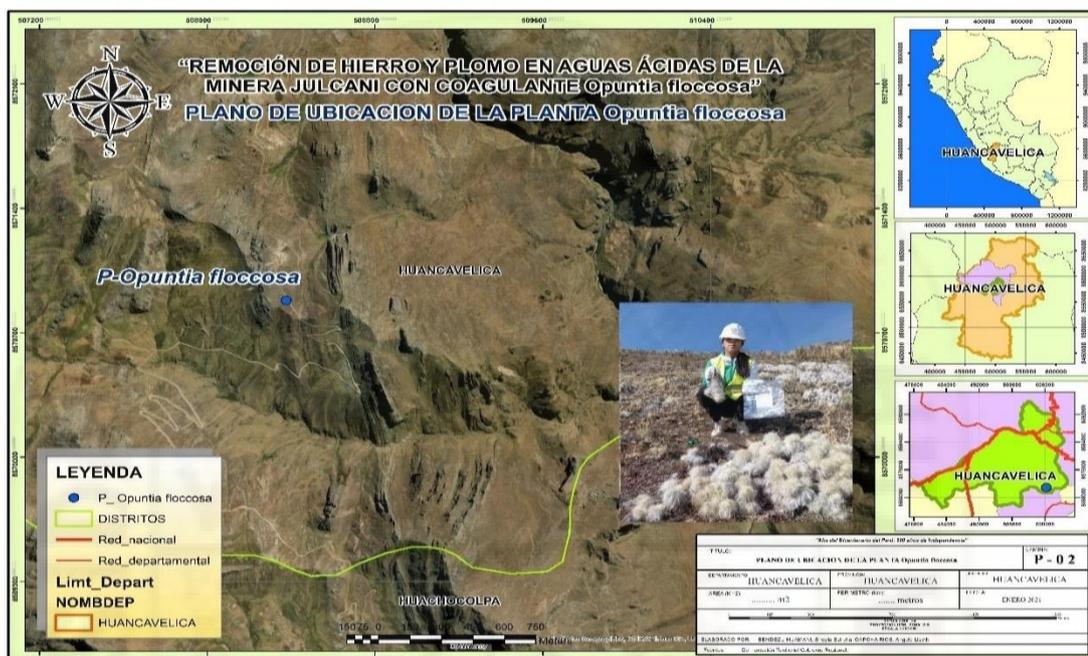
Tabla 8

*Ubicación política y geográfica del lugar del muestreo del cactáceo *Opuntia floccosa*.*

| Descripción | Datos |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Departamento | Huancavelica |
| Provincia | Huancavelica |
| Distrito | Huancavelica |
| Coordenadas (UTM WGS84) | 508375.91 E 8570880.49 N |
| Altitud | 4509 m.s.n.m. |
| Referencia | Ubicado a 20 km al SE de Huancavelica |

Nota. Elaboración propia.

Figura 11
*Plano de ubicación del cactáceo *Opuntia floccosa*.*



Nota. La figura muestra el plano de ubicación del cactáceo *Opuntia Floccosa*. Fuente: Elaboración propia con base de datos del Google Earth.

❖ **Descripción de muestreo del cactáceo *Opuntia floccosa*.**

Muestreo aleatorio simple es el esquema de muestreo más sencillo de todos y se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información consiste en que se debe cuadrangular el croquis o mapa y del total de estos cuadros, se debe seleccionar, aleatoriamente, un determinado número de cuadros que serán muestreados (Mostacedo, 2000).

Se escogió 10 puntos aleatoriamente del terreno sectorizado para realizar la muestra.

Figura 12

Muestreo aleatorio del cactáceo *Opuntia floccosa*



Nota. La figura muestra los puntos en donde se realizó el muestreo del cactáceo *Opuntia floccosa*. Fuente: Elaboración propia con base de datos del Google Earth.

❖ Toma de Muestra del cactáceo *Opuntia floccosa*

- Materiales
 - Cinta métrica
 - GPS
 - Etiquetas
 - Dinamómetro (romana)
 - Pico y lampa
 - Guantes de cuero
 - Cuchillos
 - Bolsa cierre Zip
 - Bolsa plástica
 - Hilo pabilo
 - Cinta de embalaje

Con ayuda de los materiales mencionados se realizó la muestra del cactáceo *Opuntia floccosa* utilizando la técnica de muestreo aleatorio simple para después ser depositados en la bolsa cierre Zip.

❖ **Etiquetado del cactáceo *Opuntia floccosa***

Se desarrolló el etiquetado de las muestras tomadas para el traslado al laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Universidad Nacional de Huancavelica para la preparación del coagulante y se envió al laboratorio de control de calidad de la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú para realizar el análisis Físicoquímico del cactáceo.

Figura 13

*Etiqueta para realizar las muestras del cactáceo *Opuntia floccosa**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
"Año de la Universalización de la Salud"

PROYECTO DE TESIS:
"REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*"

RESPONSABLES:
• BENDEZU HUAMANI, Sheyla Estrella CAPCHA RIOS, Ángela Liseth

N° DE MUESTRA: _____

FECHA: _____ **HORA:** _____

UTM:

X: _____ **Y:** _____ **Altitud:** _____

Tamaño: _____ **Altura:** _____ **Diámetro:** _____

Nota. La figura muestra la etiqueta para las muestras del cactáceo *Opuntia floccosa*. Fuente: Elaboración propia.

❖ **Balance de masa en la extracción del coagulante**

Para la obtención del coagulante se utilizó 160 muestras en donde el peso inicial total fue de 13564.077 g, donde los pesos de los cactáceos se encontraban dentro de 19.068 g como peso menor y 199.136 g como peso máximo, teniendo un promedio

de 84.7754813 g el peso de los cactáceos, las alturas promedias de los cactáceos estaban entre 4 a 18 cm, los diámetros de los cactáceos se presentaban de 1.2 a 8 cm, se tomó datos de altura y diámetro después que fueran retirados sus espinas.

Tabla 9

Datos comparativos del peso inicial y peso final realizados a las muestras para la obtención del coagulante.

| N° | Peso | Peso después del pelado del cactáceo |
|----------------------|------------|--------------------------------------|
| Dato mínimo | 19.068 | 14.872 |
| Dato máximo | 199.136 | 176.802 |
| Dato promedio | 84.7754813 | 69.959875 |

Nota. En la tabla 9 muestra el resumen del procedimiento que se realizó para la obtención del coagulante respecto al peso donde se utilizó 160 muestras, la tabla completa se anexa en el apéndice N°2. Elaboración propia.

Tabla 10

Datos comparativos de la altura inicial y altura final realizados a las muestras para la obtención del coagulante.

| N° | Altura | Altura después del pelado del cactáceo |
|----------------------|---------|--|
| Dato mínimo | 4 | 3.5 |
| Dato máximo | 18 | 17.5 |
| Dato promedio | 9.13875 | 8.568125 |

Nota. En la tabla 10 muestra el resumen del procedimiento que se realizó para la obtención del coagulante respecto a la altura donde se utilizó 160 muestras, la tabla completa se anexa en el apéndice N°2. Elaboración propia.

Tabla 11

Datos comparativos del diámetro inicial y diámetro final realizados a las muestras para la obtención del coagulante.

| N° | Diámetro | Diámetro después del pelado |
|----------------------|----------|-----------------------------|
| Dato mínimo | 1.2 | 1.2 |
| Dato máximo | 8 | 5.5 |
| Dato promedio | 4.08125 | 3.5825 |

Nota. En la tabla 11 muestra el resumen del procedimiento que se realizó para la obtención del coagulante respecto al diámetro donde se utilizó 160 muestras, la tabla completa se anexa en el apéndice N°2. Elaboración propia.

Tabla 12

Resumen de pesos por procedimiento realizado en la extracción del coagulante.

| Resumen | Peso gramos |
|-------------------------------|-------------|
| P-con espina y gloquidios | 13564.077 |
| P-sin espina y sin gloquidios | 11193.58 |
| Peso pelado | 6559.670804 |
| Peso seco | 560.825 |

Nota. En la tabla 12 muestra el resumen de resumen de los pesos por procedimiento realizado como peso con espina y gloquidios, peso sin espina y sin gloquidios, peso pelado y peso seco. Elaboración propia.

Tabla 13

Peso de las muestras tamizadas para la obtención del coagulante.

| Tamiz | Peso |
|----------------------|-------------|
| 30 | 221.21 |
| 40 | 122.21 |
| 50 | 65.21 |
| Pasante (coagulante) | 152.21 |
| Peso total seco | 560.825 |

Nota. En la tabla 13 muestra los pesos resultantes después de pasar por los tamices N° 30,40 y 50 y el pasante que se utilizó como coagulante. Elaboración propia.

❖ **Medición de los parámetros del cactáceo *Opuntia floccosa***

- **Peso inicial.** - Es la representación del cactáceo después de la recolección de la muestra.
- **Peso final.** - Es la representación del cactáceo después del procedimiento de eliminación de espinas, gloquidios, lavado.
- **La altura.**- Es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie y se mide de acuerdo al interés que se tenga y puede ser de forma cualitativa o cuantitativa (Mostacedo, 2000).
- **Altura inicial.** - Es la altura que representa al cactáceo con presencia de espinas y gloquidios.
- **Altura Final.** - Es la altura que representa al cactáceo sin la presencia de espinas y gloquidios.
- **El diámetro.**- Consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Mostacedo, 2000).
- **Diámetro inicial.** - Es el diámetro que representa al cactáceo con presencia de espinas y gloquidios.
- **Diámetro final.** - Es el diámetro que representa al cactáceo sin presencia de espinas y gloquidios.

Se determinó en el laboratorio los parámetros físicos de la *Opuntia floccosa* como la altura inicial, altura final.

Tabla 14

Formato de recolección de datos del cactáceo Opuntia Floccosa.

| FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CACTÁCEO <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | | |
|--|---|---------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|
| Análisis Físico del cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | | |
| Proyecto : | “REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE <i>Opuntia floccosa</i> ” | | | | | |
| Responsable del muestreo: | Las Tesistas | | | Fecha: | 26 al 28 de noviembre de 2020 | |
| Laboratorio: | Nutrición animal y evaluación de alimentos (LUNEA) | | | | | |
| Ubicación política: | Departamento: | Huancavelica | Provincia: | Huancavelica | Distrito: | Huancavelica |
| Datos de las muestras | | | | | | |
| N° de muestras | Peso Inicial (g) | Altura Inicial (cm) | Diámetro Inicial (cm) | Peso Final (g) | Altura Final (cm) | Diámetro Final (cm) |
| 1 | 142.785 | 14.5 | 5.5 | 134.737 | 13.5 | 5 |
| 2 | 158.85 | 14 | 8 | 156.026 | 12 | 4.5 |
| 3 | 121.397 | 13 | 4.5 | 143.31 | 11.5 | 5 |
| 4 | 50.509 | 7.5 | 4 | 41.441 | 6 | 4 |
| 5 | 154.257 | 11 | 4.8 | 137.133 | 10 | 5 |
| 6 | 56.626 | 6.5 | 4.5 | 47.259 | 6.5 | 4 |
| 7 | 126.745 | 11 | 5.5 | 111.981 | 10.5 | 5 |
| 8 | 76.186 | 7.5 | 5.5 | 63.155 | 7 | 4.5 |
| 9 | 49.473 | 4.8 | 4.7 | 39.102 | 5 | 4 |
| 10 | 61.725 | 8 | 4 | 50.726 | 8 | 3.5 |
| 11 | 199.136 | 11.5 | 6.8 | 170.666 | 12 | 5.5 |
| 12 | 116.999 | 10.5 | 5.5 | 108.133 | 10 | 5 |
| 13 | 129.84 | 10 | 6 | 111.757 | 9.5 | 4.5 |
| 14 | 102.327 | 9 | 5.5 | 87.523 | 8 | 4.5 |
| 15 | 117.654 | 8 | 5.5 | 95.758 | 9 | 4.5 |
| 16 | 160.513 | 10.5 | 6 | 158.866 | 12 | 5 |
| 17 | 129.9 | 10 | 5 | 113.605 | 9.5 | 4.5 |
| 18 | 175.116 | 14 | 6 | 148.195 | 11 | 4.5 |
| 19 | 141.445 | 13.5 | 4.5 | 125.751 | 13.5 | 4.5 |
| 20 | 40.547 | 6.7 | 3 | 35.655 | 6.5 | 3.5 |
| 21 | 72.431 | 6 | 4.5 | 62.07 | 7 | 4.5 |
| 22 | 114.605 | 10 | 5.5 | 101.794 | 9 | 5 |
| 23 | 102.452 | 10 | 5.5 | 79.407 | 8 | 5 |
| 24 | 115.966 | 10 | 5.5 | 74.105 | 7.5 | 5 |
| 25 | 156.639 | 10 | 6.5 | 138.795 | 9.5 | 5.5 |
| 26 | 95.066 | 6 | 5 | 83.334 | 6 | 5 |
| 27 | 134.112 | 8.5 | 5.5 | 113.691 | 7.5 | 5 |
| 28 | 157.284 | 7.5 | 5 | 132.723 | 8 | 5 |
| 29 | 139.286 | 8.5 | 4.5 | 120.864 | 8 | 5.5 |
| 30 | 70.633 | 11.5 | 3 | 51.589 | 11 | 3 |
| 31 | 40.565 | 6 | 3.5 | 44.498 | 7 | 3.5 |
| 32 | 90.104 | 11.5 | 4.5 | 78.55 | 11 | 3.5 |
| 33 | 111.715 | 9 | 5.5 | 90.584 | 8.5 | 4 |

| | | | | | | |
|----|---------|------|-----|---------|------|-----|
| 34 | 145.432 | 7 | 4.8 | 121.236 | 7 | 5.5 |
| 35 | 123.999 | 8 | 5 | 107.01 | 7.5 | 5 |
| 36 | 94.332 | 8 | 5.5 | 76.826 | 7 | 5 |
| 37 | 150.65 | 5.5 | 5.5 | 126.105 | 5 | 5 |
| 38 | 100.319 | 13.5 | 4 | 84.599 | 13.5 | 3 |
| 39 | 64.1 | 8.5 | 5.5 | 47.624 | 7 | 4 |
| 40 | 129.265 | 9.5 | 4.5 | 113.606 | 8 | 4.5 |
| 41 | 40.165 | 11 | 2.5 | 33.215 | 11 | 2 |
| 42 | 84.56 | 11.5 | 3.5 | 75.123 | 11 | 3 |
| 43 | 97.62 | 15 | 4 | 85.113 | 15 | 3.5 |
| 44 | 64.134 | 8.5 | 4 | 48.843 | 8 | 3 |
| 45 | 67.509 | 8 | 4 | 19.755 | 5 | 3.5 |
| 46 | 71.87 | 13.5 | 3.5 | 64.199 | 13 | 3 |
| 47 | 44.126 | 12.5 | 2.8 | 37.79 | 12 | 2 |
| 48 | 99.71 | 12.5 | 4 | 84.006 | 12 | 3.5 |
| 49 | 46.325 | 13.5 | 2.5 | 37.119 | 13 | 2 |
| 50 | 74.676 | 5 | 4 | 60.475 | 5 | 4 |
| 51 | 127.82 | 18 | 6.5 | 86.047 | 17.5 | 3 |
| 52 | 198.761 | 13 | 4.8 | 176.802 | 12.5 | 4.5 |
| 53 | 121.88 | 6 | 5 | 115.26 | 6 | 5 |
| 54 | 156 | 8 | 5.5 | 136.25 | 7.5 | 5 |
| 55 | 157.369 | 10 | 4.5 | 137.148 | 10 | 4 |
| 56 | 115.85 | 7 | 4.8 | 99.246 | 7 | 4.5 |
| 57 | 138.16 | 7.8 | 5.6 | 124.772 | 7.5 | 5.5 |
| 58 | 88.456 | 9.5 | 4.5 | 77.936 | 8.5 | 4 |
| 59 | 69.902 | 12.5 | 4 | 53.486 | 12 | 2.8 |
| 60 | 62.389 | 8 | 3 | 53.86 | 7.5 | 3 |
| 61 | 66.67 | 14.5 | 3 | 54.159 | 14 | 2.5 |
| 62 | 64.681 | 11.5 | 2.5 | 54.303 | 12 | 2 |
| 63 | 34.913 | 6 | 2.8 | 27.846 | 6 | 3 |
| 64 | 88.446 | 10.5 | 4 | 72.661 | 10 | 3.5 |
| 65 | 117.737 | 13.5 | 4.5 | 86.515 | 13 | 3 |
| 66 | 137.488 | 8 | 4.5 | 115.339 | 8 | 4 |
| 67 | 88.424 | 6 | 4.8 | 73.1 | 6 | 4.5 |
| 68 | 72.974 | 11 | 3.5 | 41.886 | 10 | 3 |
| 69 | 119.531 | 12 | 3.8 | 90.792 | 11 | 3 |
| 70 | 151.208 | 9.5 | 5.5 | 127.563 | 8.5 | 4 |
| 71 | 190.7 | 9.5 | 3.8 | 162.179 | 9.5 | 3.5 |
| 72 | 199.085 | 11.5 | 4.8 | 159.422 | 11 | 4.8 |
| 73 | 97.555 | 12 | 3.5 | 70.541 | 10.5 | 3 |
| 74 | 100.484 | 13 | 3.5 | 83.57 | 11.5 | 3 |
| 75 | 139.92 | 16 | 3.5 | 128.36 | 16 | 3.5 |
| 76 | 82.198 | 10 | 3.5 | 66.854 | 10 | 3 |
| 77 | 109.17 | 13 | 5 | 91.042 | 13 | 4.5 |
| 78 | 75.679 | 11 | 4.3 | 61.586 | 10 | 4 |

| | | | | | | |
|-----|---------|------|-----|---------|------|-----|
| 79 | 76.268 | 9.3 | 4 | 63.224 | 8.5 | 3.5 |
| 80 | 88.511 | 11 | 5 | 69.473 | 10.5 | 4.5 |
| 81 | 60.13 | 12 | 3.5 | 49.882 | 12 | 3 |
| 82 | 112.132 | 8.5 | 3 | 96.759 | 8 | 3 |
| 83 | 119.85 | 7.8 | 5.5 | 99.008 | 7.5 | 5 |
| 84 | 105.469 | 8.8 | 6.8 | 87.286 | 7 | 4.8 |
| 85 | 57.842 | 8.3 | 4.5 | 48.414 | 7.5 | 4 |
| 86 | 99.403 | 12 | 4.5 | 85.611 | 11 | 4 |
| 87 | 76.73 | 13.5 | 4 | 70.558 | 12 | 3.5 |
| 88 | 98.651 | 12 | 3.5 | 82.779 | 12 | 3 |
| 89 | 61.76 | 11.5 | 3 | 46.151 | 11 | 2.5 |
| 90 | 103.414 | 8 | 4.7 | 70.452 | 6.5 | 4.5 |
| 91 | 76.459 | 14.5 | 3 | 62.161 | 12 | 3 |
| 92 | 59.996 | 10 | 3.8 | 47.642 | 10 | 2.5 |
| 93 | 127.418 | 14.5 | 4.5 | 109.382 | 14 | 4 |
| 94 | 47.547 | 11.5 | 3.5 | 38.646 | 11 | 3 |
| 95 | 62.392 | 8.5 | 4.5 | 50.329 | 8 | 3.5 |
| 96 | 60.144 | 8 | 4.5 | 48.167 | 7 | 4 |
| 97 | 87.54 | 11.5 | 4.3 | 71.944 | 10.5 | 3.5 |
| 98 | 43.326 | 5.5 | 4 | 35.918 | 5 | 3.5 |
| 99 | 172.14 | 12 | 6 | 124.799 | 8.5 | 4.5 |
| 100 | 55.739 | 6.5 | 4.5 | 43.573 | 6 | 3.5 |
| 101 | 27.209 | 7.5 | 2.8 | 21.923 | 7 | 2.5 |
| 102 | 67.165 | 6.5 | 4.5 | 52.605 | 7 | 3 |
| 103 | 55.913 | 6 | 4 | 42.142 | 6 | 3.5 |
| 104 | 31.444 | 5 | 3.5 | 24.356 | 4 | 3 |
| 105 | 32.14 | 5.5 | 2.8 | 22.082 | 5 | 2.5 |
| 106 | 60.718 | 6.5 | 4 | 49.981 | 6.5 | 3.5 |
| 107 | 59.15 | 7.5 | 4.5 | 46.236 | 6.5 | 4 |
| 108 | 100.85 | 8.5 | 4.3 | 61.228 | 8 | 3.5 |
| 109 | 99.595 | 12.5 | 4.5 | 78.455 | 11.5 | 4 |
| 110 | 50.4 | 5 | 3.5 | 24.874 | 4.5 | 3 |
| 111 | 24.468 | 5.8 | 4.5 | 15.442 | 4.5 | 4 |
| 112 | 33.184 | 5.5 | 3.5 | 24.626 | 5 | 3 |
| 113 | 53.916 | 7 | 4 | 45.65 | 7 | 3.5 |
| 114 | 51.323 | 11 | 3 | 42.292 | 10 | 2.5 |
| 115 | 80.19 | 8.9 | 4.5 | 63.981 | 8.9 | 3.5 |
| 116 | 65.806 | 10 | 4 | 55.441 | 10 | 3.5 |
| 117 | 83.809 | 10 | 4.5 | 67.985 | 9.5 | 4 |
| 118 | 77.872 | 10 | 4 | 64.46 | 9.5 | 3.5 |
| 119 | 75.73 | 11 | 3.5 | 61.111 | 10.5 | 3 |
| 120 | 68.406 | 9 | 4.8 | 56.266 | 9 | 3.5 |
| 121 | 67.55 | 11.5 | 3.5 | 56.7 | 10.5 | 3 |
| 122 | 102.16 | 12 | 4 | 87.148 | 11.5 | 3.5 |
| 123 | 55.675 | 9 | 3 | 41.863 | 9 | 2.5 |

| | | | | | | |
|-----------------|----------|-------|------|----------|-------|------|
| 124 | 60.654 | 8.5 | 3.5 | 48.059 | 8 | 3 |
| 125 | 81.941 | 6.5 | 4.8 | 66.473 | 6 | 4.5 |
| 126 | 138.551 | 8 | 5 | 114.651 | 5.5 | 4.5 |
| 127 | 80.599 | 10 | 4 | 65.76 | 9.5 | 3.5 |
| 128 | 42.23 | 8 | 3.5 | 32.889 | 7.5 | 3 |
| 129 | 45.496 | 8.5 | 3 | 35.402 | 8 | 2.5 |
| 130 | 43.62 | 6.5 | 2.5 | 32.847 | 6 | 2.3 |
| 131 | 39.999 | 5.5 | 4.5 | 30.542 | 5 | 4 |
| 132 | 50.961 | 8 | 4 | 41.449 | 8 | 3.5 |
| 133 | 46.495 | 7.5 | 3.5 | 39.086 | 7 | 3 |
| 134 | 37.462 | 6 | 3 | 28.667 | 5.5 | 3 |
| 135 | 63.352 | 8 | 3.5 | 53.153 | 7.5 | 3 |
| 136 | 22.304 | 4 | 4 | 17.648 | 4 | 3 |
| 137 | 19.068 | 4 | 3 | 14.872 | 3.5 | 2.5 |
| 138 | 104.75 | 6 | 5 | 80.329 | 6 | 5 |
| 139 | 49.76 | 8 | 3 | 35.636 | 6.5 | 3 |
| 140 | 51.757 | 9 | 3.5 | 42.89 | 8.5 | 3 |
| 141 | 40.193 | 5 | 3 | 32.135 | 5 | 3 |
| 142 | 64.882 | 7 | 4 | 54.995 | 6.5 | 3.5 |
| 143 | 35.83 | 8 | 2.3 | 29.182 | 8 | 2 |
| 144 | 54.675 | 7 | 2 | 40.13 | 7 | 2 |
| 145 | 45.387 | 7 | 2 | 32.595 | 7 | 2 |
| 146 | 39.949 | 8 | 2 | 29.767 | 7 | 2 |
| 147 | 53.249 | 8 | 2.5 | 39.514 | 7.5 | 2.5 |
| 148 | 39.818 | 9 | 2 | 29.716 | 7.5 | 2 |
| 149 | 43.405 | 9.5 | 2.5 | 32.74 | 8.5 | 2.5 |
| 150 | 86.315 | 4 | 5.5 | 63.141 | 4 | 5 |
| 151 | 40.279 | 5 | 3.5 | 30.795 | 4.5 | 3 |
| 152 | 48.639 | 8 | 2.5 | 35.093 | 6 | 2.5 |
| 153 | 50.195 | 8 | 2.7 | 38.782 | 7.5 | 2.5 |
| 154 | 46.056 | 7.5 | 2 | 35.925 | 8.5 | 2 |
| 155 | 32.166 | 4.5 | 2 | 22.463 | 4.5 | 2 |
| 156 | 47.132 | 6 | 2 | 33.766 | 5.5 | 2 |
| 157 | 39.817 | 6 | 1.5 | 30.704 | 5 | 1.5 |
| 158 | 40.175 | 7 | 1.3 | 30.221 | 6.5 | 1.3 |
| 159 | 36.92 | 8 | 1.2 | 29.605 | 6.5 | 1.2 |
| 160 | 37.332 | 6 | 2 | 29.001 | 5 | 2 |
| SUMA | 13564.08 | | | 11193.58 | | |
| MENOR | 19.07 | 4.00 | 1.20 | 14.87 | 3.50 | 1.20 |
| MAYOR | 199.14 | 18.00 | 8.00 | 176.80 | 17.50 | 5.50 |
| PROMEDIO | 84.78 | 9.14 | 4.08 | 69.96 | 8.57 | 3.58 |

Nota. Elaboración propia.

❖ **Preparación del coagulante**

Materiales

- Estufa de rango de 0 a 300 °C.
- Mortero y pilón
- Tamiz N°30, 40 y 50

Los cactáceos que cumplieron con las condiciones se procedieron a eliminar las espinas, gloquidios para después ser lavadas para eliminar todo tipo de impurezas. Se pesó y se obtuvo un peso final, después de ese proceso se peló la cutícula externa de la corteza y se pasó a trozar en tamaños de 1 cm por 1 cm. Dichas muestras se colocaron en una estufa para el secado a una temperatura de 60 °C a un tiempo de 48 horas. El material obtenido fue molido con ayuda de un mortero hasta conseguir un granulo adecuado.

Luego se procedió a pasar por tamices para que el polvo sea más fino y las partículas mantengan un diámetro menor a 0.5 mm.

3.7.1.2. Obtención de muestra de agua ácida de la Minera Julcani

❖ **Identificación del área para el muestreo del agua ácida de la Minera Julcani**

El área de estudio del agua ácida de la Minera Julcani se encuentra ubicado en coordenadas de 521211.2 E 856914.9 N zona 18-Sur a una altitud de 4200 m.s.n.m. en el distrito de Ccochaccasa.

❖ **Toma de Muestra del agua ácida de la Minera Julcani**

- Materiales
 - Recipientes
 - Etiquetas
 - GPS

El monitoreo se llevó a cabo con un Sistema de Posicionamiento Global GPS en coordenadas UTM, el agua ácida fue extraída de manera aleatoria de la presa 1-2 de la bocamina San Lorenzo de la Minera Julcani donde el caudal es de 9.46 m³/día y para el trabajo de investigación se extrajo 80 litros de agua ácida.

❖ **Etiquetado del agua ácida de la Minera Julcani**

Una vez obtenido al agua ácida de la Minera Julcani se etiquetó las muestras para el respectivo traslado al laboratorio.

3.7.1.3. Tratamiento del agua ácida con coagulante *Opuntia floccosa* para la remoción de Hierro y Plomo

❖ Prueba de Jarras

- Equipos y Materiales
 - Equipo Prueba de Jarras
 - Balanza analítica
 - Fiolas
 - Vasos de precipitación de 2 l
 - Probeta 500 ml
 - Probeta de 1 l
 - Piscetas
 - Pipetas
 - Jeringas
- Preparación de la solución madre

Pesamos 100 g de coagulante y se aforó con agua destilada en una fiola de 1000 ml.
- Preparación de soluciones a concentraciones de 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 50 ppm y 70 ppm.
 - Para la concentración de 10 ppm se requirió 10 ml de solución madre aforados en 100 ml de agua destilada.
 - Para la concentración de 20 ppm se requirió 20 ml de solución madre aforados en 100 ml de agua destilada.
 - Para la concentración de 30 ppm se requirió 30 ml de solución madre aforados en 100 ml de agua destilada.
 - Para la concentración de 50 ppm se requirió 50 ml de solución madre aforados en 100 ml de agua destilada.
 - Para la concentración de 70 ppm se requirió 70 ml de solución madre aforados en 100 ml de agua destilada.

- Procedimiento para coagulación equipo de Prueba de Jarras
 - Colocar 1000 ml de agua acida en los 5 vasos precipitados de 2000 ml.
 - Succione 10 ml de las concentraciones de 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 50 ppm y 70 ppm en los 5 vasos precipitados lo más rápido posible y cerca al agitador para impedir alteraciones en la mezcla.
 - El equipo fue programado en tres tiempos de coagulación 2 min, 5min y 8 min a una velocidad de agitación de 100 RPM.
 - Procedimiento para floculación equipo de Prueba de Jarras
 - La floculación se desarrolló con una velocidad de agitación de 50 rpm con un tiempo de 20 min.
 - Se realizó 75 pruebas en donde para cada tiempo y concentración tubo 5 repeticiones.
 - Procedimiento para la sedimentación
 - Una vez transcurrido el tiempo de coagulación y floculación se suben las paletas y se espera un tiempo de 60 min después se pasa a medir algunos parámetros.
- ❖ **Medición de los parámetros físicos del agua ácida de la Minera Julcani**
- Se calculó el pH y T° de las concentraciones de 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 50 ppm y 70 ppm.

Tabla 15

Recolección de datos de los parámetros de agua ácida de la Minera Julcani

| FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS PARAMETROS DEL AGUA ÁCIDA DE LA MINERA JULCANI | | | | | | |
|---|---|--------------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------|
| Análisis Físicoquímico | | | | | | |
| Proyecto : | “REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE <i>Opuntia floccosa</i> ” | | | | | |
| Responsable del muestreo: | Las tesisistas | | | Fecha: | 11 de diciembre de 2020 | |
| Laboratorio: | Unidad de producción y control de calidad de la planta de tratamiento del agua potable de la empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huancavelica | | | | | |
| Ubicación política: | Departamento: | Huancavelica | Provincia: | Huancavelica | Distrito: | Ascensión |
| Datos de las muestras | | | | | | |
| Tratamiento | Concentración (ppm) | Tiempo (min) | pH | T° | | |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.8 | | |
| T0 | - | - | 2.71 | 17 | | |

| | | | | |
|-----------|----|---|------|------|
| T0 | - | - | 2.71 | 17.1 |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.8 |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.9 |
| T1 | 10 | 2 | 4.15 | 17.3 |
| T1 | 10 | 2 | 4.14 | 17.5 |
| T1 | 10 | 2 | 4.13 | 17.8 |
| T1 | 10 | 2 | 4.15 | 17.5 |
| T1 | 10 | 2 | 4.14 | 17.6 |
| T2 | 20 | 2 | 4.17 | 17 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17.3 |
| T2 | 20 | 2 | 4.17 | 17.5 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17.1 |
| T3 | 30 | 2 | 5.09 | 17 |
| T3 | 30 | 2 | 5.07 | 17.5 |
| T3 | 30 | 2 | 5.09 | 17 |
| T3 | 30 | 2 | 5.07 | 17.3 |
| T3 | 30 | 2 | 5.04 | 17.3 |
| T4 | 50 | 2 | 6.13 | 17.6 |
| T4 | 50 | 2 | 6.15 | 17.2 |
| T4 | 50 | 2 | 6.16 | 17.4 |
| T4 | 50 | 2 | 6.14 | 17.2 |
| T4 | 50 | 2 | 6.15 | 17.1 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.3 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.5 |
| T5 | 70 | 2 | 5.13 | 17.2 |
| T5 | 70 | 2 | 5.12 | 17 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.1 |
| T6 | 10 | 5 | 4.15 | 17 |
| T6 | 10 | 5 | 4.14 | 17.2 |
| T6 | 10 | 5 | 4.13 | 17.1 |
| T6 | 10 | 5 | 4.15 | 17 |
| T6 | 10 | 5 | 4.14 | 16.9 |
| T7 | 20 | 5 | 4.17 | 17 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.2 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.3 |
| T7 | 20 | 5 | 4.17 | 17 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.4 |

| | | | | |
|------------|----|---|------|------|
| T8 | 30 | 5 | 6.13 | 17.3 |
| T8 | 30 | 5 | 6.15 | 17.1 |
| T8 | 30 | 5 | 6.16 | 17.2 |
| T8 | 30 | 5 | 6.14 | 17.5 |
| T8 | 30 | 5 | 6.15 | 17.6 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.3 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.3 |
| T9 | 50 | 5 | 5.13 | 17.4 |
| T9 | 50 | 5 | 5.12 | 17 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.1 |
| T10 | 70 | 5 | 5.09 | 17 |
| T10 | 70 | 5 | 5.07 | 17.2 |
| T10 | 70 | 5 | 5.09 | 17.5 |
| T10 | 70 | 5 | 5.07 | 17.4 |
| T10 | 70 | 5 | 5.04 | 17.6 |
| T11 | 10 | 8 | 4.15 | 17.3 |
| T11 | 10 | 8 | 4.14 | 17.4 |
| T11 | 10 | 8 | 4.13 | 17 |
| T11 | 10 | 8 | 4.15 | 17 |
| T11 | 10 | 8 | 4.14 | 16.9 |
| T12 | 20 | 8 | 4.17 | 17 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.2 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.4 |
| T12 | 20 | 8 | 4.17 | 17.3 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.2 |
| T13 | 30 | 8 | 5.09 | 17.2 |
| T13 | 30 | 8 | 5.07 | 17.1 |
| T13 | 30 | 8 | 5.09 | 17 |
| T13 | 30 | 8 | 5.07 | 16.9 |
| T13 | 30 | 8 | 5.04 | 17 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.2 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.4 |
| T14 | 50 | 8 | 5.13 | 17.4 |
| T14 | 50 | 8 | 5.12 | 17.5 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.3 |
| T15 | 70 | 8 | 6.13 | 17.5 |
| T15 | 70 | 8 | 6.15 | 17.2 |
| T15 | 70 | 8 | 6.16 | 17.4 |

| | | | | |
|-----|----|---|------|------|
| T15 | 70 | 8 | 6.14 | 17.3 |
| T15 | 70 | 8 | 6.15 | 17 |

Nota. Elaboración propia.

❖ Etiquetado de muestras para envío a laboratorio

Se desarrolló el etiquetado de las muestras tomadas para el traslado al laboratorio para su respectivo análisis de % de remoción de Hierro y Plomo.

Figura 14

Etiqueta para enviar las muestras resultantes de la remoción

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
"Año de la Universalización de la Salud"

PROYECTO DE TESIS:
"REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*"

RESPONSABLES:
• BENDEZU HUAMANI, Sheyla Estrella CAPCHA RIOS, Ángela Liseth

N° DE MUETRA: _____

FECHA : _____ **HORA:** _____

CONCENTRACIÓN: _____ **TIEMPO:** _____

PH: _____ **t°:** _____ **CE:** _____

TURB: _____ **OD:** _____

HIERRO: _____ **PLOMO:** _____

Nota. La figura muestra la etiqueta para las muestras de agua que se enviarán al laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.4. Cálculo del % de remoción de Hierro y Plomo

❖ Cálculo del % de remoción de Hierro

$$\% \text{ Remoción de Fe} = \frac{C_{\text{Fe inicial}} - C_{\text{Fe final}}}{C_{\text{Fe inicial}}} \times 100$$

❖ Cálculo del % de remoción de Plomo

$$\% \text{ Remoción de Pb} = \frac{C_{\text{Pb inicial}} - C_{\text{Pb final}}}{C_{\text{Pb inicial}}} \times 100$$

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.8.1. Técnicas de procesamiento

❖ Media muestral

Según Navidi (2010), “La media muestral también se llama media aritmética representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total de números que se presenta”.

❖ Desviación estándar

Según Navidi (2010), “Es una cantidad que mide el grado de dispersión en una muestra cuando la dispersión es grande, los valores de la muestra tenderán a alejarse de su media y cuando la dispersión es pequeña, los valores tenderán a acercarse a su media”.

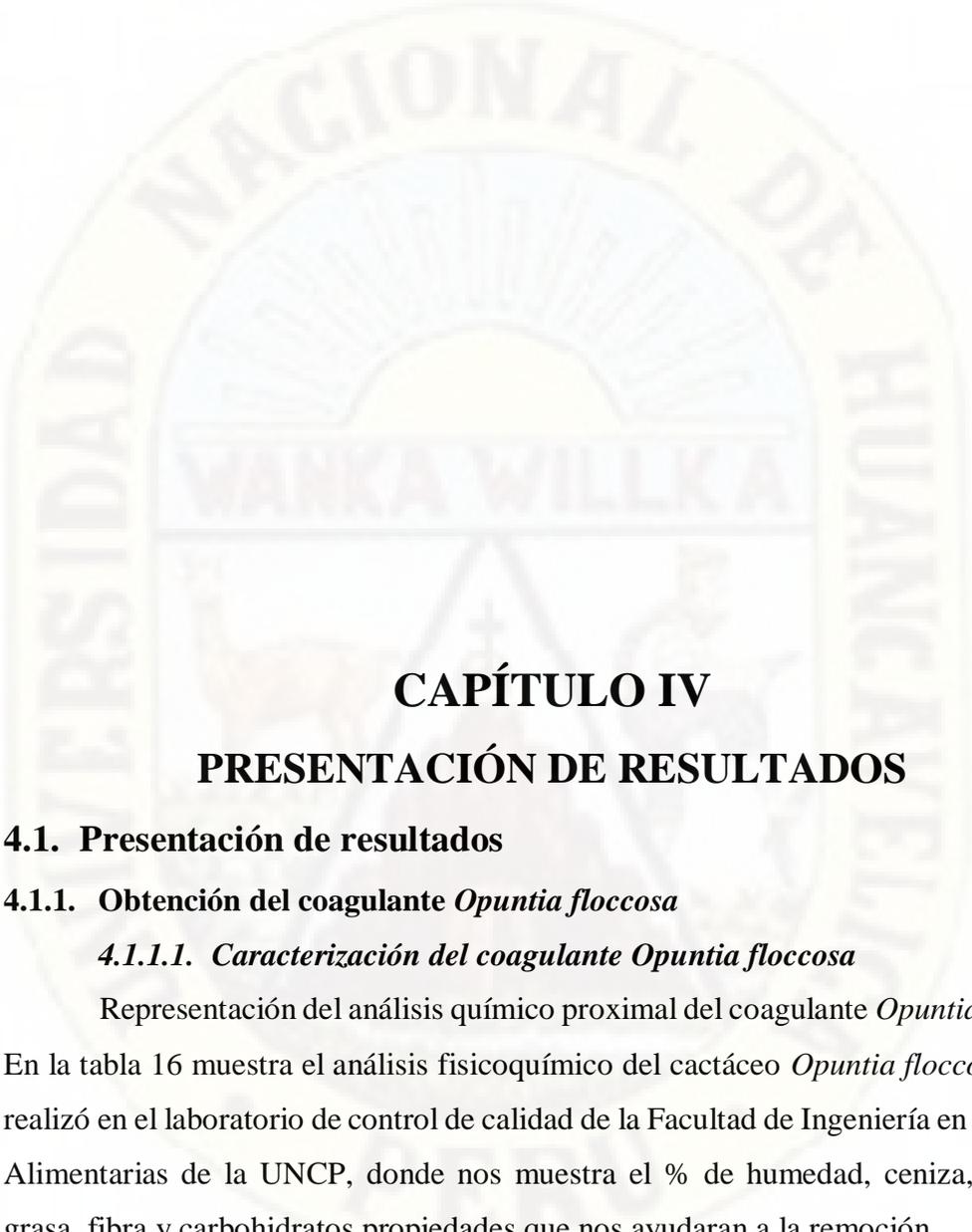
❖ Mediana muestral

“La mediana representa una medida de tendencia central de los datos, si el tamaño de la muestra es un número par, se acostumbra tomar a la mediana muestral como el promedio de los dos números de en medio” (Navidi, 2010).

3.8.2. Análisis de datos

Según Hernández et al. (2010), “Una vez que los datos estén debidamente ordenados en una matriz limpia de errores, el investigador procede a analizarlos. El análisis de los datos se efectúa sobre la matriz de datos utilizando un programa computacional, siguiendo los siguientes pasos”.

- ❖ Paso 1: Seleccionar un programa estadístico en la computadora (ordenador) para analizar los datos.
- ❖ Paso 2: Ejecutar el programa: SPSS.
- ❖ Paso 3: Explorar los datos se usará Microsoft office Excel
 - a) Analizar descriptivamente los datos por variable.
 - b) Visualizar los datos por variable.
- ❖ Paso 4: Analizar mediante pruebas estadísticas la hipótesis planteada.
- ❖ Paso 5: Realizar análisis adicionales.
- ❖ Paso 6: Preparar los resultados para presentarlos (tablas, gráficas, cuadros, etc.).



CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Obtención del coagulante *Opuntia floccosa*

4.1.1.1. Caracterización del coagulante *Opuntia floccosa*

Representación del análisis químico proximal del coagulante *Opuntia floccosa*. En la tabla 16 muestra el análisis fisicoquímico del cactáceo *Opuntia floccosa* que se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP, donde nos muestra el % de humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra y carbohidratos propiedades que nos ayudaran a la remoción.

Tabla 16
Análisis Fisicoquímico del cactáceo Opuntia floccosa.

| Análisis | Resultados (%) |
|----------|----------------|
| Humedad | 8.01 |
| Ceniza | 3.49 |
| Proteína | 0.18 |
| Grasa | 0.89 |

| | |
|---------------|-------|
| Fibra | 0.20 |
| Carbohidratos | 87.23 |

Nota. Elaboración propia.

4.1.2. Caracterización de las aguas ácidas de la Minera Julcani

Tabla 17

Parámetros del análisis del agua ácida de la Minera Julcani.

| Parámetro | Definición |
|-------------|--------------|
| Temperatura | 16.9 °C |
| pH | 2.71 |
| Turbiedad | 62.8521 NTU |
| Hierro | 19.9812 mg/l |
| Plomo | 4.4561 mg/l |

Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Remoción de Hierro y Plomo con coagulante *Opuntia floccosa*

4.1.3.1. Evaluación de la remoción de Hierro

En la tabla 18 muestra la concentración de Hierro a tiempo de coagulación de 2 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 50 ppm a tiempo de 2 min con concentraciones de 1.5552924 mg/l, 1.5608924 mg/l, 1.5208224 mg/l, 1.5448904 mg/l, 1.5200224 mg/l.

Tabla 18

Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 2 min.

| Tiempo de coagulación: 2 min | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm mg/l | 20 ppm mg/l | 30 ppm mg/l | 50 ppm mg/l | 70 ppm mg/l |
| 1 | 4.2551964 | 4.1237201 | 4.6736027 | 1.5552924 | 9.1507902 |
| 2 | 4.2422086 | 4.1347097 | 4.7145641 | 1.5608924 | 9.1691729 |
| 3 | 4.2078409 | 4.1456994 | 4.7057724 | 1.5208224 | 9.2057385 |
| 4 | 4.2338165 | 4.1502847 | 4.6782031 | 1.5448904 | 9.1871559 |
| 5 | 4.2735791 | 4.1373073 | 4.6775989 | 1.5200224 | 9.1551860 |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 19*Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 2 min.*

| Tiempo de coagulación: 2 min | | | | | |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm | 20 ppm | 30 ppm | 50 ppm | 70 ppm |
| | % | % | % | % | % |
| 1 | 78.70 | 79.36 | 76.61 | 92.22 | 54.20 |
| 2 | 78.77 | 79.31 | 76.41 | 92.19 | 54.11 |
| 3 | 78.94 | 79.25 | 76.45 | 92.39 | 53.93 |
| 4 | 78.81 | 79.23 | 76.59 | 92.27 | 54.02 |
| 5 | 78.61 | 79.29 | 76.59 | 92.39 | 54.18 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 19 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Hierro para 2 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30, 50 y 70 ppm en donde que la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 70 ppm y la remoción más alta en 50 ppm.

Tabla 20*Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 5 min.*

| Tiempo de coagulación: 5 min | | | | | |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm | 20 ppm | 30 ppm | 50 ppm | 70 ppm |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 1 | 4.3636943 | 4.1756712 | 2.0636583 | 6.2113558 | 9.8237570 |
| 2 | 4.3946651 | 4.1682781 | 2.0746480 | 6.1578062 | 9.8445374 |
| 3 | 4.4056548 | 4.1906571 | 2.0856377 | 6.2057611 | 9.8057739 |
| 4 | 4.4316303 | 4.2012471 | 2.0474736 | 6.1835820 | 9.8329483 |
| 5 | 4.4126482 | 4.2172321 | 2.0772456 | 6.1755895 | 9.8155647 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 20 muestra la concentración de Hierro a tiempo de coagulación de 5 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 30 ppm a tiempo de 5 min con concentraciones de 2.063658 mg/l, 2.0746480 mg/l, 2.0856377 mg/l, 2.0474736 mg/l y 2.0772456 mg/l.

Tabla 21*Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 5 min.*

| Tiempo de coagulación: 5 min | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm % | 20 ppm % | 30 ppm % | 50 ppm % | 70 ppm % |
| 1 | 78.16 | 79.10 | 89.67 | 68.91 | 50.84 |
| 2 | 78.01 | 79.14 | 89.62 | 69.18 | 50.73 |
| 3 | 77.95 | 79.03 | 89.56 | 68.94 | 50.93 |
| 4 | 77.82 | 78.97 | 89.75 | 69.05 | 50.79 |
| 5 | 77.92 | 78.89 | 89.60 | 69.09 | 50.88 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 21 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Hierro para 5 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30,50 y 70 ppm en donde que la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 50 ppm y la remoción más alta en 20 ppm.

Tabla 22*Concentración de Hierro en un tiempo de coagulación de 8 min.*

| Tiempo de coagulación: 8 min | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm mg/l | 20 ppm mg/l | 30 ppm mg/l | 50 ppm mg/l | 70 ppm mg/l |
| 1 | 5.1577472 | 6.2013652 | 3.9912447 | 9.1635781 | 11.2156474 |
| 2 | 5.1763297 | 6.2147526 | 3.9618723 | 9.1919514 | 11.1924692 |
| 3 | 5.2057020 | 6.2057611 | 4.0056312 | 9.1857573 | 11.2056568 |
| 4 | 5.2172911 | 6.1572068 | 4.0274107 | 9.1871559 | 11.2472177 |
| 5 | 5.1985088 | 6.1773878 | 3.9720627 | 9.2031409 | 11.2144485 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 22 muestra la concentración de Hierro a tiempo de coagulación de 8 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 30 ppm a tiempo de 8 min con concentraciones de 3.991244 mg/l, 3.9618723 mg/l, 4.0056312 mg/l, 4.0274107 mg/l y 3.9720627 mg/l.

Tabla 23*Porcentaje de remoción de Hierro en un tiempo de coagulación de 8 min.*

| Tiempo de coagulación: 8 min | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm % | 20 ppm % | 30 ppm % | 50 ppm % | 70 ppm % |
| 1 | 74.19 | 68.96 | 80.03 | 54.14 | 43.87 |
| 2 | 74.09 | 68.90 | 80.17 | 54.00 | 43.99 |
| 3 | 73.95 | 68.94 | 79.95 | 54.03 | 43.92 |
| 4 | 73.89 | 69.19 | 79.84 | 54.02 | 43.71 |
| 5 | 73.98 | 69.08 | 80.12 | 53.94 | 43.88 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 23 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Hierro para 8 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30,50 y 70 ppm en donde la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 70 ppm y la remoción más alta en 30 ppm.

Tabla 24*Porcentaje de remoción de Hierro en 5 concentraciones y 3 tiempos.*

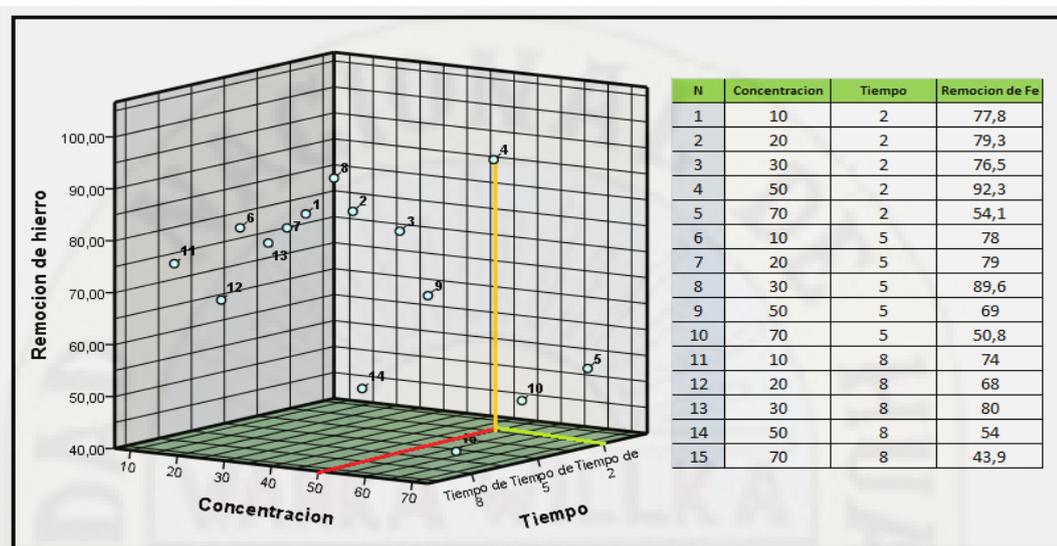
| Tratamiento | Concentración (ppm) | Tiempo (min) | % remoción de Hierro |
|-------------|---------------------|--------------|----------------------|
| T1 | 10 | 2 | 78.77 |
| T2 | 20 | 2 | 79.29 |
| T3 | 30 | 2 | 76.53 |
| T4 | 50 | 2 | 92.29 |
| T5 | 70 | 2 | 54.09 |
| T6 | 10 | 5 | 77.97 |
| T7 | 20 | 5 | 79.03 |
| T8 | 30 | 5 | 89.64 |
| T9 | 50 | 5 | 69.04 |
| T10 | 70 | 5 | 50.83 |
| T11 | 10 | 8 | 74.02 |
| T12 | 20 | 8 | 69.01 |
| T13 | 30 | 8 | 80.02 |
| T14 | 50 | 8 | 54.03 |
| T15 | 70 | 8 | 43.87 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 24 muestra el resumen del % de remoción Hierro para cada tiempo y cada concentración en los 15 tratamientos en donde el T15 (8min y 70 ppm) es 43.87 % por tanto es el menor y el T4 (2 min y 50 ppm) es 92.29 % por tanto es el mayor siendo este el que maximiza la remoción de Hierro.

Figura 15

Remoción de Hierro (Fe) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo).



Nota. La figura muestra un cubo en 3D en donde indica la concentración, tiempo y remoción para el Hierro. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Evaluación de la remoción de Plomo

En la tabla 25 muestra la concentración de Plomo a tiempo de coagulación de 2 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 50 ppm a tiempo de 2 min con concentraciones de 0.56002 mg/l, 0.5613225 mg/l, 0.5609965 mg/l, 0.5599265 mg/l y 0.5600065 mg/l.

Tabla 25

Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 2 min.

| Tiempo de coagulación: 2 min | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm mg/l | 20 ppm mg/l | 30 ppm mg/l | 50 ppm mg/l | 70 ppm mg/l |
| 1 | 3.0296133 | 2.2335756 | 2.1390171 | 0.5600265 | 3.1931076 |
| 2 | 3.0322869 | 2.2321051 | 2.1382150 | 0.5613225 | 3.1829031 |
| 3 | 3.0215923 | 2.2230592 | 2.1443644 | 0.5609965 | 3.1781796 |
| 4 | 3.0176264 | 2.2274707 | 2.1472163 | 0.5599265 | 3.1883841 |
| 5 | 3.0294796 | 2.2358482 | 2.1334916 | 0.5600065 | 3.1831705 |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 26*Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 2 min.*

| Tiempo de coagulación: 2 min | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm % | 20 ppm % | 30 ppm % | 50 ppm % | 70 ppm % |
| 1 | 32.01 | 49.88 | 52.00 | 87.43 | 28.34 |
| 2 | 31.95 | 49.91 | 52.02 | 87.40 | 28.57 |
| 3 | 32.19 | 50.11 | 51.88 | 87.41 | 28.68 |
| 4 | 32.28 | 50.01 | 51.81 | 87.43 | 28.45 |
| 5 | 32.02 | 49.83 | 52.12 | 87.43 | 28.57 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 26 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Plomo para 2 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30, 50 y 70 ppm en donde la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 70 ppm y la remoción más alta en 50 ppm.

Tabla 27*Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 5 min.*

| Tiempo de coagulación: 5 min | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | |
| Repeticiones | 10 ppm mg/l | 20 ppm mg/l | 30 ppm mg/l | 50 ppm mg/l | 70 ppm mg/l |
| 1 | 3.0126801 | 2.1126816 | 2.1528310 | 0.8273195 | 1.1335873 |
| 2 | 3.0252909 | 2.1035911 | 2.1483749 | 0.8169368 | 1.1284182 |
| 3 | 3.0280091 | 2.0945898 | 2.1629018 | 0.8233536 | 1.1411181 |
| 4 | 3.0095163 | 2.1062202 | 2.1591765 | 0.8277651 | 1.1369739 |
| 5 | 3.0169579 | 2.1081363 | 2.1547917 | 0.8218385 | 1.1254326 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 27 muestra la concentración de Plomo a tiempo de coagulación de 5 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 50 ppm a tiempo de 5 min con concentraciones de 0.8273195 mg/l, 0.8169368 mg/l, 0.8233536 mg/l, 0.8277651 mg/l y 0.8218385 mg/l.

Tabla 28*Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 5 min.*

| Tiempo de coagulación: 5 min | | | | | |
|-------------------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm % | 20 ppm % | 30 ppm % | 50 ppm % | 70 ppm % |
| 1 | 32.39 | 52.59 | 51.69 | 81.43 | 74.56 |
| 2 | 32.11 | 52.79 | 51.79 | 81.67 | 74.68 |
| 3 | 32.05 | 53.00 | 51.46 | 81.52 | 74.39 |
| 4 | 32.46 | 52.73 | 51.55 | 81.42 | 74.49 |
| 5 | 32.30 | 52.69 | 51.64 | 81.56 | 74.74 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 28 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Plomo para 5 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30, 50 y 70 ppm en donde que la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 10 ppm y la remoción más alta en 50 ppm.

Tabla 29*Concentración de Plomo en un tiempo de coagulación de 8 min.*

| Tiempo de coagulación: 8 min | | | | | |
|-------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm mg/l | 20 ppm mg/l | 30 ppm mg/l | 50 ppm mg/l | 70 ppm mg/l |
| 1 | 2.1468153 | 2.3533110 | 2.1476620 | 1.1707066 | 2.1615650 |
| 2 | 2.1368782 | 2.3648968 | 2.1530093 | 1.1598783 | 2.1690958 |
| 3 | 2.1426711 | 2.3667684 | 2.1477511 | 1.1740932 | 2.1649071 |
| 4 | 2.1330459 | 2.3609755 | 2.1496672 | 1.1635768 | 2.1578219 |
| 5 | 2.1344273 | 2.3556281 | 2.1400866 | 1.1689242 | 2.1700316 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 29 muestra la concentración de Plomo a tiempo de coagulación de 8 min y a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm y con las 5 repeticiones para cada tratamiento, donde la mejor remoción se observa en la concentración de 50 ppm a tiempo de 8 min con concentraciones de 1.1707066 mg/l, 1.1598783 mg/l, 1.1740932 mg/l, 1.1635768 mg/l y 1.1689242 mg/l.

Tabla 30*Porcentaje de remoción de Plomo en un tiempo de 8 min.*

| Tiempo de coagulación: 8 min | | | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Repeticiones | Concentración del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | | | | |
| | 10 ppm % | 20 ppm % | 30 ppm % | 50 ppm % | 70 ppm % |
| 1 | 51.82 | 47.19 | 51.80 | 73.73 | 51.492 |
| 2 | 52.05 | 46.93 | 51.68 | 73.97 | 51.323 |
| 3 | 51.92 | 46.89 | 51.80 | 73.65 | 51.417 |
| 4 | 52.13 | 47.02 | 51.76 | 73.89 | 51.576 |
| 5 | 52.10 | 47.14 | 51.97 | 73.77 | 51.302 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 30 muestra el resumen del porcentaje de la remoción de Plomo para 8 min y para las 5 concentraciones como 10, 20, 30,50 y 70 ppm en donde que la remoción más baja se obtuvo en la concentración de 20 ppm y la remoción más alta en 50 ppm.

Tabla 31*Porcentaje de remoción de Plomo en 5 concentraciones y 3 tiempos.*

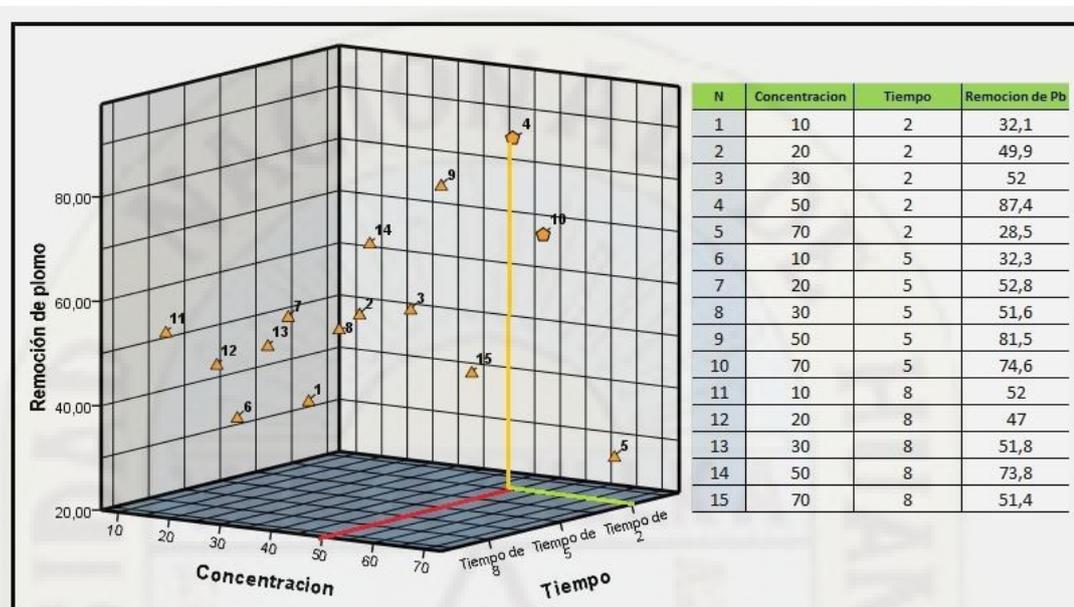
| Tratamiento | Concentración (ppm) | Tiempo (min) | % remoción de Plomo |
|--------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| T1 | 10 | 2 | 32.09 |
| T2 | 20 | 2 | 49.95 |
| T3 | 30 | 2 | 51.97 |
| T4 | 50 | 2 | 87.42 |
| T5 | 70 | 2 | 28.52 |
| T6 | 10 | 5 | 32.26 |
| T7 | 20 | 5 | 52.76 |
| T8 | 30 | 5 | 51.63 |
| T9 | 50 | 5 | 81.52 |
| T10 | 70 | 5 | 74.57 |
| T11 | 10 | 8 | 52.00 |
| T12 | 20 | 8 | 47.03 |
| T13 | 30 | 8 | 51.80 |
| T14 | 50 | 8 | 73.80 |
| T15 | 70 | 8 | 51.42 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 31 muestra el resumen del % de remoción de Plomo para cada tiempo y cada concentración en los 15 tratamientos en donde el T5 (2min y 70 ppm) es 28.52 % por tanto es el menor y el T4 (2 min y 50 ppm) es 87.42 % por tanto es el mayor siendo este el que maximiza la remoción de Plomo.

Figura 16

Remoción de Plomo (Pb) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo).



Nota. La figura muestra un cubo en 3D en donde indica la concentración, tiempo y remoción para el Plomo. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3. Análisis general del comportamiento de la remoción de Hierro y Plomo con coagulante *Opuntia floccosa*

Tabla 32

Remoción de Hierro en diferentes concentraciones (10, 20, 30, 50 y 70 ppm) y tiempos (2, 5 y 8 min).

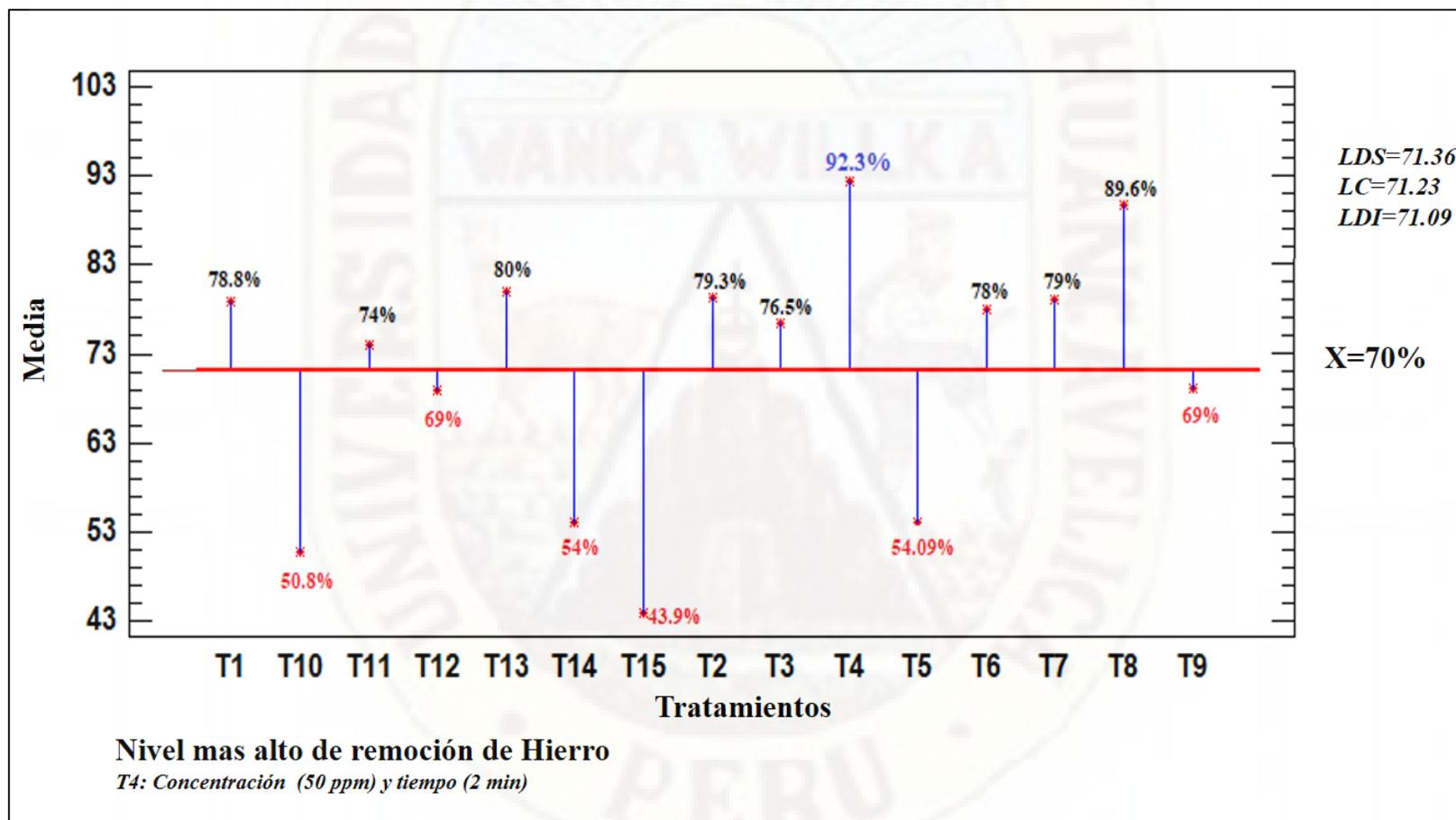
| Tratamiento | Recuento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación % | Mínimo | Máximo | Rango | Sesgo estandarizado | Curtosis estandarizada |
|-------------|----------|----------|---------------------|-----------------------------|--------|--------|-------|---------------------|------------------------|
| T1 | 5 | 78,766 | 0,12341 | 0,156679 | 78,61 | 78,94 | 0,33 | 0,256882 | 0,115858 |
| T10 | 5 | 50,834 | 0,0776531 | 0,152758 | 50,73 | 50,93 | 0,2 | -0,185012 | -0,35403 |
| T11 | 5 | 74,02 | 0,119583 | 0,161554 | 73,89 | 74,19 | 0,3 | 0,589885 | -0,383179 |
| T12 | 5 | 69,014 | 0,11908 | 0,172544 | 68,9 | 69,19 | 0,29 | 0,832344 | -0,286561 |
| T13 | 5 | 80,022 | 0,132174 | 0,165172 | 79,84 | 80,17 | 0,33 | -0,365412 | -0,480786 |
| T14 | 5 | 54,026 | 0,0726636 | 0,134497 | 53,94 | 54,14 | 0,2 | 0,820638 | 0,933913 |
| T15 | 5 | 43,874 | 0,103102 | 0,234995 | 43,71 | 43,99 | 0,28 | -0,95529 | 0,937928 |
| T2 | 5 | 79,288 | 0,0511859 | 0,064557 | 79,23 | 79,36 | 0,13 | 0,379832 | -0,284458 |
| T3 | 5 | 76,53 | 0,0927362 | 0,121176 | 76,41 | 76,61 | 0,2 | -0,618095 | -121,996 |
| T4 | 5 | 92,292 | 0,0939149 | 0,101758 | 92,19 | 92,39 | 0,2 | 0,200796 | -130,583 |
| T5 | 5 | 54,088 | 0,113004 | 0,208927 | 53,93 | 54,2 | 0,27 | -0,544155 | -0,594285 |
| T6 | 5 | 77,972 | 0,125579 | 0,161056 | 77,82 | 78,16 | 0,34 | 0,583205 | 0,461105 |
| T7 | 5 | 79,026 | 0,10015 | 0,12673 | 78,89 | 79,14 | 0,25 | -0,304532 | -0,527587 |
| T8 | 5 | 89,64 | 0,0731437 | 0,0815972 | 89,56 | 89,75 | 0,19 | 0,75233 | 0,153806 |
| T9 | 5 | 69,034 | 0,110589 | 0,160195 | 68,91 | 69,18 | 0,27 | 0,15598 | -0,68088 |
| Total | 75 | 712,284 | 139,683 | 196106 | 43,71 | 92,39 | 48,68 | -188,467 | -131,037 |

Nota. Elaboración propia.

En el presente apartado se muestra diferentes estadísticos de remoción de Hierro para cada uno de los 15 niveles de tratamiento. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciona Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias. De la misma forma se pudo observar que la media total de la remoción de Hierro mediante el coagulante *Opuntia floccosa* fue de 71.2284 con una desviación estándar de ± 13.9683 , con una remoción mínima de 43.71 % y un máximo de 92.39 % y un rango de 48.68 %.

De la misma forma se pudo observar variaciones significativas entre los 15 tratamientos aplicados con el coagulante *Opuntia floccosa*, en donde el tratamiento T15 se registraron remociones mínimas de 43.71 % a diferencia que en el tratamiento T4 se registraron remociones de 92.39 existiendo una variación de 48.68 % lo cual hace que existe un tratamiento que maximiza la remoción de Fe en las aguas ácidas de la Minera Julcani-Huancavelica.

Figura 17
Remoción de Hierro (Fe) en aguas ácidas de la Minera Julcani con coagulante Opuntia floccosa.

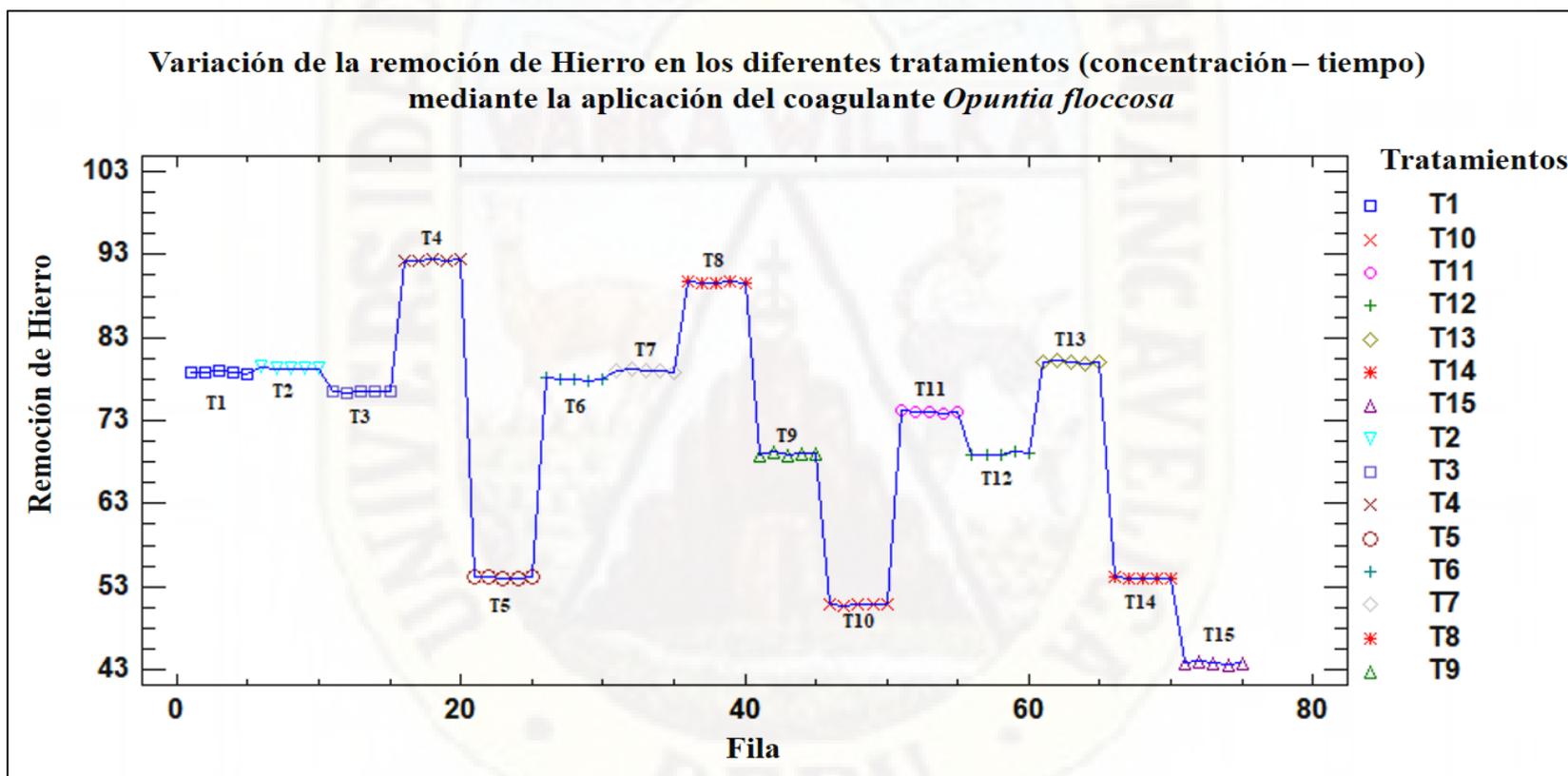


Nota. La figura muestra la remoción de Hierro en porcentajes para los 15 tratamientos realizados y analizados con la media. Fuente: Elaboración propia.

En el presente apartado se puede observar las remociones de Hierro mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa* en 15 diferentes concentraciones y tiempos de coagulación, en donde se puede señalar que la remoción más baja se dio en el tratamiento T15 con una remoción del 43.9 % y que esta a su vez no fue eficiente ($r < 70$ %) mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 en donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 92.3 % por lo que dicha remoción fue eficiente ($r > 70$ %). De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos quienes fueron eficientes (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T11 y T13) ya que obtuvieron eficiencias mayores al 70 % y los tratamientos que no fueron eficientes (T5, T9, T10, T14 y T15). Por lo que se puede señalar que si existe un tratamiento que sea eficiente y remueva mayor a 70 % y dicho tratamiento fue el T4 (concentración de 50 ppm y en un tiempo de 2 minutos).

Figura 18

Variación de la remoción de Hierro (Fe) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo), mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa*.



Nota. En el presente apartado se puede observar la variación entre los 15 tratamientos mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa* en las aguas de la Minera Julcani-Huancavelica, en donde se puede observar una gran variación entre el tratamiento T1 con respecto al tratamiento T4, T5, T8, T10, T13 y T15, por lo que se puede deducir que si existe una concentración y un tiempo que optimice la remoción de Hierro. Fuente: Elaboración propia

Tabla 33*Datos de eficiencia de remoción de Hierro.*

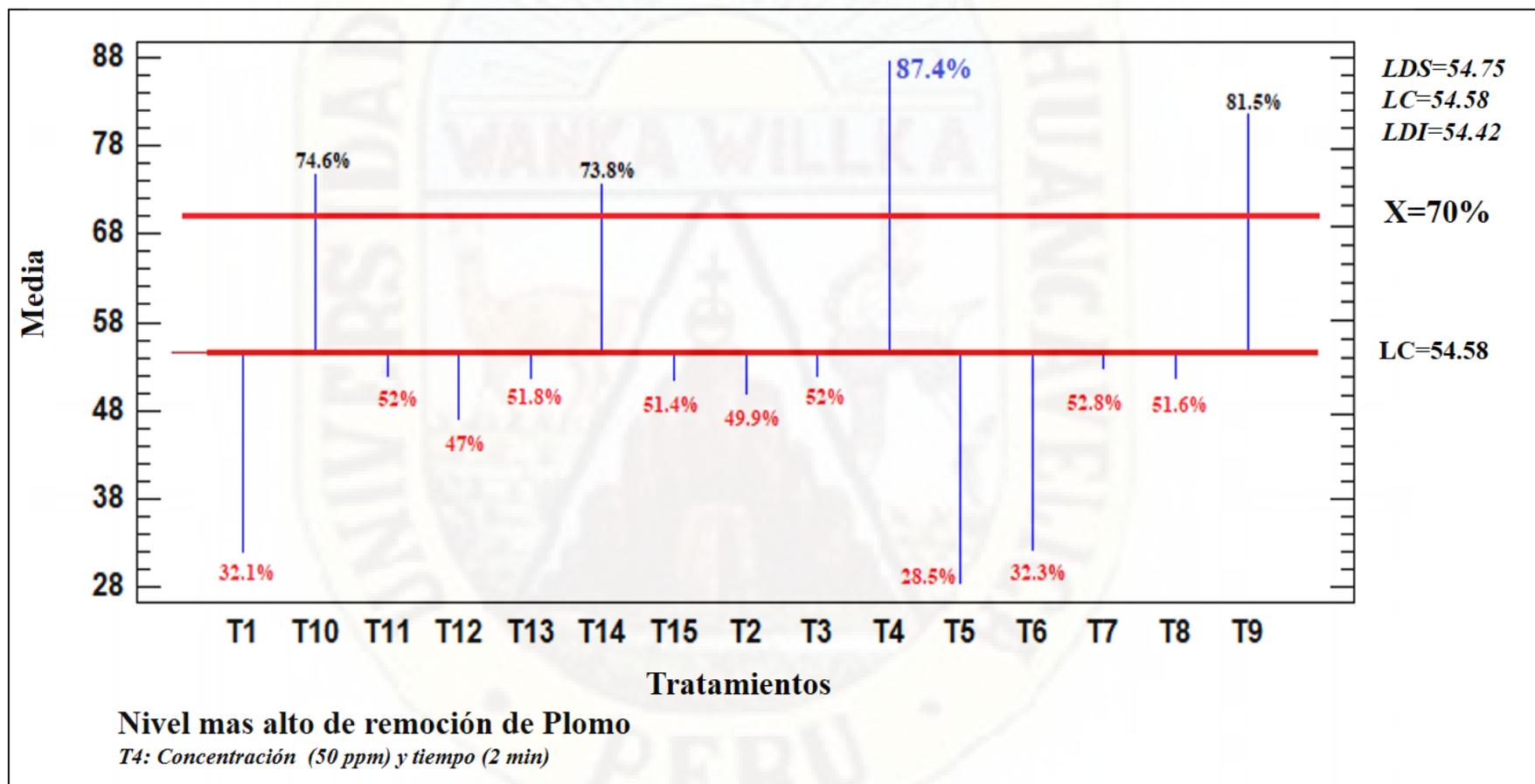
| Tratamiento | Recuento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación (%) | Mínimo | Máximo | Rango | Sesgo estandarizado | Curtosis estandarizada |
|-------------|----------|----------|---------------------|-------------------------------|--------|--------|-------|---------------------|------------------------|
| T1 | 5 | 32,09 | 0,138744 | 0,43236 | 31,95 | 32,28 | 0,33 | 0,606683 | -0,79949 |
| T10 | 5 | 74,572 | 0,141315 | 0,189502 | 74,39 | 74,74 | 0,35 | -0,0782165 | -0,682778 |
| T11 | 5 | 52,004 | 0,130499 | 0,25094 | 51,82 | 52,13 | 0,31 | -0,657174 | -0,626882 |
| T12 | 5 | 47,034 | 0,12973 | 0,275823 | 46,89 | 47,19 | 0,3 | 0,152231 | -110,242 |
| T13 | 5 | 51,802 | 0,105925 | 0,20448 | 51,68 | 51,97 | 0,29 | 0,912661 | 0,97692 |
| T14 | 5 | 73,802 | 0,12775 | 0,173098 | 73,65 | 73,97 | 0,32 | 0,274622 | -0,613319 |
| T15 | 5 | 51,422 | 0,117132 | 0,227787 | 51,3 | 51,58 | 0,28 | 0,32702 | -0,698233 |
| T2 | 5 | 49,948 | 0,111893 | 0,224019 | 49,83 | 50,11 | 0,28 | 0,67268 | -0,299683 |
| T3 | 5 | 51,966 | 0,121984 | 0,234737 | 51,81 | 52,12 | 0,31 | -0,122262 | -0,509752 |
| T4 | 5 | 87,42 | 0,0141421 | 0,0161772 | 87,4 | 87,43 | 0,03 | -0,806872 | -0,798762 |
| T5 | 5 | 28,522 | 0,130269 | 0,456731 | 28,34 | 28,68 | 0,34 | -0,384777 | -0,16877 |
| T6 | 5 | 32,262 | 0,176833 | 0,548116 | 32,05 | 32,46 | 0,41 | -0,214995 | -110,675 |
| T7 | 5 | 52,76 | 0,152643 | 0,289316 | 52,59 | 53,0 | 0,41 | 0,916313 | 0,73997 |
| T8 | 5 | 51,626 | 0,127004 | 0,246008 | 51,46 | 51,79 | 0,33 | -0,0626532 | -0,28996 |
| T9 | 5 | 81,52 | 0,102713 | 0,125998 | 81,42 | 81,67 | 0,25 | 0,600227 | -0,19436 |
| Total | 75 | 545,833 | 171,993 | 315102 | 28,34 | 87,43 | 59,09 | 140,765 | -11,511 |

Nota. Elaboración propia.

En el presente apartado se muestra diferentes estadísticos de remoción de Plomo para cada uno de los 15 niveles de tratamiento. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciona Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias. De la misma forma se pudo observar que la media total de la remoción de Plomo mediante el coagulante *Opuntia floccosa* fue de 54.5833 % con una desviación estándar de ± 17.1993 , con una remoción mínima de 23.34 % y un máximo de 87.43 % y un rango de 59.09 %.

De la misma forma se pudo observar variaciones significativas entre los 15 tratamientos aplicados con el coagulante *Opuntia floccosa*, en donde el tratamiento T5 se registraron remociones mínimas de 28.34 % a diferencia que en el tratamiento T4 se registraron remociones de 87.43 % existiendo una variación de 59.09 % lo cual hace que existe un tratamiento que maximiza la remoción de Plomo en las aguas ácidas de la Minera Julcani-Huancavelica.

Figura 19
Remoción de Plomo (Pb) en aguas ácidas de la Minera Julcani con coagulante Opuntia floccosa.

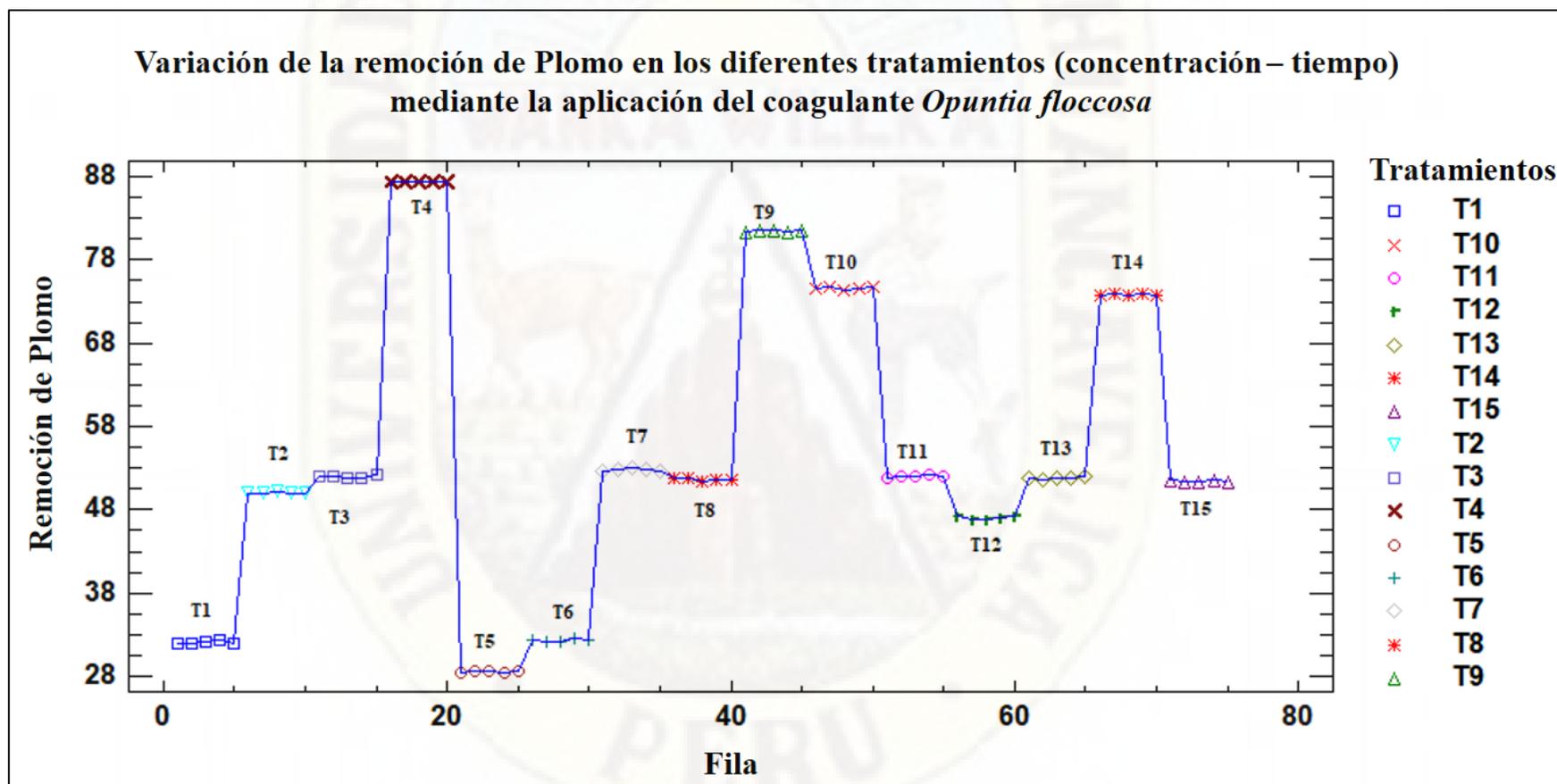


Nota. La figura muestra la remoción de Plomo en porcentajes para los 15 tratamientos realizados y analizados con la media. Fuente: Elaboración propia.

En el presente apartado se puede observar las remociones de Plomo mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa* en 15 diferentes concentraciones y tiempos de coagulación, en donde se puede señalar que la remoción más baja se dio en el tratamiento T5 con una remoción del 28.5 % y que esta a su vez no fue eficiente ($r < 70 \%$) mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 en donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 87.4 % por lo que dicha remoción fue eficiente ($r > 70 \%$). De igual forma se puede señalar que existieron 4 tratamientos quienes fueron eficientes (T4, T9, T10 y T14) ya que obtuvieron eficiencias mayores al 70 % y los tratamientos que no fueron eficientes (T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8, T11, T12, T13 y T15). Por lo que se puede señalar que si existe un tratamiento que sea eficiente y remueva mayor a 70 % y dicho tratamiento fue el T4 (concentración de 50 ppm y en un tiempo de 2 min).

Figura 20

Variación de la remoción de Plomo (Pb) en los diferentes tratamientos (concentración – tiempo), mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa*.



Nota. La figura muestra la variación de la remoción de Plomo para los 15 tratamientos realizados. Fuente: Elaboración propia

En el presente apartado se puede observar la variación entre los 15 tratamientos mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa* en las aguas de la mina Julcani-Huancavelica, en donde se puede observar una gran variación entre el tratamiento T1 con respecto al tratamiento T4, T5, T7, T9, T12, T14 y T15, por lo que se puede deducir que si existe una concentración y un tiempo que optimice la remoción de Plomo.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis general

Existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza más de un 70 % la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

4.2.1.1. Formulación de la hipótesis nula y alterna según el problema.

Ho: No existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza más de un 70 % la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P \leq 70$$

Ha: Existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza más de un 70 % la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P > 70$$

4.2.1.2. Escoger el riesgo o nivel de significancia.

El presente proyecto de investigación se analizará a un nivel de confianza del 95 % con un riesgo o error del 5 % por lo que; $\alpha = 0.05$ y $NC = 1 - \alpha$ (0.95), el proyecto de investigación debe de ser menor al nivel de confianza para ser aceptado.

4.2.1.3. Supuestos de varianza

En la tabla 34 se muestra un P valor mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) lo que indica que; la distribución de los datos de remoción de Hierro y Plomo optimo tienen una distribución normal, por lo que se debe de emplear una prueba paramétrica. Dicho proceso se llevó a cabo mediante el estadístico Shapiro Wilk (<50 datos), esto debido a que se procesó tan solo 10 datos de remoción.

Tabla 34*Prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk.*

| Variable de estudio | Shapiro-Wilk | | |
|----------------------------|--------------|----|----------|
| | Estadístico | gl | P valor. |
| Remoción de Hierro y Plomo | ,925 | 10 | ,401 |

Nota. Elaboración propia.**4.2.1.4. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado**

El estadístico a utilizar para la presente prueba de hipótesis fue el T de Student para muestras proporcionales, esto debido a que la base de datos se midió de manera porcentual (%), las pruebas paramétricas se emplean siempre en cuando las bases de datos cumplan con el supuesto de normalidad.

4.2.1.5. Verificar la existencia de un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción.

En la tabla 35 muestra la verificación del tiempo y concentración mediante la prueba de F de Fisher en donde nos indica para el Hierro y Plomo el grado relativo es de 8, F es de 34093,655 y 48641,429 respectivamente. Además, el P valor para ambos es de ,000 que nos indica que si existe un tiempo y una concentración que maximiza la remoción.

Tabla 35*Prueba para verificación de la existencia de un tiempo y concentración que maximiza la remoción*

| Pruebas de efectos inter-sujetos | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|----|------------------|-----------|---------|
| Origen | Variable dependiente | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | P valor |
| Concentración * Tiempo | Remoción de Hierro | ,290 | 8 | ,036 | 34093,655 | ,000 |
| | Remoción de Plomo | ,623 | 8 | ,078 | 48641,429 | ,000 |

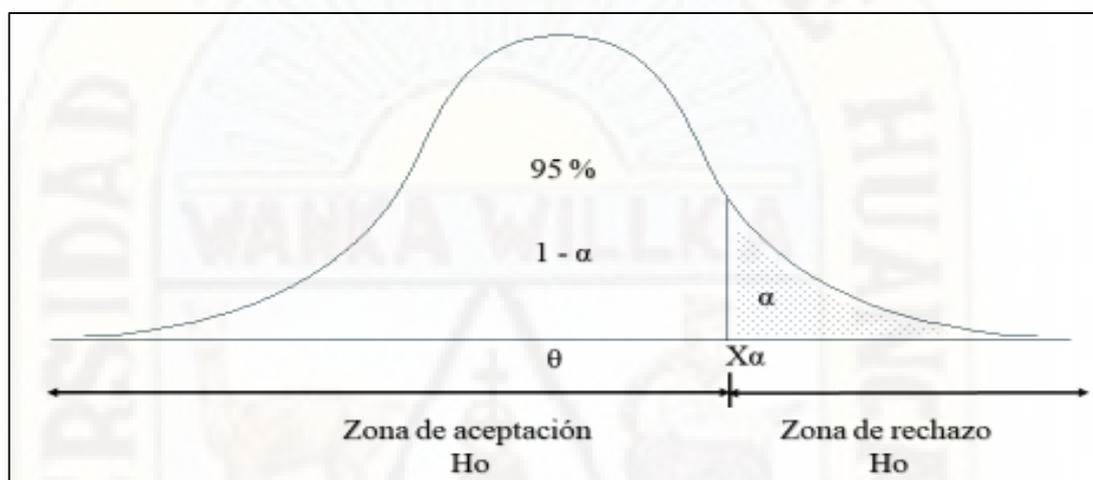
Nota. Elaboración propia.

4.2.1.6. Establecer la región crítica

Campana de Gauss unilateral de cola derecha para la contratación de la hipótesis general.

Figura 21

Campana de Gauss unilateral de cola derecha para la contratación de la hipótesis general



Nota. La figura muestra la campana de Gauss unilateral de cola derecha en donde ($\alpha = 0.05$) señala la región de rechazo de la hipótesis nula y aceptación de la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia

4.2.1.7. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n”.

❖ Determinar el T calculado proporcional (Tcal)

En la tabla 36 muestra los valores de la prueba estadística para el tratamiento 4 para Hierro y Plomo en donde se determinó la Proporción de muestra (P), Proporción teórica o alterna P (ha) y la muestra (n) que más adelante servirá para poder hallar el T calculado proporcional (Tcal).

Tabla 36

Valores de la prueba estadística.

| Valores de la prueba estadística | Datos |
|--|-------|
| Nivel de significancia (NS) | 0.05 |
| Nivel de confianza (NC) | 0.95 |
| Proporción teórica o alterna P _(ha) | 0.70 |

| | |
|----------------------------|--------|
| Proporción muestra (P) | 0.8986 |
| Muestra (n) | 10 |
| T de tabla (valor crítico) | 1.8331 |
| T de Student proporciones | 2.206 |

Nota. Elaboración propia.

❖ **Hallando el T calculado proporcional**

$$T_{cal} = \frac{P - P_{Ha}}{\sqrt{\frac{P \times (1-P)}{n}}}$$

$$T_{cal} = \frac{0.8986 - 0.7}{\sqrt{\frac{0.8986 \times (1 - 0.8986)}{10}}}$$

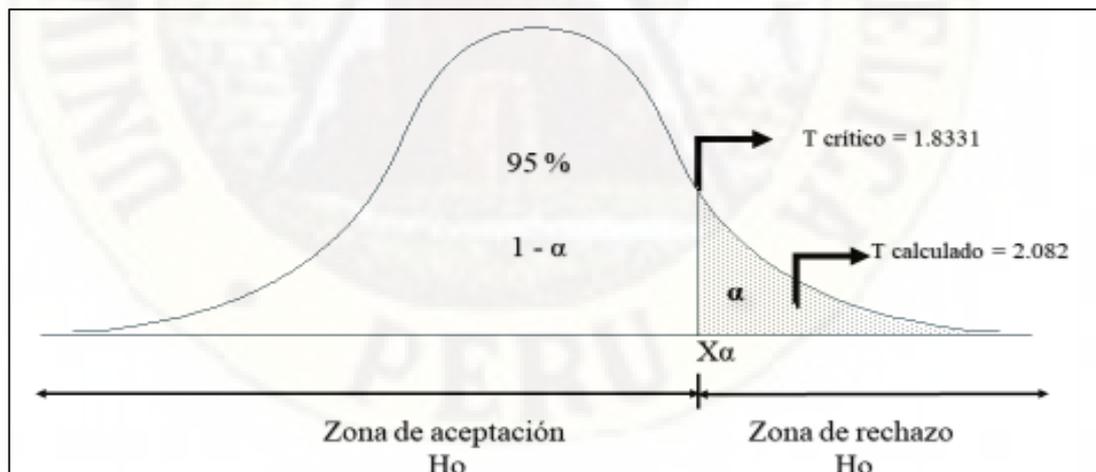
$$T_{cal} = \frac{0.1986}{0.0954}$$

$$T_{cal} = 2.082$$

❖ **Determinar el T tabulado/crítico (Tcr)**

Figura 22

Región crítica cola derecha, t calculado > t crítico.



Nota. La figura muestra que si la t calculado es mayor al t crítico entonces se acepta la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

Figura 23
 Tabla de distribución de T Student

| | | $\alpha = 0.05$ | | | |
|-----------------------------|----|-----------------|--------|--------|---------|
| | | 0.25 | 0.1 | 0.05 | 0.025 |
| R grados de libertad = 9 | 1 | 1 | 3.0777 | 6.3137 | 12.7062 |
| | 2 | 0.8165 | 1.8856 | 2.92 | 4.3027 |
| | 3 | 0.7649 | 1.6377 | 2.3534 | 3.1824 |
| | 4 | 0.7407 | 1.5332 | 2.1318 | 2.7765 |
| | 5 | 0.7267 | 1.4759 | 2.015 | 2.5706 |
| | 6 | 0.7176 | 1.4398 | 1.9432 | 2.4469 |
| | 7 | 0.7111 | 1.4149 | 1.8946 | 2.3646 |
| | 8 | 0.7064 | 1.3968 | 1.8595 | 2.306 |
| | 9 | 0.7027 | 1.3831 | 1.8331 | 2.2622 |
| | 10 | 0.6998 | 1.8125 | 1.8125 | 2.2281 |
| | 11 | 0.6974 | 1.7959 | 1.7959 | 2.201 |
| | 12 | 0.6955 | 1.7823 | 1.7823 | 2.1788 |

Nota. La figura muestra la tabla de distribución T Student con R grados de libertad = 9 y α es = 0.05 nos resulta un t crítico de 1.8331. Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.8. Decisión estadística

Se concluye que el T calculado proporcional cayó en la región de rechazo de la hipótesis nula por lo que se acepta la hipótesis alterna el que menciona que existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza más de un 70 % la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

Tabla 37

Prueba para la contratación de la hipótesis general utilizando la pruebas de efectos inter-sujetos.

TABLA DE HIPÓTESIS

| Pruebas de efectos inter-sujetos | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----|------------------|--------------|------|
| Origen | Variable dependiente (Remoción) | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | Hierro | 1,444 ^a | 14 | ,103 | 97100,796 | ,000 |
| | Plomo | 2,189 ^b | 14 | ,156 | 97655,924 | ,000 |
| Intersección | Hierro | 38,051 | 1 | 38,051 | 35827447,036 | ,000 |
| | Plomo | 22,345 | 1 | 22,345 | 13956353,317 | ,000 |
| Concentración | Hierro | ,958 | 4 | ,239 | 225491,378 | ,000 |
| | Plomo | 1,473 | 4 | ,368 | 229983,159 | ,000 |
| Tiempo | Hierro | ,196 | 2 | ,098 | 92348,194 | ,000 |
| | Plomo | ,093 | 2 | ,047 | 29059,433 | ,000 |
| Concentración * | Hierro | ,290 | 8 | ,036 | 34093,655 | ,000 |
| | Plomo | ,623 | 8 | ,078 | 48641,429 | ,000 |
| Error | Hierro | 6,372E-5 | 60 | 1,062E-6 | | |
| | Plomo | 9,606E-5 | 60 | 1,601E-6 | | |
| Total | Hierro | 39,495 | 75 | | | |
| | Plomo | 24,534 | 75 | | | |
| Total corregido | Hierro | 1,444 | 74 | | | |
| | Plomo | 2,189 | 74 | | | |

Nota. En la tabla 37 muestra los valores de la prueba estadística para el tratamiento 4 para Hierro y Plomo en donde a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000) b. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000) Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Prueba de hipótesis específica 1

Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani.

4.2.2.1. Formulación de la hipótesis nula y alterna según el problema.

- ❖ H0: No existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P_{xy}=0$$

- ❖ Ha: Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P_{xy}\neq 0$$

4.2.2.2. Escoger el riesgo o nivel de significancia.

El presente proyecto de investigación se analizará a un nivel de confianza del 95 % con un riesgo u error del 5 % por lo que; $\alpha = 0.05$ ($\frac{\alpha}{2} = 0.025$) y $NC = 1 - \alpha$ (0.095), entonces el proyecto de investigación debe de ser menor al nivel de confianza para ser aceptado.

4.2.2.3. Prueba de normalidad

Tabla 38

Prueba de normalidad por Shapiro - Wilk.

| Tratamiento | Shapiro - Wilk | | |
|-----------------------|----------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| T1 | ,992 | 5 | ,987 |
| T2 | ,971 | 5 | ,883 |
| T3 | ,808 | 5 | ,094 |
| T4 | ,858 | 5 | ,220 |
| T5 | ,931 | 5 | ,603 |
| T6 | ,973 | 5 | ,892 |
| T7 | ,973 | 5 | ,892 |
| Remoción de Hierro T8 | ,958 | 5 | ,793 |
| T9 | ,951 | 5 | ,742 |
| T10 | ,992 | 5 | ,985 |
| T11 | ,951 | 5 | ,741 |
| T12 | ,905 | 5 | ,437 |
| T13 | ,970 | 5 | ,876 |
| T14 | ,930 | 5 | ,598 |
| T15 | ,924 | 5 | ,553 |

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 38 muestra un P valor mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) lo que indica que; la distribución de los datos de las concentraciones aplicadas en la remoción de Hierro optimo tienen una distribución normal, por lo que se debe de emplear una prueba paramétrica. Dicho proceso se llevó a cabo mediante el estadístico Shapiro - Wilk (< 50 datos), esto debido a que se procesó tan solo 5 datos de remoción por cada concentración.

4.2.2.4. Prueba de homogeneidad

En la tabla 39 muestra que existe homogeneidad de varianza (P valor = 0.796) debido a que el P valor fue mayor al nivel de significancia de 0.05.

Tabla 39
Prueba de homogeneidad de varianza.

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|------|--------|---------|
| | | Estadístico de Levene | gl 1 | gl 2 | P valor |
| Remoción de Hierro | Se basa en la media | ,668 | 14 | 60 | ,796 |
| | Se basa en la mediana | ,363 | 14 | 60 | ,980 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | ,363 | 14 | 48,119 | ,979 |
| | Se basa en la media recortada | ,649 | 14 | 60 | ,813 |

Nota. Elaboración propia.

4.2.2.5. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado

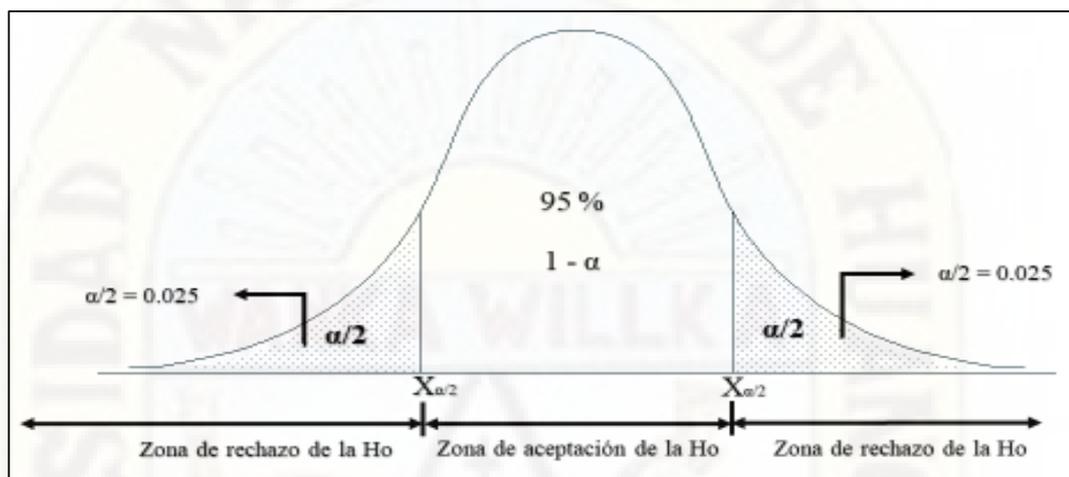
El estadístico a utilizar para la presente prueba de hipótesis fue el ANOVA, esto debido a que existen 15 muestras de comparación, las pruebas paramétricas se emplean siempre en cuando las bases de datos cumplan con el supuesto de normalidad y en el caso del ANOVA se emplea siempre en cuando cumpla con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

4.2.2.6. Establecer la región crítica

Campana de Gauss bilateral para la contratación de la hipótesis específica.

Figura 24

Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 1



Nota. La figura muestra la campana de Gauss bilateral de dos colas derecha e izquierda en donde ($\alpha/2 = 0.025$) y señala la región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula e hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.7. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor.

En la tabla 40 muestra el P valor fue menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que sí existe diferencia significativa entre dichas concentraciones por lo que se empleara una Prueba Post Hoc - Tukey.

Tabla 40

Prueba de análisis de varianza.

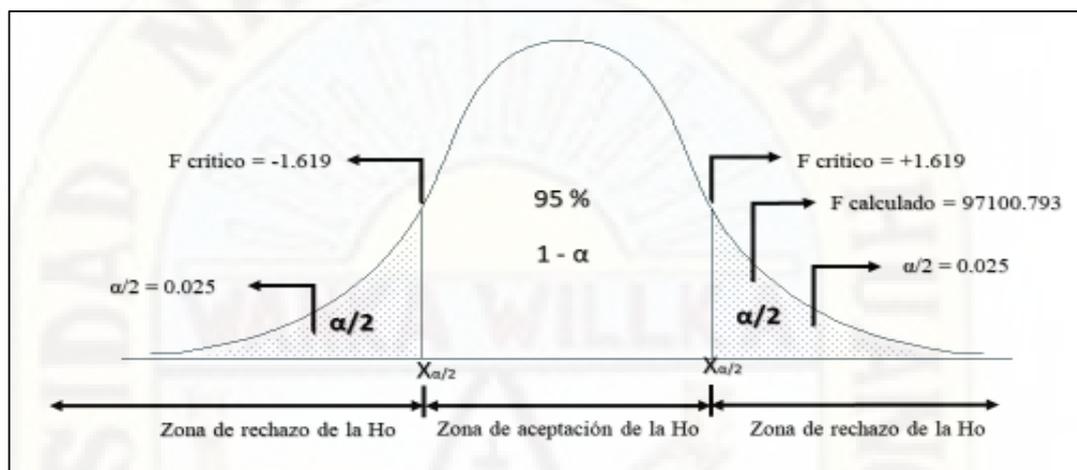
| ANOVA | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------------|----------|
| Remoción de Hierro | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F calculado | P valor. |
| Entre grupos | 1,444 | 14 | ,103 | 97,100,793 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,958 | 60 | ,239 | | |
| Total | 1,444 | 74 | | | |

Nota. Elaboración propia.

4.2.2.8. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” el “F” calculado.

Figura 25

Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico de la hipótesis específica 1.



Nota. La figura muestra en la campana de Gauss en donde F calculado es mayor al F crítico entonces se acepta la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

Figura 26

Tabla de distribución de F de Fisher.

| v2 \ v1 | | v1 | | | | | | | | | |
|---------|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|--|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | | |
| 1 | 2 | 49.50 | 55.833 | 58.204 | 59.439 | 60.195 | 60.705 | 61.173 | 61.35 | | |
| 2 | 2 | 9.000 | 9.243 | 9.326 | 9.367 | 9.392 | 9.408 | 9.420 | 9.429 | | |
| 3 | 2 | 5.462 | 5.343 | 5.285 | 5.252 | 5.230 | 5.216 | 5.205 | 5.196 | | |
| 4 | 2 | 4.325 | 4.107 | 4.010 | 3.955 | 3.920 | 3.896 | 3.878 | 3.864 | | |
| 5 | 2 | 3.780 | 3.520 | 3.406 | 3.339 | 3.297 | 3.268 | 3.247 | 3.230 | | |
| 6 | 2 | 3.463 | 3.181 | 3.055 | 2.983 | 2.937 | 2.905 | 2.881 | 2.863 | | |
| 7 | 2 | 3.257 | 2.961 | 2.827 | 2.752 | 2.703 | 2.668 | 2.643 | 2.623 | | |
| 8 | 2 | 3.113 | 2.806 | 2.668 | 2.589 | 2.538 | 2.502 | 2.475 | 2.454 | | |
| 9 | 2 | 3.006 | 2.693 | 2.551 | 2.469 | 2.416 | 2.379 | 2.351 | 2.330 | | |
| 10 | 2 | 2.924 | 2.605 | 2.461 | 2.377 | 2.323 | 2.284 | 2.255 | 2.233 | | |
| 15 | 2 | 2.695 | 2.361 | 2.208 | 2.119 | 2.059 | 2.017 | 1.985 | 1.961 | | |
| 20 | 2 | 2.589 | 2.249 | 2.091 | 1.999 | 1.937 | 1.892 | 1.859 | 1.833 | | |
| 30 | 2 | 2.489 | 2.142 | 1.980 | 1.927 | 1.819 | 1.773 | 1.737 | 1.709 | | |
| 40 | 2 | 2.440 | 2.091 | 1.927 | 1.873 | 1.763 | 1.715 | 1.678 | 1.649 | | |
| 50 | 2 | 2.412 | 2.061 | 1.895 | 1.840 | 1.729 | 1.680 | 1.643 | 1.613 | | |
| 60 | 2 | 2.396 | 2.041 | 1.875 | 1.819 | 1.708 | 1.659 | 1.619 | 1.589 | | |
| 70 | 2 | 2.380 | 2.027 | 1.860 | 1.804 | 1.691 | 1.641 | 1.603 | 1.572 | | |

Nota. La figura muestra la tabla de distribución F de Fisher en donde F crítico es de 1.619. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.9. Prueba de Post Hoc - Tukey

Tabla 41

Prueba de Prueba Post Hoc – Tukey para la remoción de Hierro.

| | | Remoción de Hierro | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (ppm) – tiempo (min) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 70 - 8 | 5 | ,4387 | | | | | | | | | | | | |
| 70 - 5 | 5 | | ,5083 | | | | | | | | | | | |
| 50 - 8 | 5 | | | ,5403 | | | | | | | | | | |
| 70 - 2 | 5 | | | ,5409 | | | | | | | | | | |
| 20 - 8 | 5 | | | | ,6901 | | | | | | | | | |
| 50 - 5 | 5 | | | | ,6903 | | | | | | | | | |
| 10 - 8 | 5 | | | | | ,7402 | | | | | | | | |
| 30 - 2 | 5 | | | | | | ,7653 | | | | | | | |
| 10 - 5 | 5 | | | | | | | ,7797 | | | | | | |
| 10 - 2 | 5 | | | | | | | | ,7877 | | | | | |
| 20 - 5 | 5 | | | | | | | | | ,7903 | | | | |
| 20 - 2 | 5 | | | | | | | | | | ,7929 | | | |
| 30 - 8 | 5 | | | | | | | | | | | ,8002 | | |
| 30 - 5 | 5 | | | | | | | | | | | | ,8964 | |
| 50 - 2 | 5 | | | | | | | | | | | | | ,9229 |
| P valor | | 0 | 0 | 1,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Nota. Elaboración propia.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000 y los valores diferentes de cada recuadro tienen diferencias significativas con un P valor de 0.000 y mientras que los datos repetidos en una misma columna no tienen diferencia significativa ya que tienen un P valor de 1, C y T corresponden a las concentraciones y tiempos de coagulación realizada en la Prueba de Jarras.

4.2.2.10. Decisión estadística

Se concluye que el P valor fue menor al nivel de rechazo de la hipótesis nula (H0) por lo que se acepta la hipótesis alterna (Ha) lo que; existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani. Asimismo, avalado por el F calculado el cual fue mayor al F crítico. De la misma forma mediante el estadístico de Post Hoc - Tukey se estima que la concentración máxima fue de 50 ppm en un tiempo de 2 minutos con un porcentaje de remoción de 92.29 %.

4.2.3. Prueba de hipótesis específica 2

Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani

4.2.3.1. Formulación de la hipótesis nula y alterna según al problema.

H0: No existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P_{XY} = 0$$

Ha: Existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.

$$P_{XY} \neq 0$$

4.2.3.2. Escoger el riesgo o nivel de significancia

El presente proyecto de investigación se analizará a un nivel de confianza del 95 % con un riesgo u error del 5 % por lo que;

$\alpha = 0.05$ ($\frac{\alpha}{2} = 0.025$) y $NC = 1 - \alpha(0.095)$ entonces el proyecto de investigación debe de ser menor al nivel de confianza para ser aceptado.

4.2.3.3. Prueba de normalidad

En la tabla 40 se visualiza un P valor mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) lo que indica que; la distribución de los datos de las concentraciones aplicadas en la remoción de Plomo optimo tienen una distribución normal, por lo que se debe de emplear una prueba paramétrica. Dicho proceso se llevó a cabo mediante el estadístico Shapiro - Wilk (<50 datos), esto debido a que se procesó tan solo 5 datos de remoción por cada concentración.

Tabla 42
prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro - Wilk.

| Tratamiento | Shapiro - Wilk | | |
|-------------|----------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| T1 | ,897 | 5 | ,392 |
| T2 | ,944 | 5 | ,697 |
| T3 | ,966 | 5 | ,851 |
| T4 | ,767 | 5 | ,042 |
| T5 | ,957 | 5 | ,790 |
| T6 | ,925 | 5 | ,560 |
| T7 | ,944 | 5 | ,695 |
| T8 | ,993 | 5 | ,989 |
| T9 | ,925 | 5 | ,560 |
| T10 | ,971 | 5 | ,881 |
| T11 | ,914 | 5 | ,490 |
| T12 | ,929 | 5 | ,589 |
| T13 | ,913 | 5 | ,484 |
| T14 | ,967 | 5 | ,858 |
| T15 | ,940 | 5 | ,666 |

Nota. Elaboración propia.

4.2.3.4. Prueba de homogeneidad

Tabla 43

Prueba de homogeneidad de varianza

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|------|--------|---------|
| | | Estadístico de Levene | gl 1 | gl 2 | P valor |
| Remoción de Plomo | Se basa en la media | 1,128 | 14 | 60 | ,354 |
| | Se basa en la mediana | ,581 | 14 | 60 | ,870 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | ,581 | 14 | 48,709 | ,867 |
| | Se basa en la media recortada | 1,106 | 14 | 60 | ,372 |

Nota. En este apartado se pudo observar que existe homogeneidad de varianza (P valor = 0.354) debido a que el P valor fue mayor al nivel de significancia de 0.05. Elaboración propia.

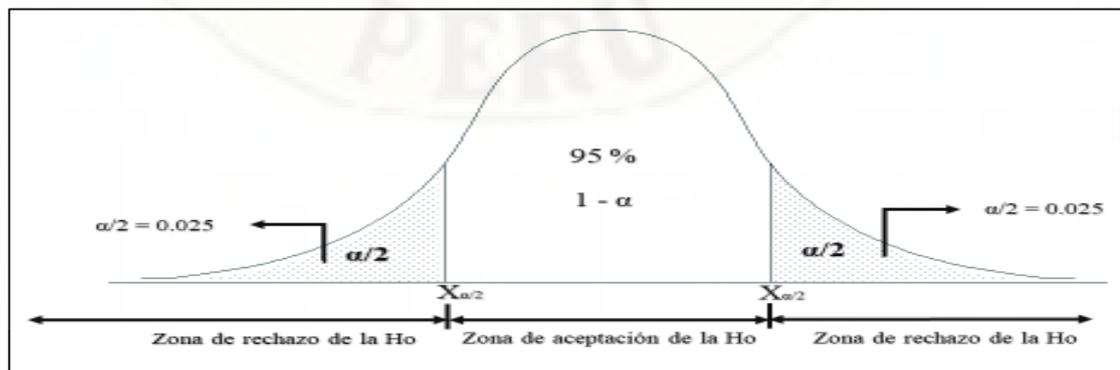
4.2.3.5. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado

El estadístico a utilizar para la presente prueba de hipótesis fue el ANOVA, esto debido a que existen 15 muestras de comparación, las pruebas paramétricas se emplean siempre en cuando las bases de datos cumplan con el supuesto de normalidad y en el caso del ANOVA se utiliza cuando cumple los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

4.2.3.6. Establecer la región crítica

Figura 27

Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 2



Nota. La figura muestra la campana de Gauss bilateral de dos colas derecha e izquierda en donde ($\alpha/2 = 0.025$) señala la región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula e hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.7. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

En la tabla 44 el P valor fue menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que sí existe diferencia significativa entre dichas concentraciones por ende se empleara una Prueba Post Hoc - Tukey.

Tabla 44
Prueba de análisis de varianza.

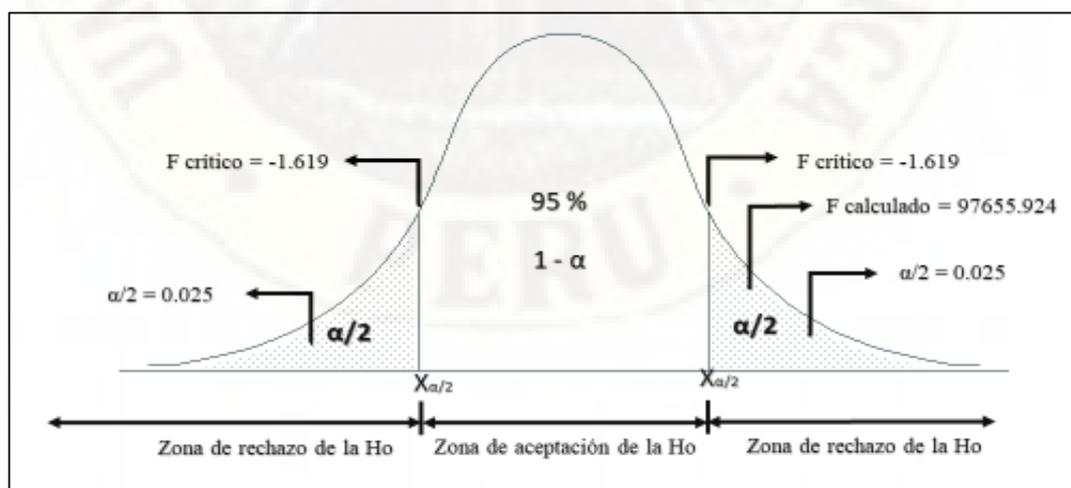
| ANOVA | | | | | |
|-------------------|-------------------|----|------------------|-----------|---------|
| Remoción de Plomo | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | P valor |
| Entre grupos | 2,189 | 14 | ,156 | 97655,924 | ,000 |
| Dentro de grupos | 1,478 | 60 | ,368 | | |
| Total | 2,189 | 74 | | | |

Nota. Elaboración propia.

4.2.3.8. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” el “F” calculado.

Figura 28

Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico para la hipótesis 2.



Nota. La figura muestra en la campana de Gauss que si el F calculado es mayor al F crítico se acepta la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Tabla de distribución de F de Fisher.

| V2 \ V1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 49.5 | 55.833 | 58.204 | 59.439 | 60.195 | 60.705 | 61.173 | 61.35 |
| 2 | 9 | 9.243 | 9.326 | 9.367 | 9.392 | 9.408 | 9.42 | 9.429 |
| 3 | 5.462 | 5.343 | 5.285 | 5.252 | 5.23 | 5.216 | 5.205 | 5.196 |
| 4 | 4.325 | 4.107 | 4.01 | 3.955 | 3.92 | 3.896 | 3.878 | 3.864 |
| 5 | 3.78 | 3.52 | 3.406 | 3.339 | 3.297 | 3.268 | 3.247 | 3.23 |
| 6 | 3.463 | 3.181 | 3.055 | 2.983 | 2.937 | 2.905 | 2.881 | 2.863 |
| 7 | 3.257 | 2.961 | 2.827 | 2.752 | 2.703 | 2.668 | 2.643 | 2.623 |
| 8 | 3.113 | 2.806 | 2.668 | 2.589 | 2.538 | 2.502 | 2.475 | 2.454 |
| 9 | 3.006 | 2.693 | 2.551 | 2.469 | 2.416 | 2.379 | 2.351 | 2.33 |
| 10 | 2.924 | 2.605 | 2.461 | 2.377 | 2.323 | 2.284 | 2.255 | 2.233 |
| 15 | 2.695 | 2.361 | 2.208 | 2.119 | 2.059 | 2.017 | 1.985 | 1.961 |
| 20 | 2.589 | 2.249 | 2.091 | 1.999 | 1.937 | 1.8921 | 1.859 | 1.833 |
| 30 | 2.489 | 2.142 | 1.98 | 1.927 | 1.819 | 1.773 | 1.737 | 1.709 |
| 40 | 2.44 | 2.091 | 1.927 | 1.873 | 1.763 | 1.715 | 1.678 | 1.649 |
| 50 | 2.412 | 2.061 | 1.895 | 1.84 | 1.729 | 1.68 | 1.643 | 1.613 |
| 60 | 2.356 | 2.041 | 1.873 | 1.819 | 1.761 | 1.651 | 1.619 | 1.589 |
| 70 | 2.38 | 2.027 | 1.86 | 1.804 | 1.691 | 1.641 | 1.603 | 1.572 |

Nota. La figura muestra la distribución F de Fisher para encontrar al F crítico que es 1.619. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.9. Prueba de Post Hoc - Tukey

Tabla 45

Prueba Post Hoc – Tukey para la remoción de Plomo.

| Concentración (ppm) – tiempo (min) | N | Remoción de Plomo | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | |
| 70 - 2 | 5 | ,2852 | | | | | | | | | | | |
| 10 - 2 | 5 | | ,3209 | | | | | | | | | | |
| 10 - 5 | 5 | | ,3226 | | | | | | | | | | |
| 20 - 8 | 5 | | | ,4703 | | | | | | | | | |
| 20 - 2 | 5 | | | | ,4995 | | | | | | | | |
| 70 - 8 | 5 | | | | | ,5142 | | | | | | | |
| 30 - 5 | 5 | | | | | ,5163 | ,5163 | | | | | | |
| 30 - 8 | 5 | | | | | | ,5180 | ,5180 | | | | | |
| 30 - 2 | 5 | | | | | | | ,5197 | | | | | |
| 10 - 8 | 5 | | | | | | | ,5200 | | | | | |
| 20 - 5 | 5 | | | | | | | | ,5276 | | | | |
| 50 - 8 | 5 | | | | | | | | | ,7380 | | | |
| 70 - 5 | 5 | | | | | | | | | | ,7457 | | |
| 50 - 5 | 5 | | | | | | | | | | | ,8152 | |
| 50 - 2 | 5 | | | | | | | | | | | | ,8742 |
| P valor | | 0,000 | ,698 | 0,000 | 0,000 | ,423 | ,664 | ,440 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000 y los valores diferentes de cada recuadro tienen diferencias significativas con un P valor de 0.000 y mientras que los datos repetidos en una misma columna no tienen diferencia significativa ya que tienen un P valor de 1, C y T corresponden a las concentraciones y tiempos de coagulación realizada en la Prueba de Jarras Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.10. Decisión estadística

Se concluye que el P valor fue menor al nivel de rechazo de la hipótesis nula (H0) por lo que se acepta la hipótesis alterna (Ha) lo que; existe una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani. Asimismo, ratificado por el F calculado el cual fue mayor al F crítico. De la misma forma mediante el estadístico de Post Hoc - Tukey se estima que la concentración máxima fue de 50-ppm en un tiempo de 2 minutos con un porcentaje de remoción de 87.42 %.

4.2.4. Prueba de hipótesis específica 3

Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

4.2.4.1. Formulación de la hipótesis nula y alterna según al problema.

H0: No existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

$$P_{XY} = 0$$

Ha: Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

$$P_{XY} \neq 0$$

4.2.4.2. Escoger el riesgo o nivel de significancia

El presente proyecto de investigación se analizará a un nivel de confianza del 95 % con un riesgo u error del 5 % por lo que; $\alpha = 0.05$ ($\frac{\alpha}{2} = 0.025$) y $NC = 1 - \alpha$ (0.975), entonces el proyecto de investigación debe de ser menor al nivel de confianza para ser aceptado.

4.2.4.3. Prueba de normalidad

En la presente tabla 46 se muestra un P valor mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) lo que indica que; la distribución de los datos del tiempo aplicadas en la remoción de Hierro optimo tienen una distribución normal, por lo que se debe de emplear una prueba paramétrica. Dicho proceso se llevó a cabo mediante el estadístico Shapiro - Wilk (<50 datos), esto debido a que se procesó tan solo 5 datos de remoción por cada concentración.

Tabla 46*Prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro - Wilk.*

| | Tratamiento | Shapiro - Wilk | | |
|--------------------|-------------|----------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Remoción de Hierro | T1 | ,992 | 5 | ,987 |
| | T2 | ,971 | 5 | ,883 |
| | T3 | ,808 | 5 | ,094 |
| | T4 | ,858 | 5 | ,220 |
| | T5 | ,931 | 5 | ,603 |
| | T6 | ,973 | 5 | ,892 |
| | T7 | ,973 | 5 | ,892 |
| | T8 | ,958 | 5 | ,793 |
| | T9 | ,951 | 5 | ,742 |
| | T10 | ,992 | 5 | ,985 |
| | T11 | ,951 | 5 | ,741 |
| | T12 | ,905 | 5 | ,437 |
| | T13 | ,970 | 5 | ,876 |
| | T14 | ,930 | 5 | ,598 |
| | T15 | ,924 | 5 | ,553 |

Nota. Elaboración propia.**4.2.4.4. Prueba de homogeneidad**

En la tabla 47 se puede observar que existe homogeneidad de varianza (P valor = 0.796) debido a que el P valor fue mayor al nivel de significancia de 0.05.

Tabla 47*Prueba de homogeneidad de varianza.*

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|------|--------|----------|
| | | Estadístico de Levene | gl 1 | gl 2 | P valor. |
| Remoción de Hierro | Se basa en la media | ,668 | 14 | 60 | ,796 |
| | Se basa en la mediana | ,363 | 14 | 60 | ,980 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | ,363 | 14 | 48,119 | ,979 |
| | Se basa en la media recortada | ,649 | 14 | 60 | ,813 |

Nota. Elaboración propia.

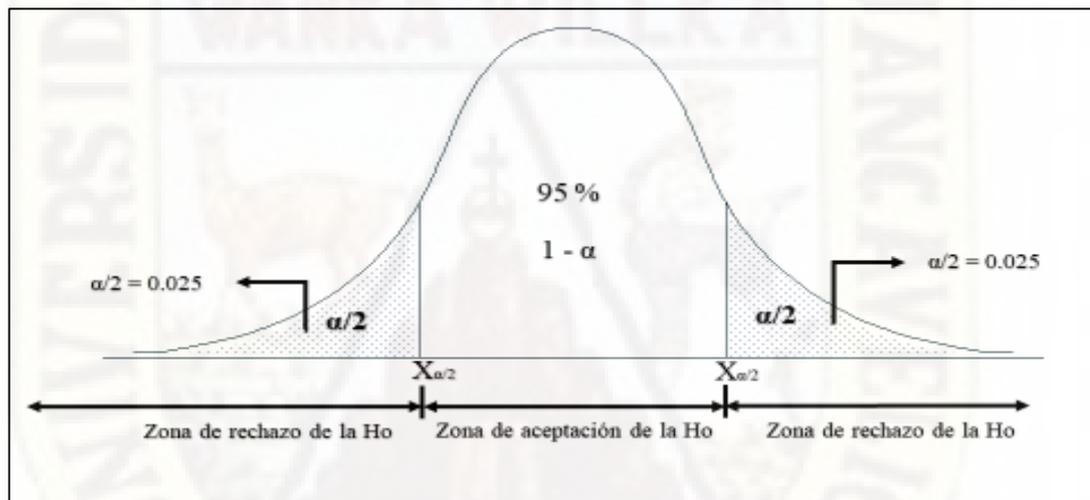
4.2.4.5. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado

El estadístico a utilizar para la presente prueba de hipótesis fue el ANOVA, esto debido a que existen 15 muestras de comparación, las pruebas paramétricas se emplean siempre en cuando las bases de datos cumplan con el supuesto de normalidad y en el caso del ANOVA se emplea siempre en cuando cumpla con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

4.2.4.6. Establecer la región crítica

Figura 30

Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 3



Nota. La figura muestra la campana de Gauss bilateral de dos colas derecha e izquierda en donde ($\alpha/2 = 0.025$) y señala la región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula e hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.7. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

En la tabla 48 se muestran resultados de la prueba estadística donde el P valor fue menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que sí existe diferencia significativa entre dichos tiempos por lo que se empleara una prueba de Post Hoc - Tukey.

Tabla 48
Prueba de análisis de varianza

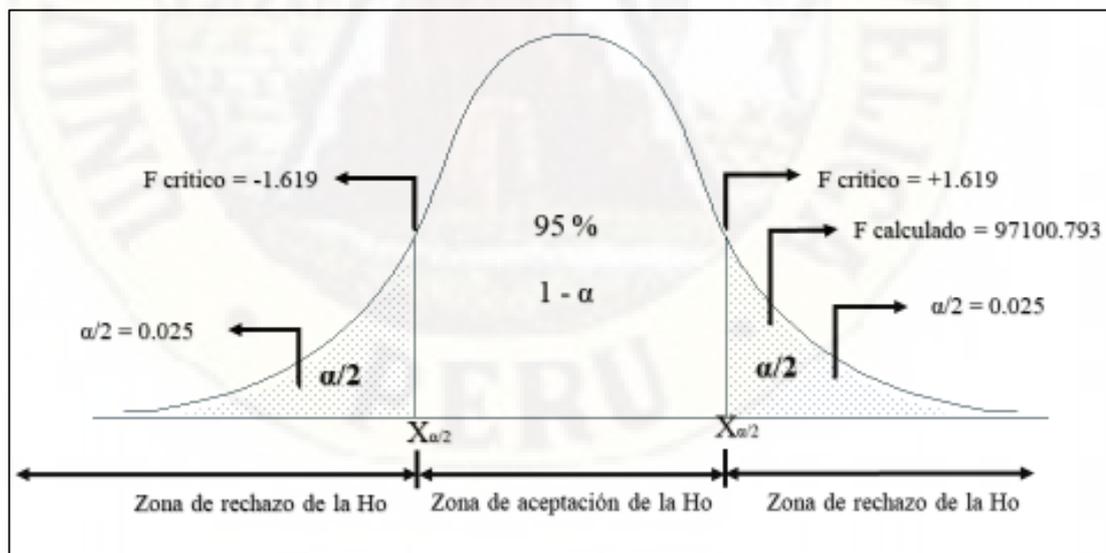
| ANOVA | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------------|----------|
| Remoción de Hierro | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F calculado | P valor. |
| Entre grupos | 1,444 | 14 | ,103 | 97,100,793 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,196 | 60 | ,098 | | |
| Total | 1,444 | 74 | | | |

Nota. Elaboración propia.

4.2.4.8. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” el “F” calculado.

Figura 31

Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que F Calculado $>$ F crítico para la hipótesis 3.



Nota. La figura muestra que si el F calculado es mayor al F crítico entonces se acepta la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

Figura 32
Tabla de distribución de F de Fisher.

| | | V1 | | | | | | | | |
|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | |
| V2 | 1 | 49.5 | 55.833 | 58.204 | 59.439 | 60.195 | 60.705 | 61.173 | 61.35 | |
| | 2 | 9 | 9.243 | 9.326 | 9.367 | 9.392 | 9.408 | 9.42 | 9.429 | |
| | 3 | 5.462 | 5.343 | 5.285 | 5.252 | 5.23 | 5.216 | 5.205 | 5.196 | |
| | 4 | 4.325 | 4.107 | 4.01 | 3.955 | 3.92 | 3.896 | 3.878 | 3.864 | |
| | 5 | 3.78 | 3.52 | 3.406 | 3.339 | 3.297 | 3.268 | 3.247 | 3.23 | |
| | 6 | 3.463 | 3.181 | 3.055 | 2.983 | 2.937 | 2.905 | 2.881 | 2.863 | |
| | 7 | 3.257 | 2.961 | 2.827 | 2.752 | 2.703 | 2.668 | 2.643 | 2.623 | |
| | 8 | 3.113 | 2.806 | 2.668 | 2.589 | 2.538 | 2.502 | 2.475 | 2.454 | |
| | 9 | 3.006 | 2.693 | 2.551 | 2.469 | 2.416 | 2.379 | 2.351 | 2.33 | |
| | 10 | 2.924 | 2.605 | 2.461 | 2.377 | 2.323 | 2.284 | 2.255 | 2.233 | |
| | 15 | 2.695 | 2.361 | 2.208 | 2.119 | 2.059 | 2.017 | 1.985 | 1.961 | |
| | 20 | 2.589 | 2.249 | 2.091 | 1.999 | 1.937 | 1.8921 | 1.859 | 1.833 | |
| | 30 | 2.489 | 2.142 | 1.98 | 1.927 | 1.819 | 1.773 | 1.737 | 1.709 | |
| | 40 | 2.44 | 2.091 | 1.927 | 1.873 | 1.763 | 1.715 | 1.678 | 1.649 | |
| | 50 | 2.412 | 2.061 | 1.895 | 1.84 | 1.729 | 1.68 | 1.643 | 1.613 | |
| | 60 | 2.38 | 2.041 | 1.875 | 1.819 | 1.761 | 1.651 | 1.619 | 1.589 | |
| | 70 | 2.38 | 2.027 | 1.86 | 1.804 | 1.691 | 1.641 | 1.603 | 1.572 | |

Nota. La figura muestra la distribución de F de Fisher para encontrar F crítico que es 1.619. Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.9. Prueba Post Hoc - Tukey

Tabla 49

Prueba Post Hoc - Tukey para la remoción de Hierro

| | | Remoción de Hierro | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|--------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|---|
| Tiempo (min) | concentración (ppm) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| 8 - 70 | | 5 | ,4387 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 - 70 | | 5 | | ,5083 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 - 50 | | 5 | | | ,5403 | | | | | | | | | | | | |
| 2 - 70 | | 5 | | | ,5409 | | | | | | | | | | | | |
| 8 - 20 | | 5 | | | | ,6901 | | | | | | | | | | | |
| 5 - 50 | | 5 | | | | ,6903 | | | | | | | | | | | |
| 8 - 10 | | 5 | | | | | ,7402 | | | | | | | | | | |
| 2 - 30 | | 5 | | | | | | ,7653 | | | | | | | | | |
| 5 - 10 | | 5 | | | | | | | ,7797 | | | | | | | | |
| 2 - 10 | | 5 | | | | | | | | ,7877 | | | | | | | |
| 5 - 20 | | 5 | | | | | | | | | ,7903 | | | | | | |
| 2 - 20 | | 5 | | | | | | | | | | ,7929 | | | | | |
| 8 - 30 | | 5 | | | | | | | | | | | ,8002 | | | | |
| 5 - 30 | | 5 | | | | | | | | | | | | ,8964 | | | |
| 2 - 50 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | ,9229 | |
| P valor | | | 0 | 0 | 1,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, en donde se utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000 y los valores diferentes de cada recuadro tienen diferencias significativas con un P valor de 0.000 y mientras que los datos repetidos en una misma columna no tienen diferencia significativa ya que tienen un P valor de 1, T y C corresponden a los tiempos y concentraciones de coagulación realizada en la Prueba de Jarras. Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.10. Decisión estadística

Se concluye que el P valor fue menor al nivel de rechazo de la hipótesis nula (H0) por lo que se acepta la hipótesis alterna (Ha) por ende; existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani. Asimismo, ratificado por el F calculado el cual fue mayor al F crítico. De la misma forma mediante el estadístico de Post Hoc - Tukey se estima que el tiempo de 2 min y con una concentración de 50 ppm maximiza el porcentaje de remoción con un 92.29 %.

4.2.5. Prueba de hipótesis específica 4

Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

4.2.5.1. Formulación de la hipótesis nula y alterna según al problema.

H0: No existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

$$P_{XY} = 0$$

Ha: Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*

$$P_{XY} \neq 0$$

4.2.5.2. Escoger el riesgo o nivel de significancia

El presente proyecto de investigación se analizará a un nivel de confianza del 95 % con un riesgo u error del 5 % por lo que $\alpha = 0.05$ ($\frac{\alpha}{2} = 0.025$) y $NC = 1 - \alpha(0.095)$, entonces el proyecto de investigación debe de ser menor al nivel de confianza para ser aceptado.

4.2.5.3. Prueba de normalidad

En la tabla 50 se muestra un P valor mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) lo que indica que; la distribución de los datos de los tiempos en la remoción de Plomo optimo presentan una distribución normal, por lo que se debe de emplear una prueba paramétrica. Dicho proceso se llevó a cabo mediante el estadístico Shapiro - Wilk (<50 datos), esto debido a que se procesó tan solo 5 datos de remoción por cada tiempo.

Tabla 50*Prueba de normalidad con el estadístico Shapiro - Wilk*

| | Tratamiento | Shapiro - Wilk | | |
|-------------------|-------------|----------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| | T1 | ,897 | 5 | ,392 |
| | T2 | ,944 | 5 | ,697 |
| | T3 | ,966 | 5 | ,851 |
| | T4 | ,767 | 5 | ,042 |
| | T5 | ,957 | 5 | ,790 |
| | T6 | ,925 | 5 | ,560 |
| | T7 | ,944 | 5 | ,695 |
| Remoción de Plomo | T8 | ,993 | 5 | ,989 |
| | T9 | ,925 | 5 | ,560 |
| | T10 | ,971 | 5 | ,881 |
| | T11 | ,914 | 5 | ,490 |
| | T12 | ,929 | 5 | ,589 |
| | T13 | ,913 | 5 | ,484 |
| | T14 | ,967 | 5 | ,858 |
| | T15 | ,940 | 5 | ,666 |

Nota. Elaboración propia.

4.2.5.4. Prueba de homogeneidad

Tabla 51*Prueba de homogeneidad de varianza*

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|------|--------|---------|
| | | Estadístico de Revene | gl 1 | gl 2 | P valor |
| | Se basa en la media | 1,128 | 14 | 60 | ,354 |
| | Se basa en la mediana | ,581 | 14 | 60 | ,870 |
| Remoción de Plomo | Se basa en la mediana y con gl ajustado | ,581 | 14 | 48,709 | ,867 |
| | Se basa en la media recortada | 1,106 | 14 | 60 | ,372 |

Nota. En este apartado se pudo observar que existe homogeneidad de varianza (P valor = 0.354) debido a que el P valor fue mayor al nivel de significancia de 0.05. Elaboración propia.

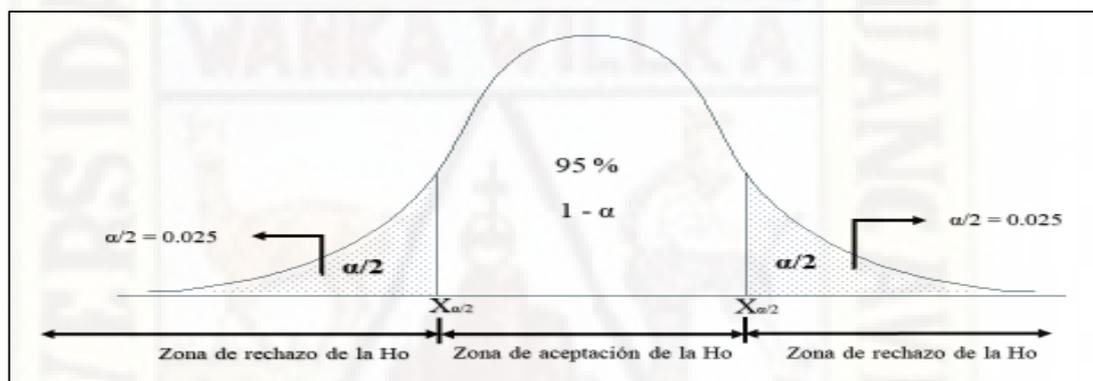
4.2.5.5. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado

El estadístico a utilizar para la presente prueba de hipótesis fue el ANOVA, esto debido a que existen 15 muestras de comparación, las pruebas paramétricas se emplean siempre en cuando las bases de datos cumplan con el supuesto de normalidad y en el caso del ANOVA se utiliza cuando cumple los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

4.2.5.6. Establecer la región crítica

Figura 33

Campana de Gauss bilateral de dos colas para la contratación de la hipótesis específica 4



Nota. La figura muestra la campana de Gauss bilateral de dos colas derecha e izquierda en donde $(\alpha/2 = 0.025)$ señala la región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula e hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.7. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” mediante el P valor

Tabla 52

Prueba estadística para una muestra para la remoción de Plomo

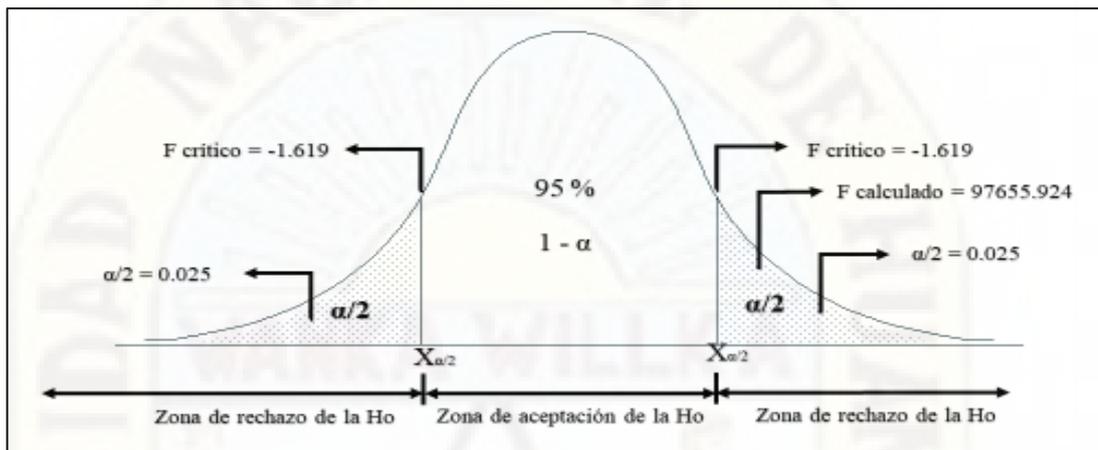
| ANOVA | | | | | |
|-------------------|-------------------|----|------------------|-----------|---------|
| Remoción de Plomo | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | P valor |
| Entre grupos | 2,189 | 14 | ,156 | 97655,924 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,093 | 60 | ,047 | | |
| Total | 2,189 | 74 | | | |

Nota. En este apartado el P valor fue menor al nivel de significancia $(\alpha = 0.05)$, por lo que sí existe diferencia significativa entre los tiempos por ende se empleara una prueba de Post Hoc - Tukey. Elaboración propia.

4.2.5.8. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n” el “F” calculado.

Figura 34

Región crítica bilateral de dos colas derecha e izquierda, indica que $F_{\text{Calculado}} > F_{\text{crítico}}$ para la hipótesis 4.



Nota. La figura muestra que si el F calculado es mayor al F crítico entonces se acepta la hipótesis alterna. Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Tabla de distribución de F de Fisher.

| V2 \ V1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 49.5 | 55.833 | 58.204 | 59.439 | 60.195 | 60.705 | 61.173 | 61.35 |
| 2 | 9 | 9.243 | 9.326 | 9.367 | 9.392 | 9.408 | 9.42 | 9.429 |
| 3 | 5.462 | 5.343 | 5.285 | 5.252 | 5.23 | 5.216 | 5.205 | 5.196 |
| 4 | 4.325 | 4.107 | 4.01 | 3.955 | 3.92 | 3.896 | 3.878 | 3.864 |
| 5 | 3.78 | 3.52 | 3.406 | 3.339 | 3.297 | 3.268 | 3.247 | 3.23 |
| 6 | 3.463 | 3.181 | 3.055 | 2.983 | 2.937 | 2.905 | 2.881 | 2.863 |
| 7 | 3.257 | 2.961 | 2.827 | 2.752 | 2.703 | 2.668 | 2.643 | 2.623 |
| 8 | 3.113 | 2.806 | 2.668 | 2.589 | 2.538 | 2.502 | 2.475 | 2.454 |
| 9 | 3.006 | 2.693 | 2.551 | 2.469 | 2.416 | 2.379 | 2.351 | 2.33 |
| 10 | 2.924 | 2.605 | 2.461 | 2.377 | 2.323 | 2.284 | 2.255 | 2.233 |
| 15 | 2.695 | 2.361 | 2.208 | 2.119 | 2.059 | 2.017 | 1.985 | 1.961 |
| 20 | 2.589 | 2.249 | 2.091 | 1.999 | 1.937 | 1.8921 | 1.859 | 1.833 |
| 30 | 2.489 | 2.142 | 1.98 | 1.927 | 1.819 | 1.773 | 1.737 | 1.709 |
| 40 | 2.44 | 2.091 | 1.927 | 1.873 | 1.763 | 1.715 | 1.678 | 1.649 |
| 50 | 2.412 | 2.061 | 1.895 | 1.84 | 1.729 | 1.68 | 1.643 | 1.613 |
| 60 | 2.386 | 2.041 | 1.875 | 1.819 | 1.701 | 1.651 | 1.619 | 1.589 |
| 70 | 2.38 | 2.027 | 1.86 | 1.804 | 1.691 | 1.641 | 1.603 | 1.572 |

Nota. La figura muestra la distribución de F de Fisher en donde el F crítico es 1.619. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.9. Prueba Post Hoc - Tukey

Tabla 53

Prueba Post Hoc - Tukey para la remoción de Plomo

| Remoción de Plomo | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tiempo (min) – concentración (ppm) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 2 - 70 | 5 | ,2852 | | | | | | | | | | | | |
| 2 - 10 | 5 | | ,3209 | | | | | | | | | | | |
| 5 - 10 | 5 | | ,3226 | | | | | | | | | | | |
| 8 - 20 | 5 | | | ,4703 | | | | | | | | | | |
| 2 - 20 | 5 | | | | ,4995 | | | | | | | | | |
| 8 - 70 | 5 | | | | | ,5142 | | | | | | | | |
| 5 - 30 | 5 | | | | | ,5163 | ,5163 | | | | | | | |
| 8 - 30 | 5 | | | | | | ,5180 | ,5180 | | | | | | |
| 2 - 30 | 5 | | | | | | | ,5197 | | | | | | |
| 8 - 10 | 5 | | | | | | | ,5200 | | | | | | |
| 5 - 20 | 5 | | | | | | | | ,5276 | | | | | |
| 8 - 50 | 5 | | | | | | | | | ,7380 | | | | |
| 5 - 70 | 5 | | | | | | | | | | ,7457 | | | |
| 5 - 50 | 5 | | | | | | | | | | | ,8152 | | |
| 2 - 50 | 5 | | | | | | | | | | | | ,8742 | |
| P valor | | 0,000 | ,698 | 0,000 | 0,000 | ,423 | ,664 | ,440 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000 y los valores diferentes de cada recuadro tienen diferencias significativas con un P valor de 0.000 y mientras que los datos repetidos en una misma columna no tienen diferencia significativa ya que tienen un P valor de 1, T y C corresponden a los tiempos y concentraciones de coagulación realizada en la Prueba de Jarras. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.10. Decisión estadística

Se concluye que el P valor fue menor al nivel de rechazo de la hipótesis nula (H0) por lo que se acepta la hipótesis alterna (Ha) lo que; existe un tiempo de coagulación del *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani. Asimismo, ratificando por el F calculado el cual fue mayor al F crítico. De la misma forma mediante el estadístico de Post Hoc - Tukey se estima que el tiempo que máxima fue de 2 minutos con una concentración de 50 ppm con un porcentaje de remoción de 87.42 %.

4.3. Discusión de resultados

Se desarrolló la discusión de los resultados obtenidos por la investigación, buscando de esta manera validar los resultados que se obtuvo en esta tesis, para el contraste de resultados de similar desarrollo, para lo cual se llevó a cabo dicha discusión de resultados que responden a los objetivos específicos y así finalmente se desarrolló la discusión general con respecto al objetivo general.

4.3.1. Concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani

Con respecto al objetivo específico 01 en el estudio realizado se puede señalar que la remoción más baja se dio en el tratamiento T15 con una remoción del 43.87 % con una concentración de 70 ppm, mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 92.29 % con una concentración de 50 ppm. Por lo tanto, se determina que si existe una concentración que maximiza la remoción de Hierro y es el tratamiento T4 que corresponde a una concentración de 50ppm. Por otro lado, Soriano (2018), obtuvo como resultado que el sistema de lodos de baja densidad permitió remover el Hierro con eficiencia de 99.97 % con una concentración de Ca (OH)_2 del 2.5 %, llegando a la conclusión que el drenaje ácido de mina con lodos de baja densidad resulta eficiente para la remoción de Hierro antes de su vertimiento a un cuerpo receptor. Mientras que para Huiza y Orellana (2015), obtuvieron como resultado remoción de Hierro (Fe) de 85 %, llegando a la conclusión que la dosis de 500 mg/l de CaCO_3 presentó un rendimiento de 85 % para la eliminación de Fe. Por otro lado, Caparachin y Salas (2017),

obtuvieron como resultado que mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio permitió remover el Hierro con eficiencia de 91,729 % a una concentración de 20 ppm, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que la concentración de 20 ppm es el más adecuado. Mientras que para Barreto (2016), obtuvieron como resultado que mediante el efecto de la dosificación de cal permitió remover el Hierro con eficiencia de 99.970 % a una concentración de 120 g de cal/l, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que a una concentración de 120 g de cal/l es el más adecuado. Analizando los diversos panoramas se afirma que los resultados de la investigación concuerdan con los resultados de las investigaciones de los proyectos mencionados debido a que presentan una concentración que maximiza la remoción de Hierro, pese a que tienen diversas metodologías y tipos de coagulante, como fue lodos de baja densidad, lecho pulsado de caliza, coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* y efecto de la dosificación de cal respectivamente.

4.3.2. Determinar la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani

Con respecto al objetivo específico 02 en el estudio realizado se puede señalar que la remoción más baja se dio en el tratamiento T5 con una remoción del 28.52 % con una concentración de 70 ppm, mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 en donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 87.42 % con una concentración de 50 ppm. Por lo tanto, se determina que si existe una concentración que maximiza la remoción de Plomo y es el tratamiento T4 a una concentración de 50ppm. Por otro lado, Soriano (2018), obtuvo como resultado que el sistema de lodos de baja densidad permitió remover el Plomo con eficiencia de 98.49 % con una concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del 2.5 %, llegando a la conclusión que el drenaje ácido de mina con lodos de baja densidad resulta eficiente para la remoción de Hierro antes de su vertimiento a un cuerpo receptor. Mientras que para Cosme y Zeballos (2017), obtuvieron como resultado que el tratamiento 7 es el más eficaz que remueve el Plomo en 88,36 % este utilizando como coagulante el Policloruro de aluminio a una concentración de 20 ppm, seguido del tratamiento 3 con una remoción de Plomo de 73,41 % donde se utilizó como coagulante el *Opuntia floccosa* a una concentración de

30 ppm; llegando a la conclusión que si existe influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de Plomo. Analizando los diversos panoramas se afirma que los resultados de la investigación concuerdan con los resultados de las investigaciones de los proyectos mencionados debido a que presentan una concentración que maximiza la remoción de Plomo, pese a que tienen diversas metodologías y tipos de coagulante como fue lodos de baja densidad, Policloruro de aluminio y coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* respectivamente.

4.3.3. Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*.

Con respecto al objetivo específico 03 en el estudio realizado se puede señalar que la remoción más baja se dio en el tratamiento T15 con una remoción del 43.87 % a un tiempo de 8 min y que esta a su vez no fue eficiente mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 92.29 % a un tiempo 2 min por lo que dicha remoción fue eficiente, por lo tanto se determina que si existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro y es el tiempo de 2 minutos. Por otro lado, Caparachin y Salas (2017), obtuvieron como resultado mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio permitió remover el Hierro con eficiencia de 91,729 % a un tiempo de 5 min, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que aun tiempo de 5 min es el más adecuado. Mientras que para Barreto (2016), obtuvieron como resultado que mediante el efecto de la dosificación de cal permitió remover el Hierro con eficiencia de 99.970 % a un tiempo de 90 min, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que aun tiempo de 90 min es el más adecuado. Analizando los diversos panoramas se afirma que los resultados de la investigación concuerdan con los resultados de las investigaciones de los proyectos mencionados debido a que presentan un tiempo que maximiza la remoción de Hierro. Sin embargo en la investigación que realizaron Caparachin y Salas (2017) trabajaron con el mismo coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* donde mencionan que el tiempo adecuado es de 5 min, esto también difiere por las diferentes concentraciones que se utilizó en las investigación, pero para Barreto (2016) que trabajó con el efecto de la dosificación de cal, menciona que la remoción de Hierro es directamente proporcional al tiempo obtenido que es de 90 min

la cual no concuerda debido a que para la tesis se tuvo como resultado eficiente de 2 min y este tiempo no es directamente proporcional a la remoción debido a que se obtuvo resultados en porcentajes menores en los tiempos 5 min y 8 min.

4.3.4. Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*

Con respecto al objetivo específico 04 en el estudio realizado se puede señalar que la remoción más eficiente es el tratamiento T4 donde se obtuvo un 87.42 % a un tiempo 2 min, por lo tanto, se determina que si existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo. Por otro lado, Estrada et al. (2020), Obtuvieron como resultado mediante la adsorción con carbón activado una eficiencia de remoción de Plomo de 100 %, a un tiempo de 4 horas de estabilización, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada, llegando a la conclusión que el Plomo se estabilizó en un lapso de 4 horas sin tener necesidad de seguir con el siguiente tratamiento que era añadir el peróxido de hidrógeno. Por otro lado, Monroy (2019), obtuvo como resultado que cuando se utilizó la adsorbente arcilla chacko (hidralgiritita) para la remoción de Plomo Pb (II) de soluciones acuosas de agua residual de mina, se obtuvo una remoción de Plomo Pb (II) de 62,50 % de adsorción, y para el proceso de floculación-sedimentación de flujo ascendente batch con Cal (CaO) artesanal, una remoción de Plomo Pb (II) de 68,80 % siendo estos las mejores eficiencias alcanzadas en la toma de datos a un tiempo de 70 min. Por lo que los resultados de la investigación concuerdan con los resultados de las investigaciones realizadas por Estrada et al. (2020) y Monroy (2019), debido a que presentan un tiempo que maximiza la remoción de Plomo, pese a que tienen diversas metodologías y tipo de coagulante.

4.3.5. Determinar el tiempo de coagulación y la concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani

En el presente proyecto de investigación “REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*” en la remoción de Hierro mediante la aplicación del coagulante *Opuntia floccosa* en 15 tratamientos diferentes con concentraciones y tiempos de coagulación, en donde la remoción más baja se dio en el tratamiento T15 con una

remoción del 43.9 % y que esta a su vez no fue eficiente ($r < 70 \%$) mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 en donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 92.3 % por lo que dicha remoción fue eficiente ($r > 70 \%$). De igual forma se puede señalar que existieron 9 tratamientos que fueron eficientes (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T11 y T13) ya que obtuvieron eficiencias mayores al 70 % y los tratamientos que no fueron eficientes (T5, T9, T10, T12, T14 y T15). Por lo que se puede señalar que si existe un tratamiento que sea eficiente y remueva mayor a 70% y dicho tratamiento fue el T4 (concentración de 50 ppm y en un tiempo de 2 minutos) y para las remociones de Plomo la remoción más baja se dio en el tratamiento T5 con una remoción del 28.5 % y que esta a su vez no fue eficiente ($r < 70 \%$) mientras que el tratamiento más efectivo fue el tratamiento T4 en donde se obtuvo una eficiencia de remoción de 87.4 % por lo que dicha remoción fue eficiente ($r > 70 \%$). De igual forma se puede señalar que existieron 4 tratamientos que fueron eficientes (T4, T9, T10 y T14) ya que obtuvieron eficiencias mayores al 70 % y los tratamientos que no fueron eficientes (T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8, T11, T12, T13 y T15). Por lo que se puede señalar que si existe un tratamiento que sea eficiente y remueva mayor a 70 % y dicho tratamiento fue el T4 (concentración de 50 ppm y en un tiempo de 2 minutos). Por otro lado, Soriano (2018), obtuvo como resultado que el sistema de lodos de baja densidad permitió remover el Hierro y el Plomo con una eficiencia de 99.97 % y 98.49 % respectivamente con una concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del 2.5 %. Mientras que para Huiza y Orellana (2015), obtuvieron como resultado remoción de Hierro (Fe) de 85 %, con una dosis de 500 mg/l de CaCO_3 . Según Caparachin y Salas (2017), obtuvieron como resultado que mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio permitió remover el Hierro con eficiencia de 91,729 % a una concentración de 20 ppm y un tiempo de 5 min. Mientras que Barreto (2016), obtuvo como resultado que mediante el efecto de la dosificación de cal permitió remover el Hierro con eficiencia de 99.97 % a una concentración de 120 g de cal/l y a un tiempo de 90 min, siendo esta la mejor eficiencia alcanzada. Para Cosme y Zeballos (2017), obtuvieron como resultado que el tratamiento 7 es el más eficaz que remueve el Plomo en 88,36 % este utilizando como coagulante el Policloruro de aluminio a una concentración de 20 ppm, seguido del tratamiento 3 con una remoción de Plomo de

73,41 % donde se utilizó como coagulante el *Opuntia floccosa* a una concentración de 30 ppm. Mientras que para Estrada et al (2020) obtuvieron como resultado mediante la adsorción con carbón activado una eficiencia de remoción de Plomo de 100 % y Hierro de 34.52 %, después de la adición del peróxido de hidrógeno a la muestra previamente tratada con carbón activado, se obtuvo una eficiencia de degradación Hierro del 100 %. Según Jimenez (2017), mediante la neutralización activo con lechada de cal obtuvo como resultado la remoción de 99.98 % de Hierro y 0 % de Plomo. Para Bautista y Alicia (2020), en su investigación sobre influencia del tiempo de retención y proporción del zuro de Zea Mays obtuvieron como resultado una remoción de Hierro y Plomo de 80.95 % y 73.53 % respectivamente utilizando 75 g de Zea Mays a tiempo de 4,8 y 12 horas y que ninguno de estos tiempos de retención de zuro de maíz es estadísticamente significativos para remover Pb y Fe. Mientras que para Berrospi (2019), en la investigación de la aplicación de la dolomita como agente remediante obtuvo como resultado en P-1 el porcentaje de remoción con 25 g de dolomita de 96.16 % de Plomo y 99.85 % de Hierro; en el P-2 el porcentaje de remoción con 25 g de dolomita de 99.68 % de Plomo y 99.88 % de Hierro; en el P-1 el porcentaje de remoción con 10 g de dolomita de 96.16 % de Plomo y 95.76 % de Hierro y P-2 el porcentaje de remoción con 10 g de dolomita de 99.59 % de Plomo y 99.15 % de Hierro. Por lo que los resultados del presente proyecto de investigación no coinciden con los resultados de las investigaciones citadas en este párrafo debido a que el método que se empleó en las otras investigaciones fue la aplicación de sistema de lodos de baja densidad, CaCO_3 , coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa*, dosificación de cal, Policloruro de aluminio, carbón activado con peróxido de hidrogeno, lechada de cal, Zea Mays y Dolomita como agente remediante respectivamente. Los autores sobre la remoción Hierro Soriano (2018), Huiza y Orellana (2015), Caparachin y Salas (2017), Barreto (2016), Estrada et al (2020) Jimenez (2017), Bautista y Alicia (2020) y Berrospi (2019), en las investigaciones alcanzaron una remoción de Hierro mayor al 70 % siendo estas 99.97 %, 85 %, 91.729 %, 99.97 %, 100 %, 99.98 %, 73.53 % y 99.88 % respectivamente. Sin embargo, estos autores trabajaron a concentraciones distintas y tiempos distintos, lo cual no concuerda con nuestros resultados obtenidos. Para los autores sobre la remoción de Plomo

Soriano (2018), Cosme y Zeballos (2017), Estrada et al (2020), Bautista y Alicia (2020), Berrospi (2019), en sus investigaciones alcanzaron una remoción de Plomo mayor al 70 % siendo estas 98.49 %, 88.36 %, 100 %, 80.95 %, 99.68 %, sin embargo, Jimenez (2017) muestra en sus resultados una remoción de 0 % de Plomo. Debido a que estos autores trabajaron a concentraciones distintas y tiempos distintos, lo cual no concuerda con nuestros resultados obtenidos. Por lo que concluimos que si existe un tiempo y una concentración de coagulante *Opuntia floccosa* que maximiza la remoción de Hierro al 92.29 % y Plomo 87.42 en aguas ácidas de la Minera Julcani.

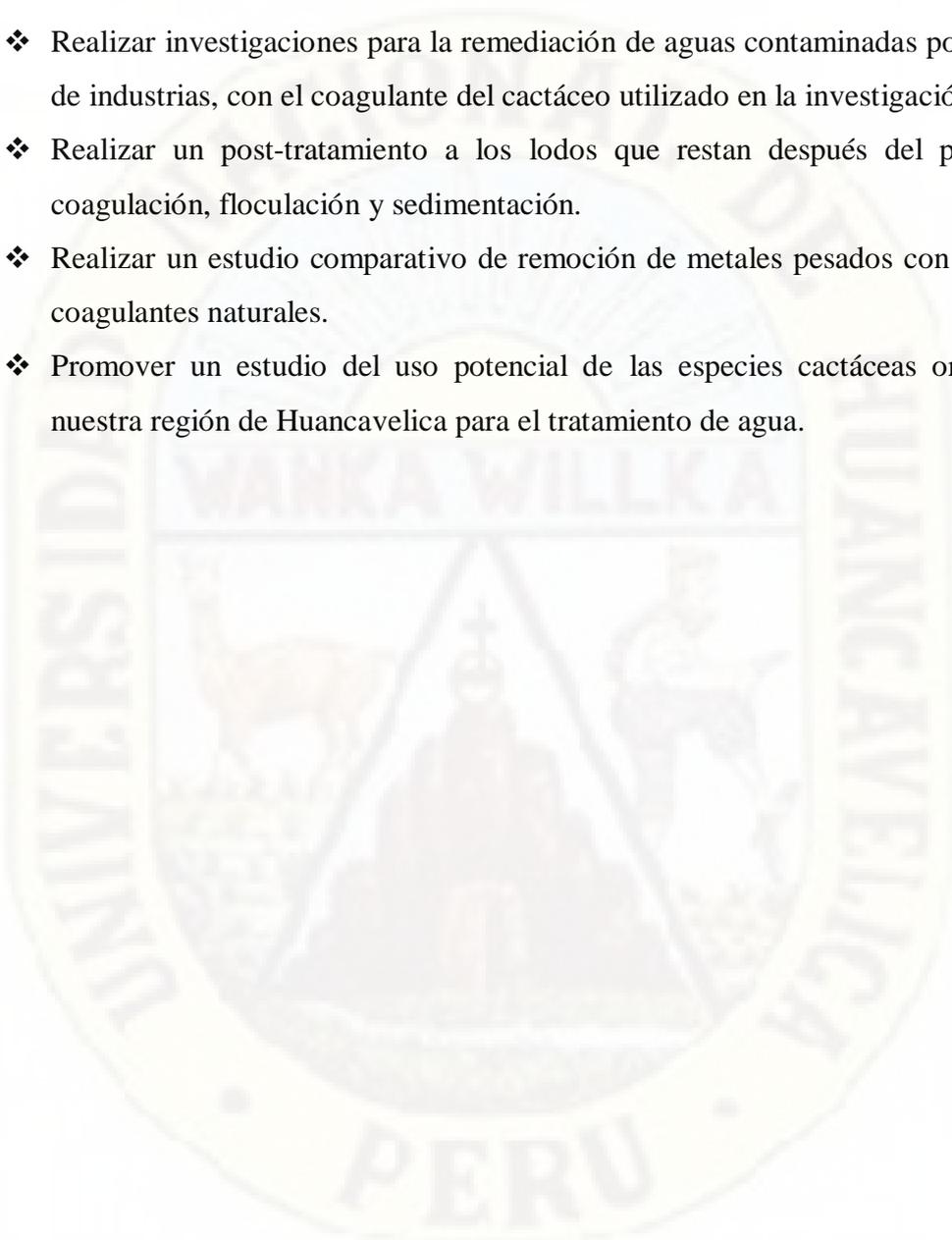


Conclusiones

- ❖ En la investigación se realizaron 15 tratamientos con el coagulante *Opuntia floccosa* a concentraciones y tiempos diferentes para la remoción de Hierro de las cuales 9 tratamientos fueron eficientes (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T11 y T13) mayores al 70 % y 6 tratamientos no fueron eficientes (T5, T9, T10, T12, T14 y T15), para la remoción de Plomo 4 tratamientos fueron eficientes (T4, T9, T10 y T14) obteniendo eficiencias mayores al 70 % y 11 de los tratamientos no fueron eficientes (T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8, T11, T12, T13 y T15), **siendo el T4 mas eficiente que maximiza la remoción de Hierro en un 92.29 % y Plomo en un 87.42 % con una concentración de 50 ppm y tiempo de 2 minutos mediante el método de Prueba de Jarras.**
- ❖ Se realizaron 15 tratamientos con el coagulante *Opuntia floccosa* para determinar la mejor concentración que maximiza la remoción de Hierro, siendo el tratamiento T15 el mas deficiente con una remocion de 43.87 % con una concentracion de 70 ppm y el mas eficiente el T4 con una remocion de 92.29 % con una concentracion de 50 ppm.
- ❖ Se realizaron 15 tratamientos con el coagulante *Opuntia floccosa* para determinar el mejor tiempo que maximiza la remoción de Plomo, siendo el tratamiento T5 el mas deficiente con una remocion de 28.52 % con una concentracion de 70 ppm y el mas eficiente el T4 con una remocion de 87.42 % con una concentracion de 50 ppm.
- ❖ Se realizaron 15 tratamientos con el coagulante *Opuntia floccosa* para determinar el mejor tiempo que maximiza la remoción de Hierro, siendo el tratamiento T15 el mas deficiente con una remocion de 43.87 % con un tiempo de 8 minutos y el mas eficiente el T4 con una remocion de 92.29 % con un tiempo de 2 minutos.
- ❖ Se realizaron 15 tratamientos con el coagulante *Opuntia floccosa* para determinar el mejor tiempo que maximiza la remoción de Plomo, siendo el tratamiento T5 el mas deficiente con una remocion de 28.52 % con un tiempo de 2 minutos y el mas eficiente el T4 con una remocion de 87.42 % con un tiempo de 2 minutos.

Recomendaciones

- ❖ Realizar investigaciones para la remediación de aguas contaminadas por otro tipo de industrias, con el coagulante del cactáceo utilizado en la investigación.
- ❖ Realizar un post-tratamiento a los lodos que restan después del proceso de coagulación, floculación y sedimentación.
- ❖ Realizar un estudio comparativo de remoción de metales pesados con diferentes coagulantes naturales.
- ❖ Promover un estudio del uso potencial de las especies cactáceas oriundas de nuestra región de Huancavelica para el tratamiento de agua.



Referencias bibliográficas

Libro

- Aduvire, O. (2006). *Tratamiento de aguas ácidas de mina*. Madrid: Instituto Geologico y Minero de España - Direccion de Recursos Minerales y Geoambiente.
- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Lima: Sedapal.
- Cardenas, Y. A. (2000). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Lima: Sedapal.
- Cardinal Sur. (2013). Cultivo de cactus y suculenta. *Cardinal Sur*, 1-77.
- Castro, F. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración* (Segunda ed.). Caracas: Uyapar.
- Córdova, M. (2009). *Estadística descriptiva e inferencial* (Quinta ed.). Lima: Moshera S.R.L.
- Geostudios Ambientales. (2017). *6ta Modificación del plan de cierre de minas*. Lima: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-Unidad Minera Julcani.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramírez, F., & Gave, J. (2011). *Cómo aprender y enseñar* (Primera ed.). (J. Oré, Ed.) Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramírez, F., & Gave, J. (2014). *¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?* (Segunda ed.). Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Guía metodológica sobre drenaje ácido en la industria minera*. (2002).
- Gunnar, N. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.
- Hernandez, A. (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales* (Sexta ed.). Madrid: Garceta.
- Hernandez, R. (2019). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: McGraw-Hill.
- Herrmann, C., & Zappettini, E. (2014). *Recursos minerales, minería y medio ambiente*. Buenos aires 2014: Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR.
- Levin, J. (1979). *Fundamentos de la estadística en la investigación social*. Mexico: Harla.

- Lopez, E., Aduvire, O., & Baretino. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. *Boletín Geológico y Minero*, 3-21.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2006). *Plomo*.
- Morin, K., & Hutt, N. (2000). Relocacion of net-acid-generating waste to improve post-mining water chemistry. *Waste Management*, 185-190.
- Mostacedo, B. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz de la Sierra: Bolfor.
- Navidi, W. (2010). Estadística para ingenieros y científicos . *Academia* , 13-15.
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogota: Ediciones de la U.
- Nordstrom, D., Alpers, C., Ptacek, C., & Blowers, D. (2000). *Negative pH and extremely acidic mine waters from Iron Mountain*. California: Environmental Science & Technology.
- Nordstrom, K., & Alpers, C. (1999). *Negative pH, efflorescent mineralogy, and consequences for environmental restoration at the Iron Mountain superfund site*, (Vol. 96). California: Natural Academy Science.
- Oседа, D. (2010). *Metodología de la investigación*. Huancayo: Pirámide.
- Ostolaza, C. (2011). *101 cactus del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente del Perú.
- Prieto, C. J. (2009). *El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación* (Tercera ed.). Ecoe Ediciones. Obtenido de ProQuest Ebook Central,
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounhsp/detail.action?docID=319604>
3
- Reece, B. (1995). *“contaminación perpetua”*. Washington: Clementine .
- Roque, B. (2018). *La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú* (Tercera ed.). Lima.

Artículo científico

- Arias, F., & Rangel, G. (2016). Remoción de plomo mediante partículas coloidales como auxiliares en un proceso de coagulación. *Jovenes en la ciencia*, 304-308.
- Azcona, M., & Ramirez, R. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Medico - Quirurgicos*, 72-77.
- Cabrera, N., Simancas, E., & Hernandez, J. (2018). *Test of natural coagulants extracted from Ipomoea incarnata and Moringa oleífera in the purification of industrial wastewater in Cartagena de Indias*. Cartagena.
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en el Ecuador una aproximación económica*. Quito: Abya yala.
- Ercilio, F., Rodriguez, S., Cabel, W., Ortiz, I., Noriega, P., & Tejada, M. (2005). *Desafíos del derecho humano al agua en el Perú* (Segunda ed.). Lima: Gráfica Loro's.
- Estrada, C., Galeano, N., & Restrepo, G. (2020). Evaluación de la remoción de cianuros y metales pesados en efluentes líquidos del beneficio de oro de la pequeña minería, por adsorción con carbón activado y peróxido de hidrógeno en Segovia, Antioquia. *Scielo*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v87n212.79716>
- López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Scielo*, 1-2.
- Marin, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiológica de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de agua*. Madrid: Diaz Santo S.A.
- Restrepo, A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Rivas, S., Menés, G., & Romulo, A. (2017). Tratamiento por coagulación-floculación a efluente de la empresa Niquel Comandante Ernesto Che Guevara. *Scielo*, 173-183.
- Volesky, B. (1994). *Advances in biosorption of metals: selection of biomass types*.

Informe

- Barreto, H. L. (2016). *Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón- La Libertad*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Bautista, R., & Alicia, J. (2020). *Influencia del tiempo de retención y proporción del zuro de Zea Mays en el drenaje ácido de mina para la remoción de hierro y plomo total del río Hualgayoc –Arascorgue, Cajamarca, 2019*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Beltrán, M., & Gómez, A. (2015). *Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación*. Bogota: Investigación, innovación e ingeniería.
- Berrospi, L. Y. (2019). *Remoción de metales pesados presentes en las aguas ácidas de la laguna Yanamate mediante la aplicación de la dolomita como agente remediante a escala experimental-2019*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión .
- Caparachin, K., & Salas, I. (2017). *Remoción de hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Carrizales, R., & Enriquez, N. (2019). *Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada taczanapampa de la ciudad de Huancavelica*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cayllahua, M. M., & Gonzales, L. (2020). *Biosorción de cobre (Cu) y plomo (Pb) provenientes de relaves mineros mediante el uso de biomasa microbiana, Mina Buenaventura - Julcani*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Chavez, J. (2016). *Eficiencia del Coagulante a base de Huaraco (*Austrocyllindropuntia floccosa*) en la disminución de la turbiedad en las aguas de la laguna Yanacocha – Pasco*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

- Cosme, O., & Zeballos, E. (2017). *Influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de plomo de una solución acuosa*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- De la cruz, O., & Montalvan, R. (2014). *Los drenajes de la mina Pampamali S.A. en la contaminación del riachuelo ccochatay en el Distrito de Secclla - Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Feria, J., Bermúdez, S., & Estrada, A. (2014). *Eficiencia de la semilla Moringa oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú*. Montería: Producción Limpia.
- Fuentes, N., Molina, E., & Ariza, C. (2016). *Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas*. Colombia: Producción + Limpia. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>
- Fuquene, D. M., & Viviana, Y. A. (2018). *Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- Buenos aires 2014: Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR.
- Huiza, A., & Orellana, W. (2015). *Remoción de metales del drenaje ácido de mina mediante lecho pulsado de caliza del pasivo ambiental minero Apu Campanayoc I Huancavelica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Jimenez, C. C. (2017). *Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Larrain Vial SAB. (2012). *Minería en el Perú realidad y perspectivas*. Lima: El Comercio S.A.
- Monroy, R. (2019). *Remoción de plomo pb (II) de soluciones acuosas y aguas residuales de mina, por adsorción, floculación – sedimentación de flujo ascendente batch utilizando chacko (hidralgirita) y cal (cao)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Nieto, & Orellana. (2011). *Citado por Caparachin, Katerin; Salas, Ivan 2017*.

- Pineda, R. (2004). *Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.)*. Mexico: Universidad de Colima.
- Quiroz, C. A. (2007). *Drenaje ácido: estudio y tentativa de seguimiento del transporte de solutos*. Universidad de Chile. Obtenido de ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounhsp/detail.action?docID=3198342>
- Soriano, R. (2018). *Evaluación de la eficiencia en neutralización y remoción de metales pesados (Fe, Cu, Pb, Zn) del drenaje ácido de mina con lodos de baja densidad a nivel planta piloto de Cía Minera Huancapeti - 2016*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Atúnez de Mayolo.
- Tarón, A., Guzmán, L., & Barros, I. (2017). *Evaluación de la Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales*. Colombia: Universidad de los Llanos.
- Zevallos, J. (2016). *Estabilización del drenaje ácido de mina (DAM) de la empresa Paraíso Perdido Apata*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.

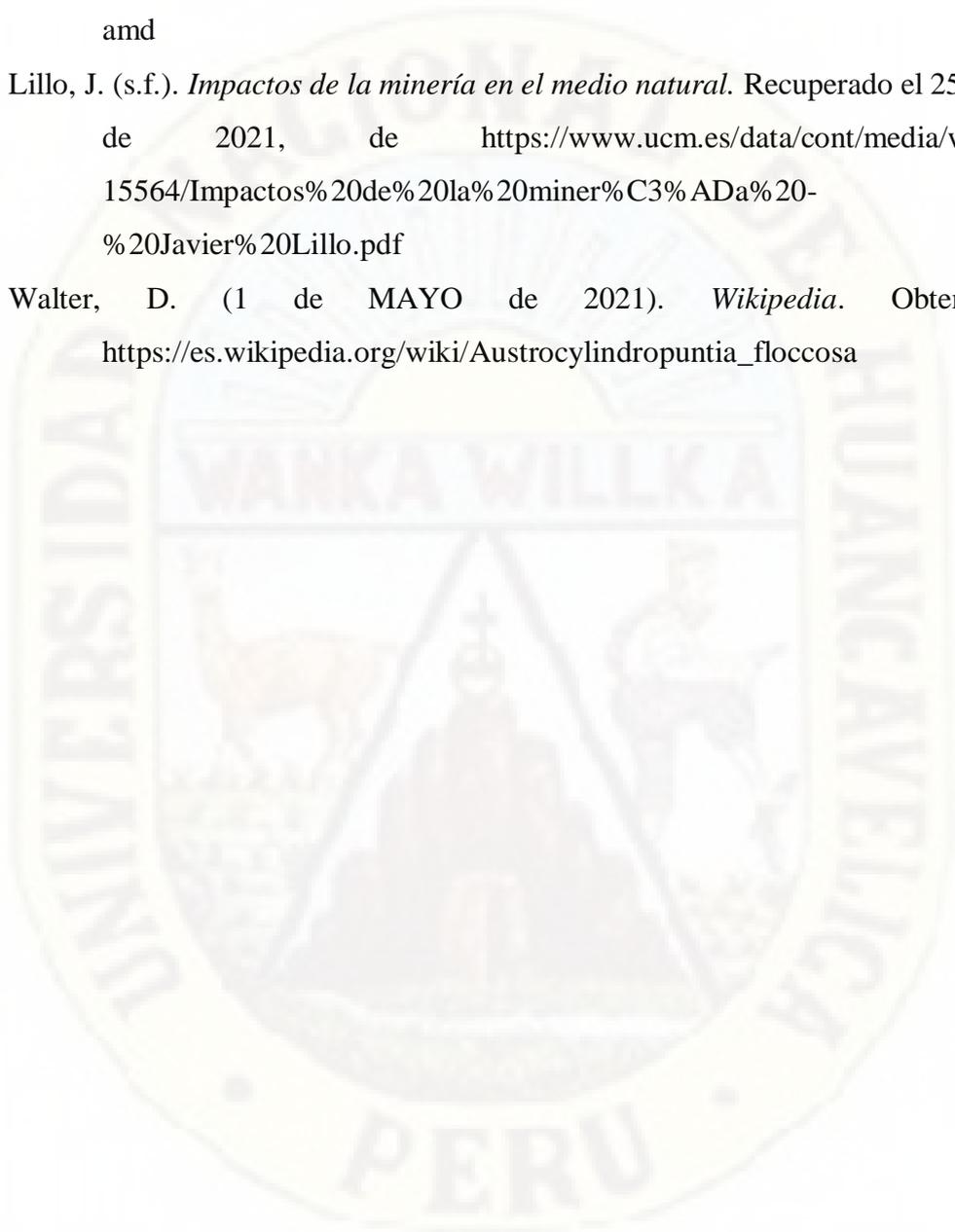
Página en un sitio web

- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. La plata, Argentina. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/aguafuentevida.pdf>
- Ayala, Y. (6 de Septiembre de 2011). *Blogspot.com*. Obtenido de <http://manngel.blogspot.com/2011/09/la-importancia-de-opuntia-floccosa.html>
- Consejo de la Minería Ambiental de la Columbia Británica. (1997). *Miningwatch*. Canadá: Rockefeller Brothers. Obtenido de miningwatch: https://miningwatch.ca/sites/default/files/amd_esp.pdf
- Dolores, M. (2011). *Medio ambiente y contaminación*. España. Obtenido de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>

Ecological Treatment of Acid Drainage. (1 de Setiembre de 2019). *life-etad*. Obtenido de life-etad: <http://www.life-etad.com/index.php/es/drenajes-acidos-de-minas-amd>

Lillo, J. (s.f.). *Impactos de la minería en el medio natural*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf>

Walter, D. (1 de MAYO de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Austrocylindropuntia_floccosa



Apéndice

Tabla 54
Matriz de consistencia.

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLE E INDICADORES | METODOLOGÍA | MUESTRA |
|---|--|---|---|--|---|
| <p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el tiempo de coagulación y la concentración del <i>Opuntia floccosa</i> que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ¿Qué concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> maximizara la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani? ❖ ¿Qué concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> maximizará la remoción de | <p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el tiempo de coagulación y la concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> que maximiza la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar la concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani. | <p>Hipótesis General:</p> <p>Existe un tiempo de coagulación y una concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> que maximiza más de un 70% la remoción de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Existe una concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani. ❖ Existe una concentración de coagulante <i>Opuntia floccosa</i> | <p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Opuntia floccosa</i> ❖ Tiempo de coagulación <p>Variables Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ % de remoción de Hierro y Plomo | <p>Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Aplicada <p>Nivel de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Explicativo <p>Método General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Método científico <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Experimental | <p>Población:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ P1: Aguas ácidas de la Minera Julcani <p>Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ M1: No probabilística |

- Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani?
- ❖ Determinar la que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani.
- ❖ ¿A qué tiempo de coagulación existirá mayor remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*?
- ❖ Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*.
 - ❖ Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Hierro en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*.
- ❖ ¿En qué tiempo de coagulación existirá mayor remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, mediante con coagulante *Opuntia floccosa*?
- ❖ Determinar el tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, con coagulante *Opuntia floccosa*.
 - ❖ Existe un tiempo de coagulación que maximiza la remoción de Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani mediante el coagulante *Opuntia floccosa*.

Nota. Elaboración Propia

Figura 37

Etiqueta para el N° de muestras del agua ácida de la Minera Julcani



 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA**
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
"Año de la Universalización de la Salud" 

PROYECTO DE TESIS:
"REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*"

RESPONSABLES:
• BENDEZU HUAMANI, Sheyla Estrella CAPCHA RIOS, Ángela Liseth

N° DE MUESTRA: _____

FECHA: _____ **HORA:** _____

CONCENTRACIÓN: _____ **TIEMPO:** _____

PH: _____ **t°:** _____ **CE:** _____

TURB: _____ **OD:** _____

HIERRO: _____ **PLOMO:** _____

Nota. Elaboración Propia

Figura 38

Etiqueta para el N° de muestra del cactáceo Opuntia floccosa



 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA**
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
"Año de la Universalización de la Salud" 

PROYECTO DE TESIS:
"REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*"

RESPONSABLES:
• BENDEZU HUAMANI, Sheyla Estrella CAPCHA RIOS, Ángela Liseth

N° DE MUESTRA: _____

FECHA: _____ **HORA:** _____

UTM: _____

X: _____ **Y:** _____ **Altitud:** _____

Tamaño: _____ **Altura:** _____ **Diámetro:** _____

Nota. Elaboración Propia.

Figura 39
 Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento



Laboratorio Callao
 Avenida César Pizarro 3540, Calle 1
 Teléfono: 301 817 1900
 E-mail: callao@laboratoriosgs.com

Laboratorio Arequipa
 Avenida Gurrutien Nº 275, Parque Industrial
 Teléfono: 0844 273466
 E-mail: arequipa@laboratoriosgs.com

Laboratorio Cajamarca
 Calle Anselmo Martínez 297, Barrio San Antonio
 Teléfono: 0761 267700
 E-mail: cajamarca@laboratoriosgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

Nº: 3017917

FORMULARIO Nº FA-AM-003

Figura 40

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 15 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucet 2148, Callao 1
Teléfono: (011) 571 1000
E-mail: callao@sgs.com.pe

Laboratorio Arequipa
Avenida Guardia N° 216, Píscas Industrial
Teléfono: (084) 213502
E-mail: arequipa@sgs.com.pe

Laboratorio Cajamarca
Calle Amalia Miró Q. 201, Barrio San Antonio
Teléfono: (078) 307722
E-mail: cajamarca@sgs.com.pe

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: **RENDEZU HUAYAN, SHEVA ESTRELLA**

Contacto: **939316489**

Teléfono: **939316489**

E-mail: **shevaestrella@icg.com**

Proyecto: _____

Lugar de Inspección: _____

FACTURAS A:

Razón Social: **Universidad Nacional del Altiplano**

RUC: **20166014962**

Dirección: **Tr. Píscas Barro 235**

Contacto: _____

Teléfono: _____

Registrado con: SGE OSM

TIPOS DE AGUA*

AGUA NATURAL

ARU : Agua subterránea AR : Agua de pozo

AWR : Agua de yacimiento AWL : Agua de laguna artificial

AT : Agua termal

AS : Agua superficial

ADR : Agua de río

AGL : Agua de lago / laguna

AGA : Agua de depresión atmosférica

AGM : Agua de infiltración / recarga (natural)

AGUA RESIDUAL

ARD : Agua residual doméstica ARD : Agua de albañilería en construcción

ARI : Agua residual industrial ARD : Agua de albañilería para acabados

ARM : Agua residual municipal AR : Agua de salinidad

AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO

AW : Agua de bebida ARP : Agua de infiltración y recuperación (procesos)

ENVIAR EL INFORME A:

Contacto: **CAROLINA ROS, ANGELO LISETH**

Dirección: **30 PEDREGALES N 534**

Teléfono: **978 411353**

E-mail: **angelolise@icg.com**

N° de O: _____ N° de PA-Agua: _____ N° de MA: _____

Presencia del Monitoreo:

Periódico

No Periódico

Especial

Análisis requeridos / Preservantes

Metodos totales turbiedad. pH

| Zona | Estación | Coordenada UTM WGS 84 | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Tipo de Muestra | | Fecha | Hora | p | V | L |
|------|----------|--------------------------|------------------|---------------|-----------------|------------|----------|---------|---|---|---|
| | | | | | Símbolo | Componente | | | | | |
| 1 | 715-11 | | | ARD | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 |
| 2 | 715-12 | | | ARD | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 |
| 3 | 715-13 | | | ARD | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 |
| 4 | 715-14 | | | ARD | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 |
| 5 | 715-15 | | | ARD | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 |

Responsable responsable: _____ Fecha: _____

Representante del Cliente: _____ Fecha: _____

Muestra enviada por: Tarjeta Aliso Plástico Muestra

Responsable del envío: _____

Agencia / Persona a cargo del transporte: _____

RUC / DNI: _____

Fecha y hora del envío: _____

N° de Códigos:

N° de Paquetes:

N° de Paquetes: **15**

Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____

Responsable de la Recepción de las Muestras: _____

Condiciones en que se recibieron las muestras:

Temperatura (°C): _____

SGS Perú S.A. - Callao

Formulario de Cadena de Custodia para Monitoreo de Agua

Rev. 01 - 2019

Figura 41

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 14 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucet 2043, Callao 1
Teléfono: (011) 617 1930
E-mail: labcallao@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Circuito Químico N° 205, Parque Industrial
Teléfono: (084) 240809
E-mail: labarequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Araya Márquez 207, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 267722
E-mail: labcajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

SP: 3817001

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAR A: | | | | Análisis repetición / Preservación | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA* | |
|--|----------|--------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|----------|---------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Cliente: BENEDICTO HUAMAN, SHERA @SGS Contrato: 999516469 Teléfono: 995516469 E-mail: 58452581.gio@h@gmail.com Proyecto: Lugar de Inspección: | | | | Razón Social: Unión Agraria Nacional de Huancavelica RUC: 20168014962 Dirección: Jr. Victoria García 235 Contacto: Teléfono: Inspeccionado por: | | | | Muestras tomas Turbiedad pH | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANS - Agua de manantiales AN - Agua de lluvia AS - Agua de río AR - Agua de quebrada ARF - Agua de río ASL - Agua de lago / laguna ASA - Agua de depresión atmosférica | |
| Contrato: CAROLINA ROS, ANGELA WSETH Dirección: JR. PEDREVALES N 524 Teléfono: 978211353 E-mail: angelacapchar@gmail.com N° de OX: N° de PwActo: N° de MA: | | | | Preservación de Muestras: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | AGUA DE PROCESO ARD - Agua residual doméstica ARS - Agua residual industrial ARM - Agua residual municipal ARPA - Agua para uso y consumo humano ARF - Agua de lluvia | |
| Fecha de inicio: Fecha de finalización: Hora de inicio: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | |
| Item | Estación | Coordenadas UTM X Y Z | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Tipo de Muestra Simple / Compuesta | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | |
| 1 | 714 - r1 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | 714 - r2 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 3 | 714 - r3 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 4 | 714 - r4 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 5 | 714 - r5 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| Muestra repetición: Fecha: Hora: N° de Conteo: <input type="checkbox"/> N° de Frasco: 15 | | | | Muestra repetición del Cliente: Fecha: Hora: N° de los Frasco: <input type="checkbox"/> | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: Hora: | | | | | | | | | | | |
| Responsable de la Envío: Fecha: Hora: N° de los Frasco: | | | | Responsable de la Recepción de las Muestras: Fecha: | | | | Condiciones en que se transportaron las muestras: Refrigeradas <input type="checkbox"/> Frías <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: Temperatura (°C): <input type="text"/> N° de frascos rotos: <input type="text"/> Otros (especificar): <input type="text"/> | | | | | | | | | | | |

Figura 42

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 13 con sus 05 repeticiones



SGS

Laboratorio Calleo
 Avenida Tarma No. 1308, Calleo 7
 Teléfono: (071) 517 7980
 E-mail: gsa@andeanlaboratorios.com

Laboratorio Arequipa
 Blvd. del Comercio No. 375, Pisco de Industrias
 Teléfono: (084) 213506
 E-mail: gsa@andeanlaboratorios.com

Laboratorio Cajamarca
 Calle Andrés Bello No. 277, Barrio San Agustín
 Teléfono: (076) 307720
 E-mail: gsa@andeanlaboratorios.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURACIÓN | | | | Análisis requeridos / Preservación | | | | TIPOS DE AGUA | | | | | | | |
|--|----------|-----------------|----------|---|--------|----------|----------|--|---|---|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
| Cliente: GENDEZO HUAYTARI, SHERA ESTRELA Contacto: 437116465 Teléfono: 9812021465 Email: shayidostwallebh@gmail.com Proyecto: Lugar de toma de muestra: Enviar el informe a: | | | | Razón Social: Universidad Nacional de Huancavelica RUC: 20168014962 Dirección: Jr. Victoria Barrio 275 Contacto: Teléfono: Muestreado por: Presencia del Muestreador: <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input checked="" type="checkbox"/> Esporádico | | | | Cantidad de envases (Faltos / Total) Metales totales Turbiedad pH | | | | AGUA METEÓRICA ARB: Agua de lluvia ARN: Agua de lluvia natural ARV: Agua de riego ARS: Agua de nieve ARD: Agua de río ARE: Agua de lago/laguna ARF: Agua de depósito artificial ARG: Agua de condensación ARH: Agua residual doméstica ARI: Agua residual industrial ARJ: Agua residual municipal ARK: Agua de lluvia ARL: Agua de lluvia | | | | AP: Agua de abstracción APL: Agua de aguas subterráneas AMS: Agua de mar AMI: Agua de río AMR: Agua de lago AMN: Agua de nieve y deshielo (natural) AMP: Agua de condensación y evaporación (natural) AD: Agua de proceso | | | |
| Contacto: CACHA BLO, ANIELA HSETH Dirección: 310 PEDREGAL BLVD. N° 554 Teléfono: 978011333 Email: angelacachab@outlook.com | | | | Fecha de Inicio: Hora de Inicio: Fecha de Finalización: Hora de Finalización: | | | | | | | | AGUA DE PROCESO AAC: Agua de condensación industrial AAI: Agua de condensación para calefacción AAD: Agua de condensación para refrigeración AAE: Agua de condensación para calefacción y refrigeración AAF: Agua de condensación para calefacción y refrigeración (de proceso) | | | | OBSERVACIONES | | | |
| Orden | EXECCIÓN | CONDICIONES UTM | ANÁLISIS | Tipo de Agua | Estado | Comparto | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | |
| 1 | T13-r1 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 2 | T13-r2 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 3 | T13-r3 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 4 | T13-r4 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 5 | T13-r5 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |

Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____

Muestra enviada vía: Terrestre Responsabilidad de envío: _____
 Aérea Agencia / Persona a cargo del transporte: _____
 Postal RUC / DNI: _____
 Marítima Fecha y hora de envío: _____

N° de Contorno: N° de Frasco: 15

N° de Lot Pasó:

Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____

Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____

Cantidad de envases en que se recibe por cada muestra: _____

Refrigeración: Preservación:

Dentro del tiempo de conservación: _____ Temperatura (°C): _____

N° de muestras recibidas: _____ Hora (especificar): _____

FORMA 001/19/014 14.04.2019

Figura 44
 Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 11 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Cuzco
 Avenida Elmer Faucet 3348, Cuzco 1
 Teléfono: 011 217 1800
 E-mail: lab.cuzco@sgs.com

Laboratorio Arequipa
 Ermita Guatón 57 273, Pampa Industrial
 Teléfono: 054 212000
 E-mail: lab.arequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
 Calle Amable Múñoz 287, Barrio San Antonio
 Teléfono: 071 307720
 E-mail: lab.cajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: 3917935

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAS A: | | | | Análisis requeridos / Preservación | | | | | | | | | | | | TIPO DE AGUA | | | | | | |
|--|----------|------------------------------------|---------------------|--|---------------------------------------|----------|---------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Cliente: RENDEZU DUCHANI, SHEILA ESTRELLA Contacto: 939916469 Teléfono: 939916469 E-mail: sheilaestrella.hin@gmail.com Proceso: Lugar de inspección: | | | | Razón Social: Universidad Nacional de Huancavelica RUC: 20168014962 Dirección: Jr. Victoria Carmo 275 Contacto: Teléfono: Pasado por: | | | | Cantidad de envases (Volumen) Metales totales Inorgánicos PH | | | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANE : Agua superficial ANS : Agua de río ANM : Agua de manantial ANP : Agua de lluvia ANR : Agua de riego ANS : Agua de riego y drenaje ANM : Agua de drenaje y almacenamiento | | | | | | |
| Lugar de inspección: BAÑARIEL BOPONCE AL Contacto: CARHA SAG ANSOLA ALIETH Dirección: 30 PASEDALES IV 504 Teléfono: 978211333 E-mail: agab@opn.net.pe | | | | Pasado por: <input type="checkbox"/> OSE <input checked="" type="checkbox"/> O Cliente Frecuencia de Muestreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | AGUA RESERVA ARS : Agua de reserva ARM : Agua de reserva para material ARS : Agua de reserva para material ARM : Agua de reserva para material ARS : Agua de reserva para material ARM : Agua de reserva para material | | | | | | |
| N° de CV: 01 de Pruebas | | | | N° de MA: | | | | | | | | | | | | | | | | AGUA DE PROCESO APC : Agua de proceso en el momento APC : Agua de almacenamiento para material APC : Agua de almacenamiento para material APC : Agua de almacenamiento para material APC : Agua de almacenamiento para material | | | | | | |
| Fecha de inicio: Hora de inicio: | | | | Fecha de finalización: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | Catálogo | Coordenadas UTM WGS 84 / UTM 84 | Altitud (metros) | Tipo de Agua | Tipo de Muestra Simple / Compuesta | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 711 - r1 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 711 - r2 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 711 - r3 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 711 - r4 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 711 - r5 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección responsable: Fecha: Firma: | | | | N° de Docena: <input type="checkbox"/> N° de Pasaje: 15 | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: Hora: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Represado de la muestra: Fecha: Firma: | | | | N° de Paquetes: <input type="checkbox"/> | | | | Represado de la Recepción de las Muestras: Hora: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestra enviada vía: Terrestre <input checked="" type="checkbox"/> Aérea <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Marítima <input type="checkbox"/> | | | | Requerido de envío: Agente / Persona a cargo del transporte: RUC / DNI: Fecha y hora del envío: | | | | Cantidad de envases que se recibieron con las muestras: Botellas: <input type="checkbox"/> Frascos: <input type="checkbox"/> Datos del tiempo de conservación: N° de muestras recibidas: <input type="checkbox"/> Otros (especificar): | | | | | | | | | | | | Temperatura (°C): <input type="text"/> | | | | | | |

SUPERINTENDENTE NACIONAL DE AGUAS

Figura 46

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 09 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida César Pardo 3340, Callao 1
Teléfono: 011 217 7000
E-mail: cao@sgs.com.pe

Laboratorio Arequipa
Ejido Olivos N° 275, Pampa Industrial
Teléfono: 0204 270000
E-mail: arequipa@sgs.com.pe

Laboratorio Cajamarca
Calle Av. 10 de Mayo 267, Barrio San Andrés
Teléfono: 076 207720
E-mail: caj@sgs.com.pe

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: **2017920**

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURACIÓN | | | | Análisis requeridos / Presentación | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA* | | | | | | | |
|---|----------|-------------------------------|------------------|---|--------|------------|----------|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|--|---------------|--|--|--|--|
| Cliente: RODRIGUEZ HUASANI, SHELVA ESTRELLA Contacto: 945516469 E-mail: shelvaestrella@gmail.com Proyecto: Lugar de recolección: | | | | Razón Social: Unidad Educativa Nacional de Huancabamba RUC: 201694969 Dirección: Jr. Victoria García 975 Contacto: Teléfono: Monitoreo por: <input type="checkbox"/> SCS <input checked="" type="checkbox"/> El Cliente | | | | Caudal de muestra (litros/min): Metales totales Turbiedad pH | | | | | | | | | | AGUAS NATURALES AN: Agua de pastoreo ANA: Agua de laguna artificial ANA: Agua de manantial AN: Agua termal AT: Agua de mar AB: Agua de perforación ADP: Agua de río ADN: Agua de lago / laguna ADA: Agua de deposición atmosférica | | AGUAS RESIDUALES AR: Agua residual doméstica AR: Agua residual industrial ARN: Agua residual municipal ARS: Agua de salmuera | | | | | |
| Enviar el informe a: Contacto: CACHA DGS, ANGELA LISTH Dirección: SE. PEDREGALES N° 514 Teléfono: 948214353 E-mail: angela.cachar@gmail.com | | | | Fecha de inicio: Hora de inicio: Facto de finalización: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> Partículas <input type="checkbox"/> No Partículas <input checked="" type="checkbox"/> Especial | | | | | | | |
| Base | Estación | Coordenadas UTM WGS 84 X Y | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Estado | Componente | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | | | | |
| 1 | 19 - F1 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 19 - F2 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 19 - F3 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 19 - F4 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 19 - F5 | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Representante: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____ | | | | N° de Caudal: <input type="checkbox"/> N° de Paquetes: <input checked="" type="checkbox"/> 15 | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____ | | | | | | | | | | Condiciones en que se recibieron las muestras: Partículas: <input type="checkbox"/> Partículas: <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: <input type="checkbox"/> N° de muestras totales: <input type="checkbox"/> Otros (especificar): _____ | | | | | | | |

SGS PERU S.A.
P.O. Box 518

Hoja _____ de _____

Figura 47

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 08 con sus 05 repeticiones



SGS
Laboratorio Casma
Avenida Diego Fierro N° 2048, Casma T
Teléfono: (01) 237 1500
E-mail: sgslab@sgs.com.pe

Laboratorio Arequipa
Av. España N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 211320
E-mail: info.laboratorio@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Amador 300 Sur 257, Barrio San Andrés
Teléfono: (076) 257723
E-mail: info.laboratorio@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: **2017326**

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAS A: | | | | Análisis requeridos / Preservación | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA* | | | | | | |
|---|----------|----------------------------|-------------------|--|-----------------------------|---------------|----------|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|--|---------------|--|--|--|
| Cliente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO Contacto: RENZO HUAYRA, SUZANA ESTRELA Teléfono: 935510429 E-mail: sgs@estudinh@gmail.com Proyecto: Lugar de inspección: | | | | Razón Social: Universidad Nacional de Huancayo RUC: 201674962 Dirección: Jr. Victoria Garza 279 Contacto: Teléfono: Medios de pago: <input type="checkbox"/> BANC <input checked="" type="checkbox"/> C/Cheque | | | | Central de envases (Plástico / Vidrio) Metales totales Turbiedad PH | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANAT: Agua natural ANA: Agua de fuente artificial ANB: Agua de manantial ANS: Agua de lluvia ANE: Agua de mar ANF: Agua superficial ANG: Agua de río ANH: Agua de lago / laguna ANI: Agua de evaporación atmosférica ANJ: Agua de evaporación atmosférica | | | | | | |
| ENVIAR EL INFORME A: Contacto: CAPCHA DROS, ANGELA LISETIV Dirección: DE PROGRESALES N° 524 Teléfono: 978617853 E-mail: angelacapcha.r@gmail.com Ciudad: Cajamarca N° de Producto: N° de BPA: | | | | Frecuencia del Muestreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | AGUA SALADA ASL: Agua de mar ASB: Agua de salmuera ASA: Agua de salmueras ASD: Agua de salmuera y evaporación (salina) ASE: Agua de salmuera y evaporación (salina) | | | | | | |
| Fecha de inicio: Hora de inicio: | | | | Fecha de finalización: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | AGUA DE PROCESO APN: Agua de lavado / limpieza APA: Agua de lavado / limpieza para procesos APB: Agua residual industrial APC: Agua de efluente para procesos APD: Agua residual industrial APE: Agua de efluente APF: Agua de efluente APG: Agua de efluente APH: Agua de efluente API: Agua de efluente APJ: Agua de efluente APK: Agua de efluente | | | | | | |
| Rep | Estación | Coordenadas UTM Easting | Altitud (MSNM) | Tipo de Agua* | Tamaño de Muestra Envase | Concentración | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | | | |
| 1 | 7B-F1 | | | ARN | 5l | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 7B-F2 | | | ARN | 5l | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 3 | 7B-F3 | | | ARN | 5l | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 7B-F4 | | | ARN | 5l | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 7B-F5 | | | ARN | 5l | | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____ | N° de Códigos <input type="checkbox"/> N° de lotes <input type="checkbox"/> | N° de Paquetes 15 N° de lotes <input type="checkbox"/> | Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Representante de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____ |
|--|--|--|--|

| | |
|---|---|
| Muestra enviada en: <input checked="" type="checkbox"/> Tambores <input type="checkbox"/> Aros <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> | Repetición del Envío: <input type="checkbox"/> Agencia / Pasaje a cargo del transportista <input type="checkbox"/> R.U. / D.N. <input type="checkbox"/> Fecha y Hora del envío <input type="checkbox"/> |
|---|---|

| | |
|--|---|
| Condiciones en que se refrigeraron las muestras: Refrigeración <input type="checkbox"/> No refrigeración <input type="checkbox"/> Control del tiempo de conservación <input type="checkbox"/> N° de muestras en las: <input type="checkbox"/> Otros (Especificar): <input type="checkbox"/> | Temperatura (°C): <input type="text"/> Hora: _____ |
|--|---|

SGS PERU S.A. 2017

Figura 48

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 07 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Av. Nicolás de Piérola 5540, Callao 1
Teléfono: (011) 517 1830
E-mail: cao@sgs.com.pe

Laboratorio Arequipa
Calle Comercio N° 275, Pisco Industrial
Teléfono: 0204 210009
E-mail: are@sgs.com.pe

Laboratorio Cajamarca
Calle República Mariscal 257, Santa Ana
Teléfono: 0271 307723
E-mail: caj@sgs.com.pe

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: 2017924

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAR A: | | | | Análisis requeridos / Presentadas | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------------------|---------|---|---------------|-----------|-------------|--|---------|---|---|--|--|--|--|--|--|---|--|---|--|------|----------|----------------------------|---------|---------------------|---------------|-----------|-------------|-------|------|---|---|---|-------|--|--|--|-----|----|--|----------|---------|---|---|---|---|-------|--|--|--|-----|----|--|----------|---------|---|---|---|---|-------|--|--|--|-----|----|--|----------|---------|---|---|---|---|-------|--|--|--|-----|----|--|----------|---------|---|---|---|---|-------|--|--|--|-----|----|--|----------|---------|---|---|---|
| Cliente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO Contacto: RENZO HUAMAN GUERRA ESPERZA Teléfono: 933516469 E-mail: sgs@estudiante@gmail.com Proyecto: Lugar de Inspección: ENVUELTO INFORSIA | | | | Razón Social: Universidad Nacional de Huancayo RUC: 2016814962 Dirección: Jr. Victoria García 275 Teléfono: Situado por: <input type="checkbox"/> SOS <input checked="" type="checkbox"/> SI Caste | | | | Metales pesados HPT | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANA: Agua de manantial AT: Agua termal AS: Agua superficial ASM: Agua de río ADS: Agua de lago/laguna ADA: Agua de abstracción subterránea | | AG: Agua de centro ALA: Agua de laguna artificial ASUA SALINA ASL: Agua de mar ASLS: Agua salobre SAS: Salobre ASRS: Agua de explotación y recuperación salina ASDE: AGUA DE PRODUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contacto: CAPCHA RIOS, ANGELA ASETN Dirección: JR. PEDREGALES N 554 Teléfono: 98611353 E-mail: angelacapcha@gmail.com | | | | Presencia del Monitoreo: Periódico: <input type="checkbox"/> No Periódico: <input type="checkbox"/> Especial: <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | AGUA RESIDUAL ARD: Agua residual doméstica ARRI: Agua residual industrial ARRI: Agua residual municipal ASUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AS: Agua de beber | | ARS: Agua de recolección y tratamiento ARS: Agua de recolección y tratamiento ARS: Agua de recolección para sistemas ARS: Agua de recolección ARS: Agua de recolección ARS: Agua de recolección y recuperación (de procesos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° de O: 0000000000 N° de Producto: 0000000000 IT de MA: | | | | Fecha de inicio: Hora de inicio: | | | | Fecha de finalización: Hora de finalización: | | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Cantidad</th> <th>Coordenadas UTM PROY 04</th> <th>PROY 05</th> <th>Altitud (metros)</th> <th>Tipo de Agua*</th> <th>Etiquetas</th> <th>Comentarios</th> <th>Fecha</th> <th>Hora</th> <th>#</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>77-01</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARI</td> <td>SI</td> <td></td> <td>17/12/20</td> <td>10:30am</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>77-02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARI</td> <td>SI</td> <td></td> <td>17/12/20</td> <td>10:30am</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>77-03</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARI</td> <td>SI</td> <td></td> <td>17/12/20</td> <td>10:30am</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>77-04</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARI</td> <td>SI</td> <td></td> <td>17/12/20</td> <td>10:30am</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>77-05</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARI</td> <td>SI</td> <td></td> <td>17/12/20</td> <td>10:30am</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | Item | Cantidad | Coordenadas UTM PROY 04 | PROY 05 | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Etiquetas | Comentarios | Fecha | Hora | # | V | 1 | 77-01 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | 2 | 77-02 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | 3 | 77-03 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | 4 | 77-04 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | 5 | 77-05 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 |
| Item | Cantidad | Coordenadas UTM PROY 04 | PROY 05 | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Etiquetas | Comentarios | Fecha | Hora | # | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 77-01 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 77-02 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 77-03 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 77-04 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 77-05 | | | | ARI | SI | | 17/12/20 | 10:30am | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____ | | | | N° de Códigos: <input type="checkbox"/> N° de Pruebas: 15 | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Condiciones en que se recibió la muestra: <input type="checkbox"/> Refrigerada <input type="checkbox"/> Presentada Días del tiempo de conservación: _____ Temperatura (°C): _____ N° de muestras totales: _____ Otros (especificar): _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*AGUA NATURAL: ANA: Agua de manantial, AT: Agua termal, AS: Agua superficial, ASM: Agua de río, ADS: Agua de lago/laguna, ADA: Agua de abstracción subterránea.
 *AGUA RESIDUAL: ARD: Agua residual doméstica, ARRI: Agua residual industrial, ARRI: Agua residual municipal, ASUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AS: Agua de beber.

SGS-Perú
 P.A. ANI 001

Figura 49

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 06 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida César Pardo 3048, Callao 1
Teléfono: 001 517 9930
E-mail: callao@sgs.com.pe

Laboratorio Arequipa
Especial Surco Nº 275, Parque Industrial
Teléfono: 004 20000
E-mail: arequipa@sgs.com.pe

Laboratorio Cajamarca
Calle Anasco Urbano 357, Barrio San Antonio
Teléfono: 0261 987733
E-mail: cajamarca@sgs.com.pe

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: 2017933

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAS A: | | | | Análisis requeridos / Preservantes | | | | | | | | | | | | TIPO DE AGUA* | | | |
|---|--|---------|--|--|--|----------|--|---|--|-----------------|--|-------------------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| Cliente: BENDU HUAYAN, SHEVA ESTIBLES Contacto: 938516489 Teléfono: 938516489 E-mail: 938516489@sgs.com Proyecto: Lugar de Inspección: | | | | Razon Social: Unidad Municipal de Huancayo RUC: 20165014962 Dirección: Jr. Victoria Carmona 295 Casteño: Teléfono: Representa por: ROR <input type="checkbox"/> SI Cliente <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Métodos totales turbiedad pH | | | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANA : Agua de manantial AN : Agua de río AR : Agua superficial ARS : Agua de río ARSL : Agua de lago / laguna ARSA : Agua de depósito atmosférico | | AGUA DE PROCESO ARCE : Agua de extracción a refinamiento ARCD : Agua residual doméstica ARRI : Agua residual industrial ARMS : Agua residual municipal ARSLA : AGUA SALINA ARSL : Agua salina ARSLC : Salmuera ARSD : Agua de evaporación / recuperación salina ARSDE : Agua de extracción a refinamiento ARSDEP : Agua de extracción para plantas ARSDEI : Agua de extracción ARSDEP : Agua de extracción ARSDEP : Agua de extracción / recuperación (de proceso) ARSDEP : Agua de extracción | |
| Dirección: CARHUAS, ANGELO HERNANDEZ Dirección: JR. PEDREGALES N° 524 Teléfono: 978 611253 E-mail: angelohernandez@qimati.com | | | | Frecuencia del Muestreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° de CI: N° de Pro-Agua Fecha de inicio: Hora de inicio: | | | | N° de IVA: Fecha de finalización: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | | Tarzón | | Consideración UTM | | Análisis | | Tipo de Agua* | | Tipo de Muestra | | Fecha | | Hora | | P | | V | | | | | |
| | | | | ROR de | | READ de | | | | Resque | | Conservado | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 76 - r1 | | | | | | ARI | | SI | | 17/12/20 | | 10:30am | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| 2 | | 76 - r2 | | | | | | ARI | | SI | | 17/12/20 | | 10:30am | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| 3 | | 76 - r3 | | | | | | ARI | | SI | | 17/12/20 | | 10:30am | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| 4 | | 76 - r4 | | | | | | ARI | | SI | | 17/12/20 | | 10:30am | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| 5 | | 76 - r5 | | | | | | ARI | | SI | | 17/12/20 | | 10:30am | | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| Inspector responsable: | | | | Fecha: | | | | Fecha: | | | | N° de Cadena: | | N° de Proceso: 15 | | Fecha de Recepción de las Muestras: | | | | | | Hora: | |
| Representante del Cliente: | | | | Fecha: | | | | Fecha: | | | | N° de las Placas: | | | | Responsable de la Recepción de las Muestras: | | | | | | Fecha: | |
| Muestra enviada vía: | | | | Tarzón <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Responsable de Envío: | | | | | | Condiciones en que se procesaron las muestras: | | | | | | | | | |
| | | | | Aéreo <input type="checkbox"/> | | | | Agencia / Persona a cargo del transporte: | | | | | | Refrigeración <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | | | | Marítimo <input type="checkbox"/> | | | | RUC / DNI: | | | | | | Preservación <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Fecha y hora del envío: | | | | | | Control de tiempo de conservación <input type="checkbox"/> | | | | | | Temperatura (°C) <input type="text"/> | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | N° de las series totales <input type="text"/> | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | Otros (especificar) <input type="text"/> | | | | | | | | | |

Página 1 de 1

Figura 50

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 05 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faesler 2048, Callao
Teléfono: 011 507 1390
E-mail: callao@laboratoriosgs.com

Laboratorio Arequipa
Circuito Germán Nº 205, Parroquia Industrial
Teléfono: 0844 200000
E-mail: arequipa@laboratoriosgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Ramón Morales 257, Barrio San Antonio
Teléfono: 0751 280700
E-mail: cajamarca@laboratoriosgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

Nº: 2017322

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAR A: | | | | Análisis solicitados / Presentados | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA: | | | | | |
|---|----------|---|---------------------|---|--|----------|---------|--|---|---|---|--|--|--|--|----------------------------|--|---|--|---------------|--|--|--|
| Cliente: BENEDICTO HUAMAN, SHEILA ESTRELLA Contacto: 935510469 Teléfono: 935510469 E-mail: sheila@sheliah@gmail.com Proyecto: Lugar de Inspección: Enviar el Informe a: CACHA SCS, ANGELO LISETH Dirección: JR. PEDRO DE LOS RIOS N.º 534 Teléfono: 978624353 E-mail: angeloliscachs@gmail.com N° de CI: N° de Pasaporte: N° de Ma: Fecha de Inicio: Fecha de Finalización: Hora de Inicio: Hora de Finalización: | | | | Razón Social: Unión Agraria de Usuarios de Huancayo RUC: 20168014963 Dirección: Jr. Victoria Gasco 795 Contacto: Teléfono: Monitoreado por: Presencia del Monitoreo: Periódico: <input type="checkbox"/> No Periódico: <input type="checkbox"/> Especial: <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Metales Pesados. Turbiedad pH | | | | | | | | | | AGUA POTABLE AP - Agua de cisterna APB - Agua subterránea APB - Agua de laguna artificial AGUA RESIDUAL AR - Agua de canal AR - Agua de río AR - Agua superficial AR - Agua de río AR - Agua de lago / laguna AR - Agua de desechos atmosféricos AGUA RESIDUAL ARB - Agua residual doméstica ARB - Agua residual industrial ARB - Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AU - Agua de bebida AGUA SALINA AS - Agua de salina AGUA DE PROCESO AP - Agua de contaminación y efluente AP - Agua de alteración para calderas AP - Agua de condensado AP - Agua de lavados AP - Agua purificada AP - Agua de refrigeración y condensación en procesos | | | | | |
| Orden | Estación | Coordenadas UTM (Easting / Northing) | Altitud (metros) | Tipo de Agua | Tipo de Muestra (Bote / Contenedor) | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | | | |
| 1 | tg-r1 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | tg-r2 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | tg-r3 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | tg-r4 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | tg-r5 | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Repetición responsable: Representante del Cliente: Sistema utilizado: Terrestre: <input checked="" type="checkbox"/> Aérea: <input type="checkbox"/> Marítima: <input type="checkbox"/> | | | | Responsable del Envío: Agencia / Persona a cargo del transporte: RUC / DNI: Fecha y Hora del envío: | | | | N° de Contenedor: N° de los Paquetes: | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: Responsable de la Recepción de las Muestras: Condiciones antes de recepción de las muestras: Refrigeración: <input type="checkbox"/> Transmisiones: <input type="checkbox"/> Dureza del tiempo de conservación: N° de frascos de almacenamiento: Otros (especificar): | | | | Temperatura (°C): Hora: | | | | | | | |

SGS PERU S.A. ES-ME 001

Figura 52

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 03 con sus 05 repeticiones



SGS

Laboratorio Cebao
 Avenida César Pardo N° 3345, Cebao 1
 Teléfono: 011 317 1650
 E-mail: ce.cebao@sgs.com

Laboratorio Arosquipa
 Ercilla Guether N° 276, Parque Industrial
 Teléfono: 0044 243044
 E-mail: lab.rosquipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
 Calle Alvarado Márquez 257, Barrio San Antonio
 Teléfono: 070 307722
 E-mail: lab.cajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: 2017920

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURARIA | | | | Análisis requeridos / Preservantes | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA* | | | |
|--|-----------|-----------------|--|---|---------------|-----------------|----------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Cliente: BONDOLU RUIZ FRANK SIBERIA ESTERILIZADA Contacto: 933516454 Teléfono: 933516454 Email: siberiasg@ceba.com Proyecto: Lugar de exposición: BENTARIL INFORME A: | | | | Razón Social: Unidad del Tratamiento de Aguas Residuales RUC: 20168014963 Dirección: Av. Victoria Gausman 275-- Contacto: Teléfono: Muestreado por: Preservación del Muestreo: Perición: <input type="checkbox"/> No Perición: <input type="checkbox"/> Especial: <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Cantidad de envases (Litros / Gal) | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANS - Agua subterránea ANA - Agua de manantial AN - Agua de río AS - Agua superficial ANR - Agua de río ANS - Agua de lluvia / nieve ANS - Agua de deposición atmosférica ANS - Agua de condensación atmosférica ANS - Agua residual doméstica ANS - Agua residual industrial ANS - Agua residual municipal ANS PARA USO Y CONSUMO HUMANO ANS - Agua de baño | | AP - Agua de pozos ANA - Agua de aguas superficiales ANS - Agua de mar ANS - Agua estancada ANS - Salmuera ANS - Agua de extracción y recuperación (salina) ANS - Agua de extracción y recuperación (salina) | |
| Dirección: Ca. PEDREGALES N° 354 Teléfono: 978 014353 Email: ingatecapcha@sgs.com N° de CI: N° de Pre-Acto | | | | Fecha de inicio: Hora de inicio: Fecha de finalización: Hora de finalización: | | | | | | | | | | | | | | Métodos totales. turbiedad pH | | | |
| Env. | Extensión | Coordenadas UTM | | Altitud (metros) | Tipo de Agua* | Tipo de Muestra | Fecha | Hora | F | V | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12 - F1 | | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 2 | 12 - F2 | | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 3 | 12 - F3 | | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 4 | 12 - F4 | | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 5 | 12 - F5 | | | | ARI | SI | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____ | | | | N° de Cadenas: <input type="checkbox"/> N° de Pruebas: 15 N° de Paquetes: <input type="checkbox"/> | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____ Condiciones en que se reemplazaron las muestras: Refrigeración: <input type="checkbox"/> Temperatura (°C): _____ Preservación: <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: <input type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Círculos (especificar): _____ | | | | | | | | | | | | | |

Muestra enviada vía: Surtido Aire Fluido Marítima

Responsable de Envío: _____ Agencia / Persona a cargo del transporte: _____ RUC / DNI: _____ Fecha y Hora del envío: _____

SGS PERU S.A. Asesoría

Figura 53

Hoja de cadena de custodia para el envío de la muestra del tratamiento 02 con sus 05 repeticiones



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 2040, Callao 1
Teléfono: 0011517-1900
E-mail: labcallao@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Callea Guzmán N° 205, Pórtico Industrial
Teléfono: 0844-210000
E-mail: labarequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Amalito Martínez 251, Barrio San Antonio
Teléfono: 0261-867723
E-mail: labcajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N°: 3017919

| DATOS DEL CLIENTE | | | | FACTURAS A: | | | | Análisis requeridos / Preservantes | | | | | | | | | | TIPO DE AGUA | | | | | | |
|--|---------|----------------------------|---------------------|---|-----------------------------|----------|---------|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Cliente: BENEDICTO HUAYAN, SUEVIA ESTRELA Contacto: 939512469 Teléfono: 939512469 E-mail: benedictohuayanb@gmail.com Proyecto: Lugar de Inspección: EMBARCADERO A: | | | | Razon Social: Universidad Nacional de Huancavelica RUC: 20168014962 Dirección: Jr. Victoria Garma 275 Caresimo: Teléfono: Representado por: Frecuencia del Muestreo: Periódico: <input type="checkbox"/> No Periódico: <input type="checkbox"/> Especial: <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Metales Pesados Turbiedad PH | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ANA: Agua de lluvia ANB: Agua de manantial ANM: Agua de río ANP: Agua superficial ANR: Agua de río ANS: Agua de lago/laguna ANA: Agua de distribución atmosférica ANB: Agua de distribución atmosférica ANC: Agua de distribución atmosférica AND: Agua residual doméstica ANE: Agua residual industrial ANF: Agua residual municipal ANG: AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO ANH: Agua de bebida | | | | | | |
| Contacto: CACHA SUDS, ANGELA EUSTH Dirección: JL. PEDREGALES PC 554 Teléfono: 978024333 E-mail: 20q2scapcha@gmail.com | | | | N° de Pto. Agua: 01 N° de Pto. S: 01 Fecha de Inicio: Hora de Inicio: Fecha de Finalización: Hora de Finalización: | | | | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES: | | | | | | |
| Item | Oración | Coordenadas UTM Easting | Altitud [metros] | Tipo de Agua | Tipo de Muestra [litros] | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | t2 - r2 | | | API | 5l | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | t2 - r2 | | | API | 5l | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | t2 - r2 | | | API | 5l | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | t2 - r2 | | | API | 5l | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | t2 - r2 | | | API | 5l | 17/12/20 | 10:30am | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____ | | | | N° de Coche: <input type="checkbox"/> N° de Pasaje: <input type="checkbox"/> N° de los Puntos: <input type="checkbox"/> | | | | Fecha de recepción de las muestras: _____ Hora: _____ Responsables de la Recepción de las Muestras: _____ Condiciones en que se recibe en el laboratorio: _____ Temperatura (°C): _____ | | | | | | | | | | Firma: _____ | | | | | | |
| Muestra enviada a: <input checked="" type="checkbox"/> Termostato <input type="checkbox"/> Almacén <input type="checkbox"/> Puntos <input type="checkbox"/> Muestras | | | | Responsable del envío: Agente / Persona a cargo del transporte: RUC / DNE: Fecha y Hora del envío: | | | | Condiciones en que se recibe en el laboratorio: _____ Temperatura (°C): _____ N° de Muestras: _____ Etiquetas: _____ | | | | | | | | | | Firma: _____ | | | | | | |

❖ Base de datos

Fichas de recolección de datos de campo y laboratorio

Tabla 57

*Ficha de recolección de datos del Análisis físico del cactáceo *Opuntia floccosa**

| FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CACTÁCEO <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Análisis Físico del cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> | | | | | | |
| Proyecto : | “REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE <i>Opuntia floccosa</i> ” | | | | | |
| Responsable del muestreo: | Las tesisistas | | | Fecha: | 26 al 28 de noviembre de 2020 | |
| Laboratorio: | Nutrición animal y evaluación de alimentos (LUNEA) | | | | | |
| Ubicación política: | Departamento: Huancavelica | Provincia: Huancavelica | | Distrito: Huancavelica | | |
| Datos de las muestras | | | | | | |
| N° de Muestras | Peso Inicial | Altura Inicial | Diámetro Inicial | Peso Final | Altura Final | Diámetro Final |
| 1 | 142.785 | 14.5 | 5.5 | 134.737 | 13.5 | 5 |
| 2 | 158.85 | 14 | 8 | 156.026 | 12 | 4.5 |
| 3 | 121.397 | 13 | 4.5 | 143.31 | 11.5 | 5 |
| 4 | 50.509 | 7.5 | 4 | 41.441 | 6 | 4 |
| 5 | 154.257 | 11 | 4.8 | 137.133 | 10 | 5 |
| 6 | 56.626 | 6.5 | 4.5 | 47.259 | 6.5 | 4 |
| 7 | 126.745 | 11 | 5.5 | 111.981 | 10.5 | 5 |
| 8 | 76.186 | 7.5 | 5.5 | 63.155 | 7 | 4.5 |
| 9 | 49.473 | 4.8 | 4.7 | 39.102 | 5 | 4 |
| 10 | 61.725 | 8 | 4 | 50.726 | 8 | 3.5 |
| 11 | 199.136 | 11.5 | 6.8 | 170.666 | 12 | 5.5 |
| 12 | 116.999 | 10.5 | 5.5 | 108.133 | 10 | 5 |
| 13 | 129.84 | 10 | 6 | 111.757 | 9.5 | 4.5 |
| 14 | 102.327 | 9 | 5.5 | 87.523 | 8 | 4.5 |
| 15 | 117.654 | 8 | 5.5 | 95.758 | 9 | 4.5 |
| 16 | 160.513 | 10.5 | 6 | 158.866 | 12 | 5 |
| 17 | 129.9 | 10 | 5 | 113.605 | 9.5 | 4.5 |
| 18 | 175.116 | 14 | 6 | 148.195 | 11 | 4.5 |
| 19 | 141.445 | 13.5 | 4.5 | 125.751 | 13.5 | 4.5 |
| 20 | 40.547 | 6.7 | 3 | 35.655 | 6.5 | 3.5 |
| 21 | 72.431 | 6 | 4.5 | 62.07 | 7 | 4.5 |
| 22 | 114.605 | 10 | 5.5 | 101.794 | 9 | 5 |
| 23 | 102.452 | 10 | 5.5 | 79.407 | 8 | 5 |
| 24 | 115.966 | 10 | 5.5 | 74.105 | 7.5 | 5 |
| 25 | 156.639 | 10 | 6.5 | 138.795 | 9.5 | 5.5 |
| 26 | 95.066 | 6 | 5 | 83.334 | 6 | 5 |

| | | | | | | |
|----|---------|------|-----|---------|------|-----|
| 27 | 134.112 | 8.5 | 5.5 | 113.691 | 7.5 | 5 |
| 28 | 157.284 | 7.5 | 5 | 132.723 | 8 | 5 |
| 29 | 139.286 | 8.5 | 4.5 | 120.864 | 8 | 5.5 |
| 30 | 70.633 | 11.5 | 3 | 51.589 | 11 | 3 |
| 31 | 40.565 | 6 | 3.5 | 44.498 | 7 | 3.5 |
| 32 | 90.104 | 11.5 | 4.5 | 78.55 | 11 | 3.5 |
| 33 | 111.715 | 9 | 5.5 | 90.584 | 8.5 | 4 |
| 34 | 145.432 | 7 | 4.8 | 121.236 | 7 | 5.5 |
| 35 | 123.999 | 8 | 5 | 107.01 | 7.5 | 5 |
| 36 | 94.332 | 8 | 5.5 | 76.826 | 7 | 5 |
| 37 | 150.65 | 5.5 | 5.5 | 126.105 | 5 | 5 |
| 38 | 100.319 | 13.5 | 4 | 84.599 | 13.5 | 3 |
| 39 | 64.1 | 8.5 | 5.5 | 47.624 | 7 | 4 |
| 40 | 129.265 | 9.5 | 4.5 | 113.606 | 8 | 4.5 |
| 41 | 40.165 | 11 | 2.5 | 33.215 | 11 | 2 |
| 42 | 84.56 | 11.5 | 3.5 | 75.123 | 11 | 3 |
| 43 | 97.62 | 15 | 4 | 85.113 | 15 | 3.5 |
| 44 | 64.134 | 8.5 | 4 | 48.843 | 8 | 3 |
| 45 | 67.509 | 8 | 4 | 19.755 | 5 | 3.5 |
| 46 | 71.87 | 13.5 | 3.5 | 64.199 | 13 | 3 |
| 47 | 44.126 | 12.5 | 2.8 | 37.79 | 12 | 2 |
| 48 | 99.71 | 12.5 | 4 | 84.006 | 12 | 3.5 |
| 49 | 46.325 | 13.5 | 2.5 | 37.119 | 13 | 2 |
| 50 | 74.676 | 5 | 4 | 60.475 | 5 | 4 |
| 51 | 127.82 | 18 | 6.5 | 86.047 | 17.5 | 3 |
| 52 | 198.761 | 13 | 4.8 | 176.802 | 12.5 | 4.5 |
| 53 | 121.88 | 6 | 5 | 115.26 | 6 | 5 |
| 54 | 156 | 8 | 5.5 | 136.25 | 7.5 | 5 |
| 55 | 157.369 | 10 | 4.5 | 137.148 | 10 | 4 |
| 56 | 115.85 | 7 | 4.8 | 99.246 | 7 | 4.5 |
| 57 | 138.16 | 7.8 | 5.6 | 124.772 | 7.5 | 5.5 |
| 58 | 88.456 | 9.5 | 4.5 | 77.936 | 8.5 | 4 |
| 59 | 69.902 | 12.5 | 4 | 53.486 | 12 | 2.8 |
| 60 | 62.389 | 8 | 3 | 53.86 | 7.5 | 3 |
| 61 | 66.67 | 14.5 | 3 | 54.159 | 14 | 2.5 |
| 62 | 64.681 | 11.5 | 2.5 | 54.303 | 12 | 2 |
| 63 | 34.913 | 6 | 2.8 | 27.846 | 6 | 3 |
| 64 | 88.446 | 10.5 | 4 | 72.661 | 10 | 3.5 |
| 65 | 117.737 | 13.5 | 4.5 | 86.515 | 13 | 3 |
| 66 | 137.488 | 8 | 4.5 | 115.339 | 8 | 4 |
| 67 | 88.424 | 6 | 4.8 | 73.1 | 6 | 4.5 |
| 68 | 72.974 | 11 | 3.5 | 41.886 | 10 | 3 |

| | | | | | | |
|-----|---------|------|-----|---------|------|-----|
| 69 | 119.531 | 12 | 3.8 | 90.792 | 11 | 3 |
| 70 | 151.208 | 9.5 | 5.5 | 127.563 | 8.5 | 4 |
| 71 | 190.7 | 9.5 | 3.8 | 162.179 | 9.5 | 3.5 |
| 72 | 199.085 | 11.5 | 4.8 | 159.422 | 11 | 4.8 |
| 73 | 97.555 | 12 | 3.5 | 70.541 | 10.5 | 3 |
| 74 | 100.484 | 13 | 3.5 | 83.57 | 11.5 | 3 |
| 75 | 139.92 | 16 | 3.5 | 128.36 | 16 | 3.5 |
| 76 | 82.198 | 10 | 3.5 | 66.854 | 10 | 3 |
| 77 | 109.17 | 13 | 5 | 91.042 | 13 | 4.5 |
| 78 | 75.679 | 11 | 4.3 | 61.586 | 10 | 4 |
| 79 | 76.268 | 9.3 | 4 | 63.224 | 8.5 | 3.5 |
| 80 | 88.511 | 11 | 5 | 69.473 | 10.5 | 4.5 |
| 81 | 60.13 | 12 | 3.5 | 49.882 | 12 | 3 |
| 82 | 112.132 | 8.5 | 3 | 96.759 | 8 | 3 |
| 83 | 119.85 | 7.8 | 5.5 | 99.008 | 7.5 | 5 |
| 84 | 105.469 | 8.8 | 6.8 | 87.286 | 7 | 4.8 |
| 85 | 57.842 | 8.3 | 4.5 | 48.414 | 7.5 | 4 |
| 86 | 99.403 | 12 | 4.5 | 85.611 | 11 | 4 |
| 87 | 76.73 | 13.5 | 4 | 70.558 | 12 | 3.5 |
| 88 | 98.651 | 12 | 3.5 | 82.779 | 12 | 3 |
| 89 | 61.76 | 11.5 | 3 | 46.151 | 11 | 2.5 |
| 90 | 103.414 | 8 | 4.7 | 70.452 | 6.5 | 4.5 |
| 91 | 76.459 | 14.5 | 3 | 62.161 | 12 | 3 |
| 92 | 59.996 | 10 | 3.8 | 47.642 | 10 | 2.5 |
| 93 | 127.418 | 14.5 | 4.5 | 109.382 | 14 | 4 |
| 94 | 47.547 | 11.5 | 3.5 | 38.646 | 11 | 3 |
| 95 | 62.392 | 8.5 | 4.5 | 50.329 | 8 | 3.5 |
| 96 | 60.144 | 8 | 4.5 | 48.167 | 7 | 4 |
| 97 | 87.54 | 11.5 | 4.3 | 71.944 | 10.5 | 3.5 |
| 98 | 43.326 | 5.5 | 4 | 35.918 | 5 | 3.5 |
| 99 | 172.14 | 12 | 6 | 124.799 | 8.5 | 4.5 |
| 100 | 55.739 | 6.5 | 4.5 | 43.573 | 6 | 3.5 |
| 101 | 27.209 | 7.5 | 2.8 | 21.923 | 7 | 2.5 |
| 102 | 67.165 | 6.5 | 4.5 | 52.605 | 7 | 3 |
| 103 | 55.913 | 6 | 4 | 42.142 | 6 | 3.5 |
| 104 | 31.444 | 5 | 3.5 | 24.356 | 4 | 3 |
| 105 | 32.14 | 5.5 | 2.8 | 22.082 | 5 | 2.5 |
| 106 | 60.718 | 6.5 | 4 | 49.981 | 6.5 | 3.5 |
| 107 | 59.15 | 7.5 | 4.5 | 46.236 | 6.5 | 4 |
| 108 | 100.85 | 8.5 | 4.3 | 61.228 | 8 | 3.5 |
| 109 | 99.595 | 12.5 | 4.5 | 78.455 | 11.5 | 4 |
| 110 | 50.4 | 5 | 3.5 | 24.874 | 4.5 | 3 |

| | | | | | | |
|-----|---------|------|-----|---------|------|-----|
| 111 | 24.468 | 5.8 | 4.5 | 15.442 | 4.5 | 4 |
| 112 | 33.184 | 5.5 | 3.5 | 24.626 | 5 | 3 |
| 113 | 53.916 | 7 | 4 | 45.65 | 7 | 3.5 |
| 114 | 51.323 | 11 | 3 | 42.292 | 10 | 2.5 |
| 115 | 80.19 | 8.9 | 4.5 | 63.981 | 8.9 | 3.5 |
| 116 | 65.806 | 10 | 4 | 55.441 | 10 | 3.5 |
| 117 | 83.809 | 10 | 4.5 | 67.985 | 9.5 | 4 |
| 118 | 77.872 | 10 | 4 | 64.46 | 9.5 | 3.5 |
| 119 | 75.73 | 11 | 3.5 | 61.111 | 10.5 | 3 |
| 120 | 68.406 | 9 | 4.8 | 56.266 | 9 | 3.5 |
| 121 | 67.55 | 11.5 | 3.5 | 56.7 | 10.5 | 3 |
| 122 | 102.16 | 12 | 4 | 87.148 | 11.5 | 3.5 |
| 123 | 55.675 | 9 | 3 | 41.863 | 9 | 2.5 |
| 124 | 60.654 | 8.5 | 3.5 | 48.059 | 8 | 3 |
| 125 | 81.941 | 6.5 | 4.8 | 66.473 | 6 | 4.5 |
| 126 | 138.551 | 8 | 5 | 114.651 | 5.5 | 4.5 |
| 127 | 80.599 | 10 | 4 | 65.76 | 9.5 | 3.5 |
| 128 | 42.23 | 8 | 3.5 | 32.889 | 7.5 | 3 |
| 129 | 45.496 | 8.5 | 3 | 35.402 | 8 | 2.5 |
| 130 | 43.62 | 6.5 | 2.5 | 32.847 | 6 | 2.3 |
| 131 | 39.999 | 5.5 | 4.5 | 30.542 | 5 | 4 |
| 132 | 50.961 | 8 | 4 | 41.449 | 8 | 3.5 |
| 133 | 46.495 | 7.5 | 3.5 | 39.086 | 7 | 3 |
| 134 | 37.462 | 6 | 3 | 28.667 | 5.5 | 3 |
| 135 | 63.352 | 8 | 3.5 | 53.153 | 7.5 | 3 |
| 136 | 22.304 | 4 | 4 | 17.648 | 4 | 3 |
| 137 | 19.068 | 4 | 3 | 14.872 | 3.5 | 2.5 |
| 138 | 104.75 | 6 | 5 | 80.329 | 6 | 5 |
| 139 | 49.76 | 8 | 3 | 35.636 | 6.5 | 3 |
| 140 | 51.757 | 9 | 3.5 | 42.89 | 8.5 | 3 |
| 141 | 40.193 | 5 | 3 | 32.135 | 5 | 3 |
| 142 | 64.882 | 7 | 4 | 54.995 | 6.5 | 3.5 |
| 143 | 35.83 | 8 | 2.3 | 29.182 | 8 | 2 |
| 144 | 54.675 | 7 | 2 | 40.13 | 7 | 2 |
| 145 | 45.387 | 7 | 2 | 32.595 | 7 | 2 |
| 146 | 39.949 | 8 | 2 | 29.767 | 7 | 2 |
| 147 | 53.249 | 8 | 2.5 | 39.514 | 7.5 | 2.5 |
| 148 | 39.818 | 9 | 2 | 29.716 | 7.5 | 2 |
| 149 | 43.405 | 9.5 | 2.5 | 32.74 | 8.5 | 2.5 |
| 150 | 86.315 | 4 | 5.5 | 63.141 | 4 | 5 |
| 151 | 40.279 | 5 | 3.5 | 30.795 | 4.5 | 3 |
| 152 | 48.639 | 8 | 2.5 | 35.093 | 6 | 2.5 |

| | | | | | | |
|-----------------|----------|-------|------|----------|-------|------|
| 153 | 50.195 | 8 | 2.7 | 38.782 | 7.5 | 2.5 |
| 154 | 46.056 | 7.5 | 2 | 35.925 | 8.5 | 2 |
| 155 | 32.166 | 4.5 | 2 | 22.463 | 4.5 | 2 |
| 156 | 47.132 | 6 | 2 | 33.766 | 5.5 | 2 |
| 157 | 39.817 | 6 | 1.5 | 30.704 | 5 | 1.5 |
| 158 | 40.175 | 7 | 1.3 | 30.221 | 6.5 | 1.3 |
| 159 | 36.92 | 8 | 1.2 | 29.605 | 6.5 | 1.2 |
| 160 | 37.332 | 6 | 2 | 29.001 | 5 | 2 |
| SUMA | 13564.08 | | | 11193.58 | | |
| MENOR | 19.07 | 4.00 | 1.20 | 14.87 | 3.50 | 1.20 |
| MAYOR | 199.14 | 18.00 | 8.00 | 176.80 | 17.50 | 5.50 |
| PROMEDIO | 84.78 | 9.14 | 4.08 | 69.96 | 8.57 | 3.58 |



Tabla 58

Hoja de formato de recolección de datos del Análisis físico del cactáceo *Opuntia floccosa*

| FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS PARAMETROS DEL AGUA ÁCIDA DE LA MINERA JULCANI | | | | |
|---|---|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Análisis Físicoquímico | | | | |
| Proyecto : | “REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE <i>Opuntia floccosa</i> ” | | | |
| Responsable del muestreo: | Las tesisistas | | Fecha: | 11 de diciembre de 2020 |
| Laboratorio: | Unidad de producción y control de calidad de la planta de tratamiento del agua potable de la empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huancavelica | | | |
| Ubicación política: | Departamento: Huancavelica | Provincia: Huancavelica | | Distrito: Ascensión |
| Datos de las muestras | | | | |
| Tratamiento | Concentración (ppm) | Tiempo (min) | pH | T° |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.8 |
| T0 | - | - | 2.71 | 17 |
| T0 | - | - | 2.71 | 17.1 |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.8 |
| T0 | - | - | 2.71 | 16.9 |
| T1 | 10 | 2 | 4.15 | 17.3 |
| T1 | 10 | 2 | 4.14 | 17.5 |
| T1 | 10 | 2 | 4.13 | 17.8 |
| T1 | 10 | 2 | 4.15 | 17.5 |
| T1 | 10 | 2 | 4.14 | 17.6 |
| T2 | 20 | 2 | 4.17 | 17 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17.3 |
| T2 | 20 | 2 | 4.17 | 17.5 |
| T2 | 20 | 2 | 4.16 | 17.1 |
| T3 | 30 | 2 | 5.09 | 17 |
| T3 | 30 | 2 | 5.07 | 17.5 |
| T3 | 30 | 2 | 5.09 | 17 |
| T3 | 30 | 2 | 5.07 | 17.3 |
| T3 | 30 | 2 | 5.04 | 17.3 |
| T4 | 50 | 2 | 6.13 | 17.6 |
| T4 | 50 | 2 | 6.15 | 17.2 |

| | | | | |
|------------|----|---|------|------|
| T4 | 50 | 2 | 6.16 | 17.4 |
| T4 | 50 | 2 | 6.14 | 17.2 |
| T4 | 50 | 2 | 6.15 | 17.1 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.3 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.5 |
| T5 | 70 | 2 | 5.13 | 17.2 |
| T5 | 70 | 2 | 5.12 | 17 |
| T5 | 70 | 2 | 5.11 | 17.1 |
| T6 | 10 | 5 | 4.15 | 17 |
| T6 | 10 | 5 | 4.14 | 17.2 |
| T6 | 10 | 5 | 4.13 | 17.1 |
| T6 | 10 | 5 | 4.15 | 17 |
| T6 | 10 | 5 | 4.14 | 16.9 |
| T7 | 20 | 5 | 4.17 | 17 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.2 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.3 |
| T7 | 20 | 5 | 4.17 | 17 |
| T7 | 20 | 5 | 4.16 | 17.4 |
| T8 | 30 | 5 | 6.13 | 17.3 |
| T8 | 30 | 5 | 6.15 | 17.1 |
| T8 | 30 | 5 | 6.16 | 17.2 |
| T8 | 30 | 5 | 6.14 | 17.5 |
| T8 | 30 | 5 | 6.15 | 17.6 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.3 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.3 |
| T9 | 50 | 5 | 5.13 | 17.4 |
| T9 | 50 | 5 | 5.12 | 17 |
| T9 | 50 | 5 | 5.11 | 17.1 |
| T10 | 70 | 5 | 5.09 | 17 |
| T10 | 70 | 5 | 5.07 | 17.2 |
| T10 | 70 | 5 | 5.09 | 17.5 |
| T10 | 70 | 5 | 5.07 | 17.4 |
| T10 | 70 | 5 | 5.04 | 17.6 |
| T11 | 10 | 8 | 4.15 | 17.3 |
| T11 | 10 | 8 | 4.14 | 17.4 |
| T11 | 10 | 8 | 4.13 | 17 |

| | | | | |
|------------|----|---|------|------|
| T11 | 10 | 8 | 4.15 | 17 |
| T11 | 10 | 8 | 4.14 | 16.9 |
| T12 | 20 | 8 | 4.17 | 17 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.2 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.4 |
| T12 | 20 | 8 | 4.17 | 17.3 |
| T12 | 20 | 8 | 4.16 | 17.2 |
| T13 | 30 | 8 | 5.09 | 17.2 |
| T13 | 30 | 8 | 5.07 | 17.1 |
| T13 | 30 | 8 | 5.09 | 17 |
| T13 | 30 | 8 | 5.07 | 16.9 |
| T13 | 30 | 8 | 5.04 | 17 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.2 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.4 |
| T14 | 50 | 8 | 5.13 | 17.4 |
| T14 | 50 | 8 | 5.12 | 17.5 |
| T14 | 50 | 8 | 5.11 | 17.3 |
| T15 | 70 | 8 | 6.13 | 17.5 |
| T15 | 70 | 8 | 6.15 | 17.2 |
| T15 | 70 | 8 | 6.16 | 17.4 |
| T15 | 70 | 8 | 6.14 | 17.3 |
| T15 | 70 | 8 | 6.15 | 17 |

Figura 55

Resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani

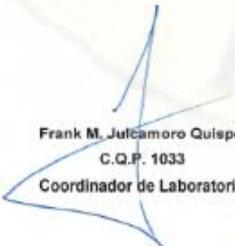
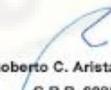
| | | | | |
|---|---|--|-----------------------------|----------------------------------|
|  | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE- 002 |  <small>Registro N° LE-002</small> | | |
| INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA2020293 Rev. 0 | | | | |
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA | | | | |
| JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR. CENTRO (FTE I.E. 36001-LAS VERDES) HUANCABELICA - HUANCABELICA – HUANCABELICA | | | | |
| ENV / LB -362631 – 004 | | | | |
| TESIS: "REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ÁCIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE <i>Opuntia floccosa</i> " | | | | |
| Fecha de Recepción SGS : 17-12-2020 | | | | |
| Fecha de Ejecución : Del 17-12-2020 al 23-12-2020 | | | | |
| Muestreo realizado Por : CLIENTE | | | | |
| <table border="1"><tr><td style="text-align: center;">Estación de Muestreo</td></tr><tr><td style="text-align: center;">E-1 - PRESA 1-2 (MINERA JULCANI)</td></tr></table> | | | Estación de Muestreo | E-1 - PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) |
| Estación de Muestreo | | | | |
| E-1 - PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) | | | | |
| Emitido por SGS del Perú S.A.C. Impreso el 25/12/2020 | | | | |
|  Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio |  Roberto C. Arista Gonzales C.B.P. 6085 Supervisor de Laboratorio - Microbiología | Página 1 de 7 | | |
| SGS del Perú S.A.C | <small>Av. Einter Faucett 3368 Calle 1 Calleo t.(511) 517 1900 www.sgs.pe Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t.(054) 213 505 e.Pa.servicios@sgs.com Jr. Arnaldo Márquez 81a San Antonio Cajamarca t.(076) 366 092</small> | <small>Miembro del Grupo SGS</small> | | |

Figura 56

Resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani

| SGS | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE-002 |  INACAL D.S. F-18 Ley N° 27122 1997 Registro N° LE-002 | | | | |
|---|---|--|--------|--------|--------|---|
| INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA2020293 Rev. 0 | | | | | | |
| IDENTIFICACION DE MUESTRA | | | | | | E-1 PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) 16/12/2020 10:30:00 AGUA INDUSTRIAL AGUA RESIDUAL |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | | |
| HORA DE MUESTREO | | | | | | |
| CATEGORIA | | | | | | |
| SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Repetición | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
| Hierro Total | 1 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 19.9812 |
| | 2 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 19.9812 |
| | 3 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 19.9812 |
| | 4 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 19.9812 |
| | 5 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 19.9812 |
| IDENTIFICACION DE MUESTRA | | | | | | E-1 PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) 16/12/2020 10:30:00 AGUA INDUSTRIAL AGUA RESIDUAL |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | | |
| HORA DE MUESTREO | | | | | | |
| CATEGORIA | | | | | | |
| SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Repetición | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
| Plomo Total | 1 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 4.4561 |
| | 2 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 4.4561 |
| | 3 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 4.4561 |
| | 4 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 4.4561 |
| | 5 rep | EW_EPA 200_8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 4.4561 |
| IDENTIFICACION DE MUESTRA | | | | | | E-1 PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) 16/12/2020 10:30:00 AGUA INDUSTRIAL AGUA RESIDUAL |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | | |
| HORA DE MUESTREO | | | | | | |
| CATEGORIA | | | | | | |
| SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Repetición | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
| Turbidez | 1 rep | EW_APHA2130B | NTU | 0.1 | 0.2 | 62.8521 |
| | 2 rep | EW_APHA2130B | NTU | 0.1 | 0.2 | 62.8513 |
| | 3 rep | EW_APHA2130B | NTU | 0.1 | 0.2 | 62.8325 |
| | 4 rep | EW_APHA2130B | NTU | 0.1 | 0.2 | 62.8325 |
| | 5 rep | EW_APHA2130B | NTU | 0.1 | 0.2 | 62.8325 |
| IDENTIFICACION DE MUESTRA | | | | | | E-1 PRESA 1-2 (MINERA JULCANI) 16/12/2020 10:30:00 AGUA INDUSTRIAL AGUA RESIDUAL |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | | |
| HORA DE MUESTREO | | | | | | |
| CATEGORIA | | | | | | |
| SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Repetición | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
| pH | 1 rep | EW_APHA 4500HB | Pn | ---- | ---- | 2.71 |
| | 2 rep | EW_APHA 4500HB | Pn | ---- | ---- | 2.71 |
| | 3 rep | EW_APHA 4500HB | Pn | ---- | ---- | 2.71 |
| | 4 rep | EW_APHA 4500HB | Pn | ---- | ---- | 2.71 |
| | 5 rep | EW_APHA 4500HB | Pn | ---- | ---- | 2.71 |

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditado por el INACAL - DA.
(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.
Cero es equivalente a <1 e indica la no presencia de los analitos requeridos.

SGS Perú S.A.C.
Quem. Frank M. Julcani
Coordinador de Laboratorio
GGP 1053

Página 2 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Emar Faucett 3348 Cofa 1
Ernesto Guether 275 Parque Industrial
Jr. Armado Márquez Bs. San Antonio

Cajamarca 1/511 517 1000 www.sgs.pe
Arequipa 1/054 213 505 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca 1/301 396 062

Miembro del Grupo SGS

Figura 57

Resultados de análisis de Hierro total del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento

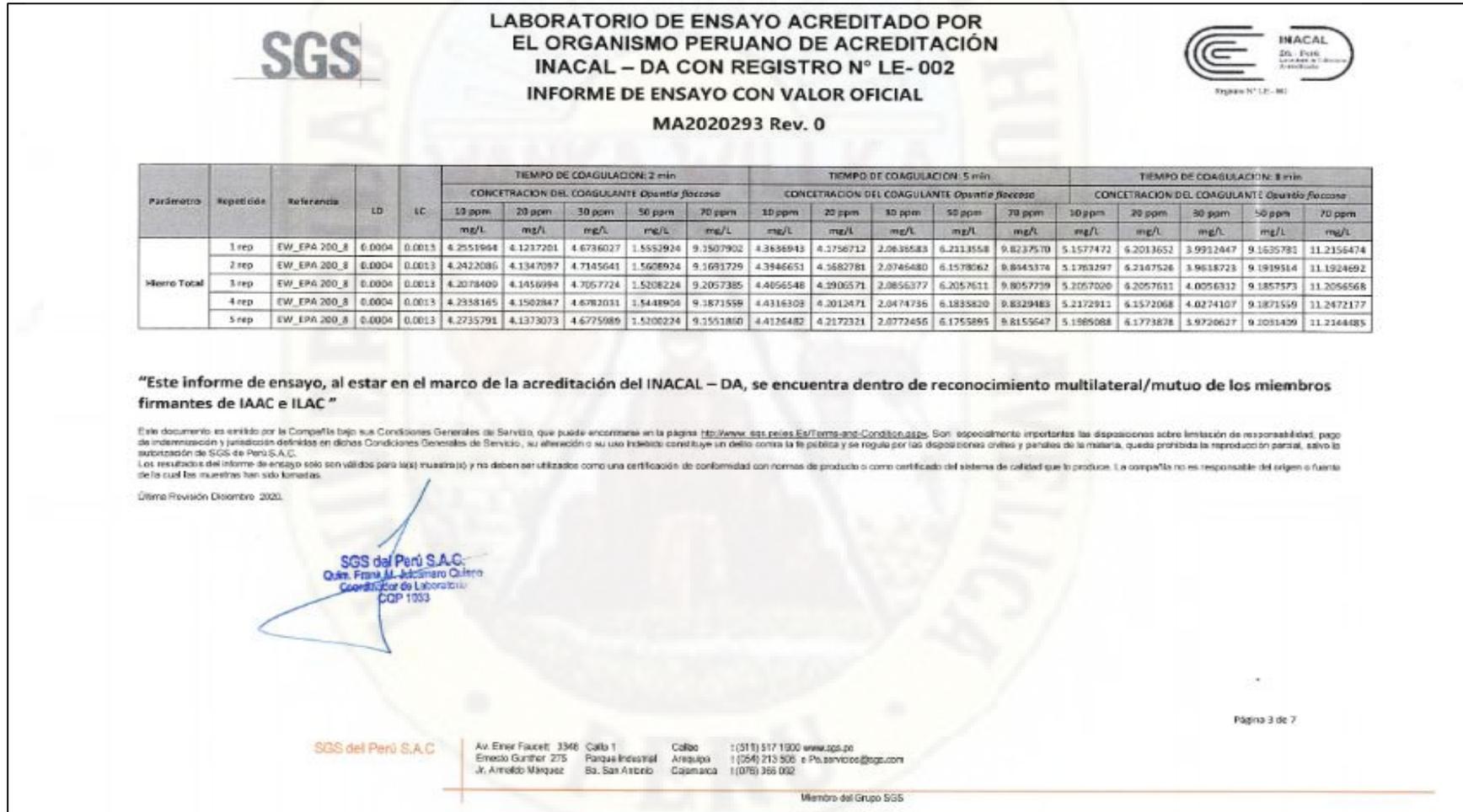


Figura 58

Resultados de análisis de Plomo total del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento

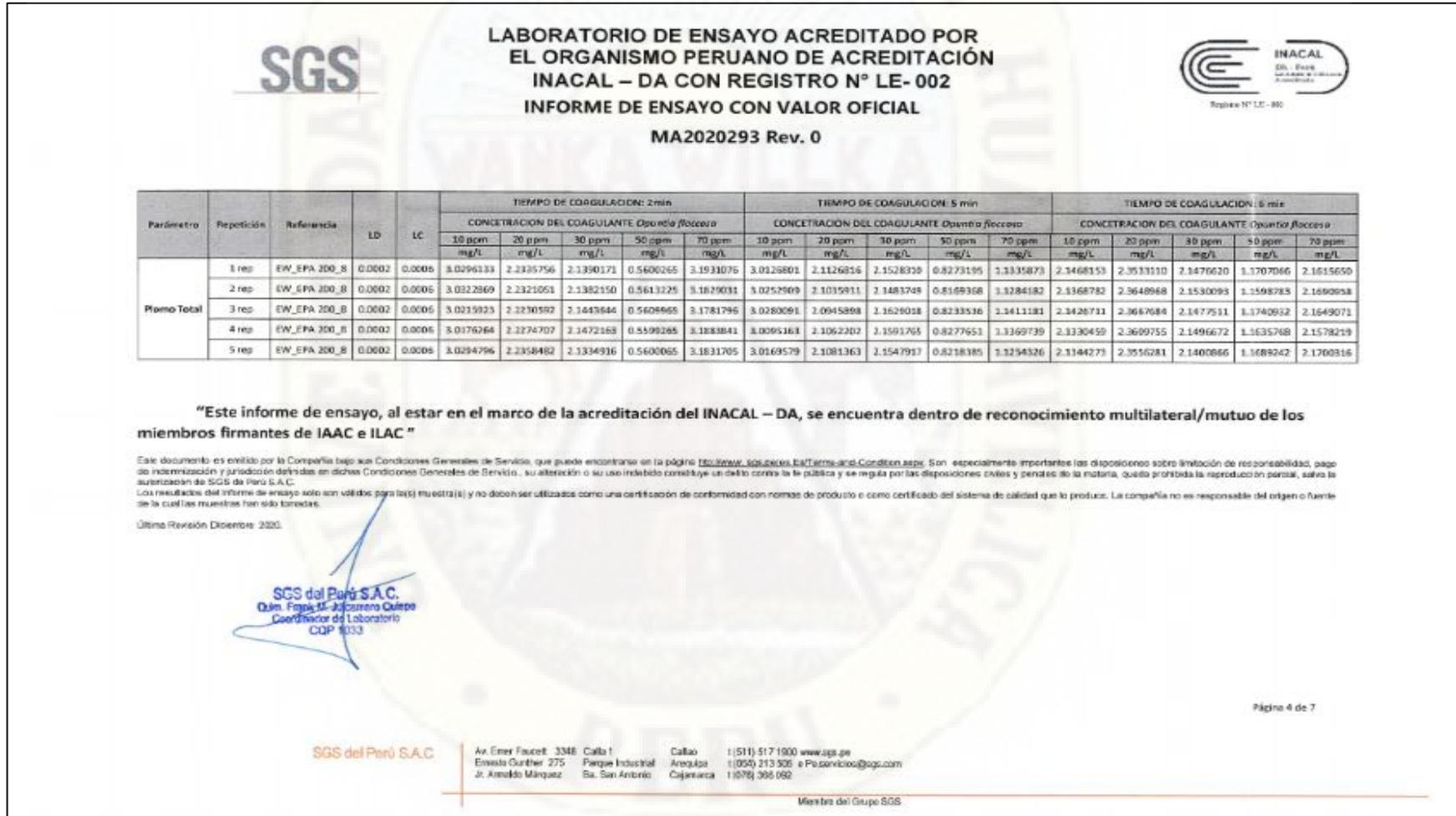


Figura 59

Resultados de análisis de Turbidez del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento



Figura 60

Resultados de análisis de pH del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento

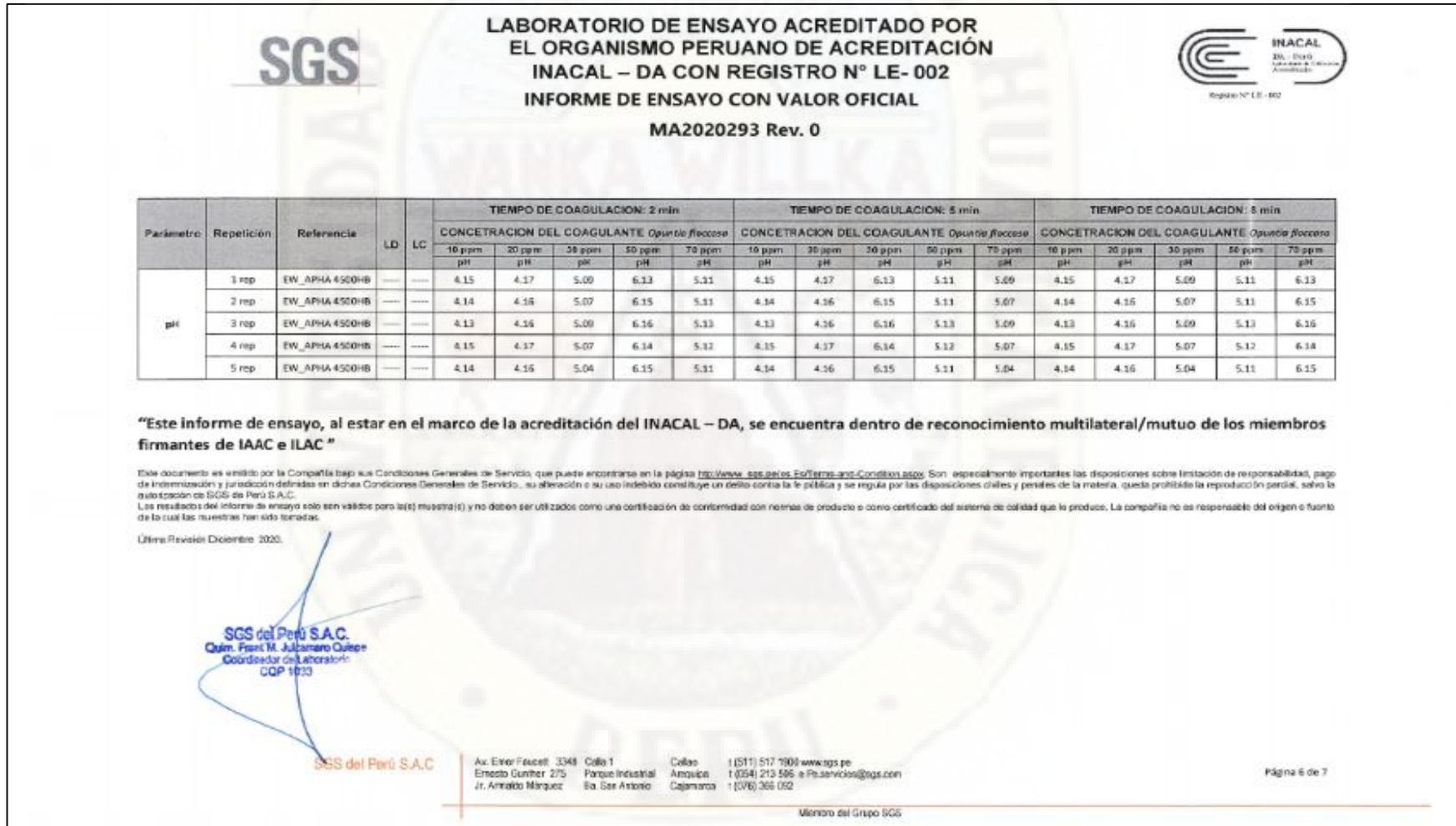


Figura 61

Resumen de resultados de análisis del agua ácida de la Minera Julcani post tratamiento

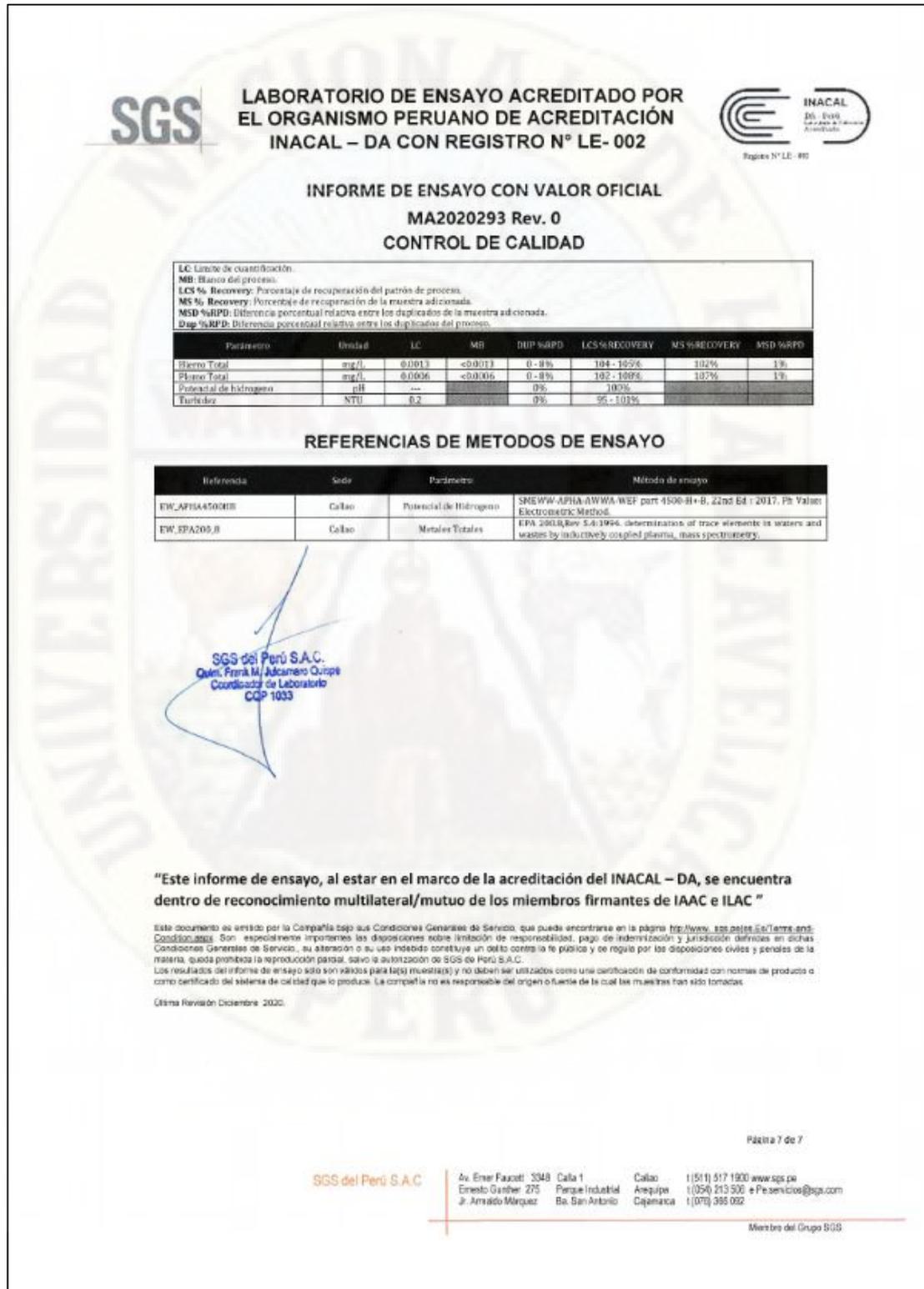


Figura 62

Certificado de acreditación del Instituto Nacional de Calidad –INACAL otorgado al laboratorio SGS DEL PERÚ S.A.C



Figura 63

Resultado de análisis fisicoquímico de la *Opuntia floccosa*




CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981
[Http://www.uncp.edu.pe](http://www.uncp.edu.pe)

INFORME DE ENSAYO N° 0379 - LCC – UNCP - 2020

SOLICITANTE : BENDEZU HUAMANI SHEYLA ESTRELLA – CAPCHA RÍOS ÁNGELA LIBETH.
 DIRECCIÓN : PALLCCAPAMPA – HUACHOCOLPA – HVCA.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : OPUNTIA FLOCCOSA
 TAMAÑO DE MUESTRA : 2 UNIDADES
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 25/11/2020
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 03/12/2020
 SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0379 – 2020
 DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE
 TÍTULO DE LA TESIS : "REMOCIÓN DE HIERRO Y PLOMO EN AGUAS ACIDAS DE LA MINERA JULCANI CON COAGULANTE *Opuntia floccosa*"
 UTM : 12° 55' 630" 74° 55' 388"
 ALTITUD : 4514 MSNM

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

| ANÁLISIS | RESULTADO |
|---------------|-----------|
| Humedad (%) | 8.01 |
| Ceniza (%) | 3.49 |
| Proteína (%) | 0.18 |
| Grasa (%) | 0.89 |
| Fibra (%) | 0.20 |
| Carbohidratos | 87.23 |

MÉTODOS DE ANÁLISIS
 1. HUMEDAD : REF. NTP N° 205.002.1970
 2. GRASA : REF. NTP N° 205.005.1960
 3. PROTEÍNA : AOAC, 1990
 4. CENIZA : REF. NTP N° 205.004.1979
 5. FIBRA : REF. NTP N° 205.003.1980
 6. CARBOHIDRATOS : POR DIFERENCIA

LOS RESULTADOS SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA, DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA, CONSERVACIÓN, ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO!
 LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:
 EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE SOLO A LA MUESTRA. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DETERMINACIÓN DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DÍAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 03 DE DICIEMBRE DEL 2020.

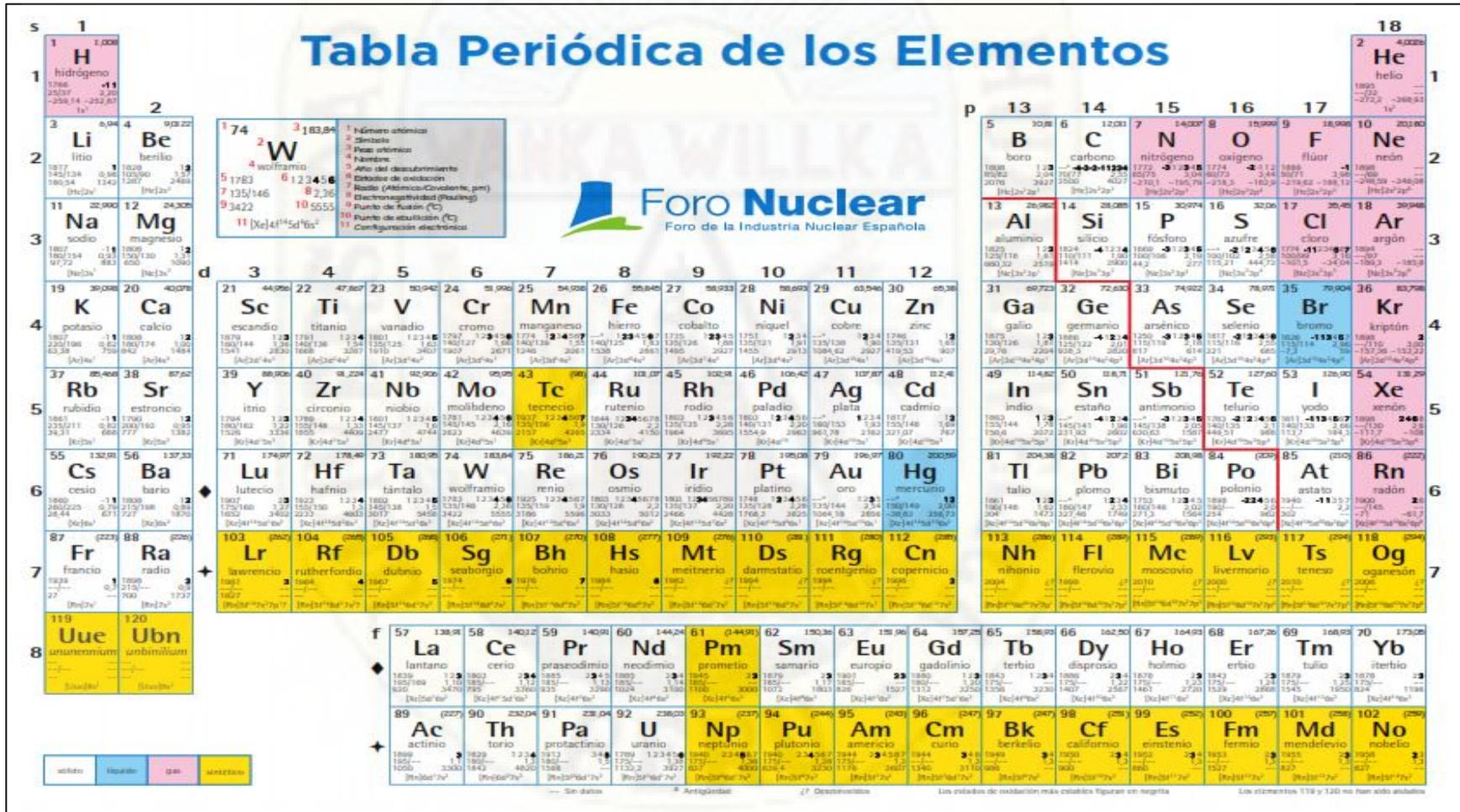


Arlica Mallqui
LABORANTE DE CALIDAD
LCC - FALIA - UNCP

Página 1/1

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
 Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Figura 64
Tabla periódica de los elementos



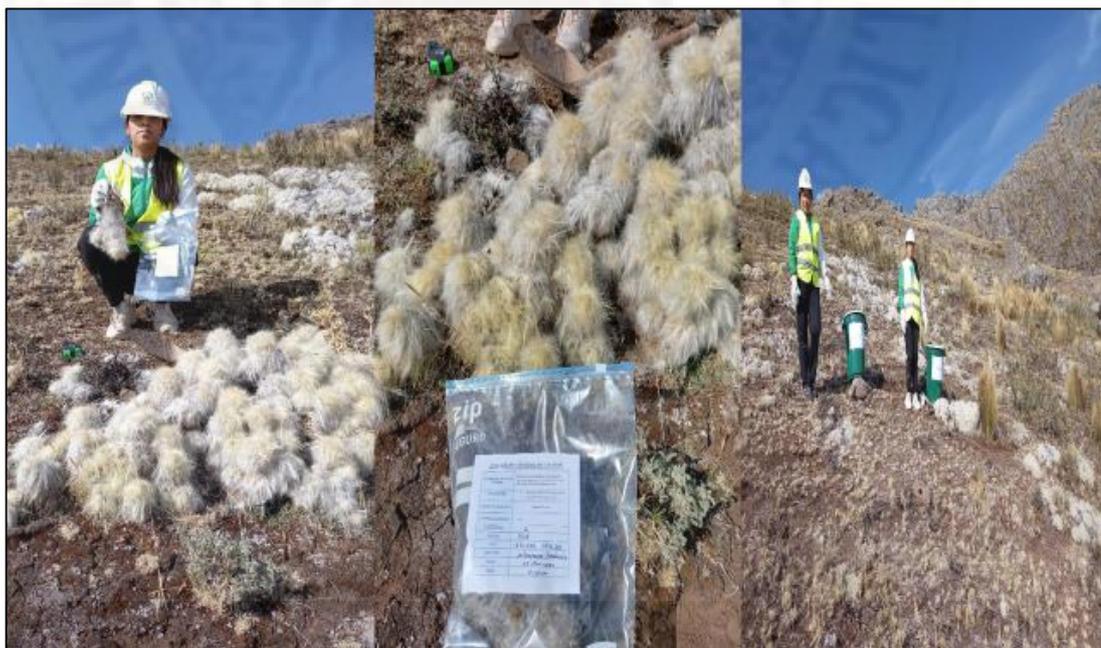
Fotografía 1

Delimitación del terreno y selección de la Opuntia floccosa para la elaboración de coagulante.



Fotografía 2

Selección y rotulado para el envío de la muestra para su análisis fisicoquímico y Traslado de la Opuntia Floccosa al laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.



Fotografía 3

Se calculó el peso, el ancho y altura de la Opuntia floccosa



Fotografía 4

Extracción de gloquidios y espinas.



Fotografía 5

Enumeración de las muestras sin espinas y gloquidios de la Opuntia floccosa.



Fotografía 6

Se calculó el peso, el ancho y altura sin la presencia de las espinas y gloquidios de la Opuntia floccosa.



Fotografía 7
Lavado y pelado de las muestras.



Fotografía 8
Se cortó las muestras sin cutícula de 1 cm x 1 cm y pesó sin la presencia de espigas y gloquidios.



Fotografía 9

Se colocó las muestras en el horno a una temperatura de 60° C por 48 horas.



Fotografía 10

Se retiró las muestras del horno y se pesó.



Fotografía 11

Con ayuda del mortero se molió las muestras.



Fotografía 12

Se pesó la muestra antes de ser tamizada y se pasó por los tamices N° 30 ,40 y 50 en el laboratorio de suelos



Fotografía 13

Se pesó la muestra que pasó por la malla N°30, N°40 y N°50.



Fotografía 14

Se recogió la muestra de agua ácida de la Minera Julcani.



Fotografía 15

Bocamina túnel San Lorenzo nivel 420.



Fotografía 16

Convoy cargado de mineral saliendo de interior Bocamina túnel San Lorenzo nivel 420.



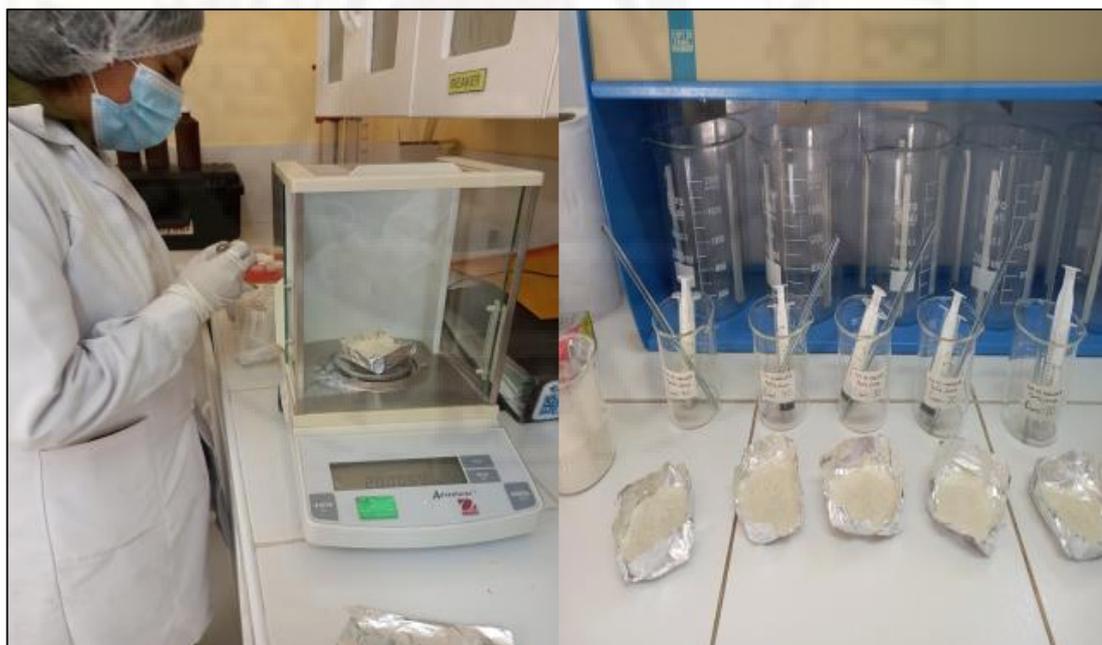
Fotografía 17

Muestras del agua ácida en la EPS-EMAPA Huancavelica.



Fotografía 18

Pesado del coagulante para preparar la solución madre y para las 5 concentraciones a utilizar en la Prueba de Jarras.



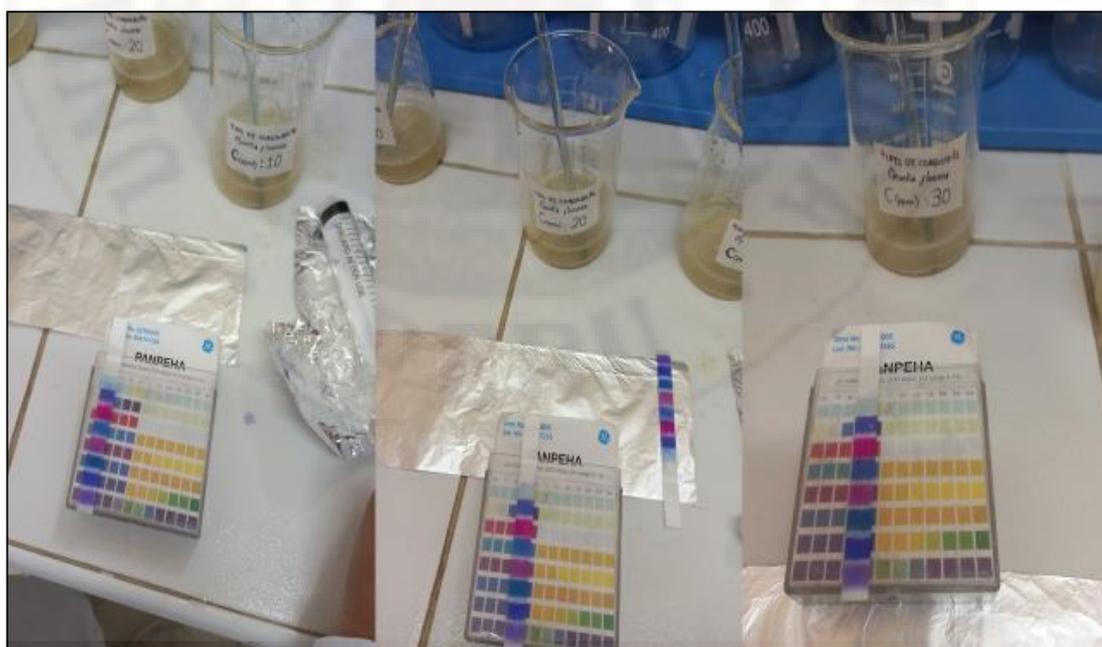
Fotografía 19

Se preparó las soluciones para las 5 concentraciones de 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 50 ppm y 70 ppm para utilizar en la Prueba de Jarras



Fotografía 20

*Calculó del pH de las concentraciones de 10 ppm, 20 ppm y 30 ppm del coagulante *Opuntia floccosa*.*



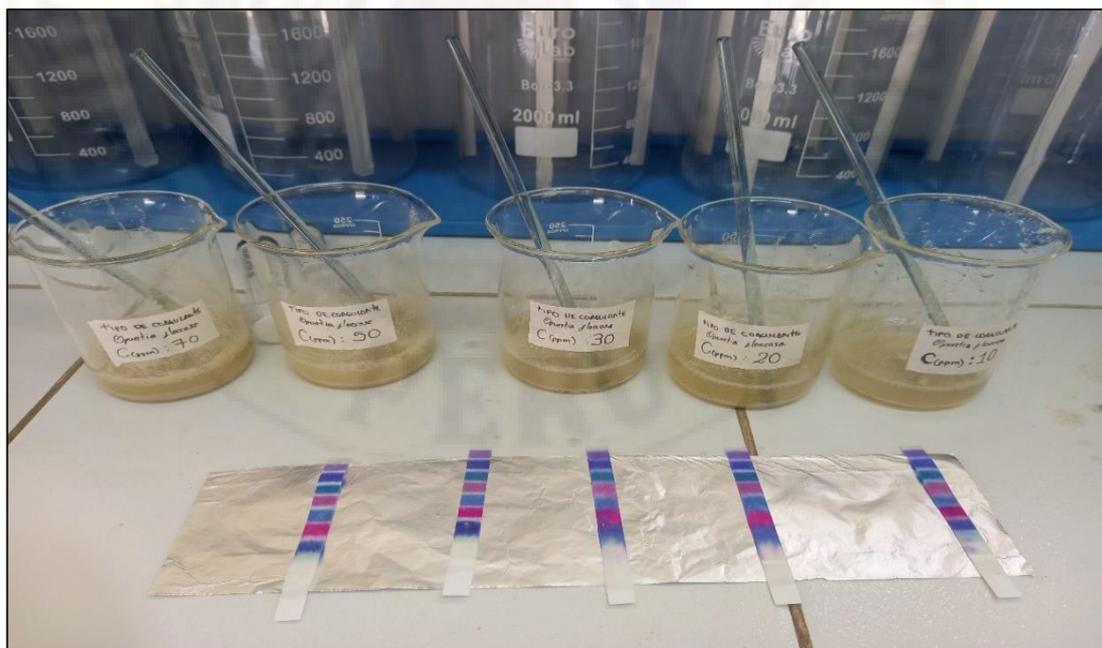
Fotografía 21

Calculó Del pH de las concentraciones de 50 ppm y 70 ppm del coagulante Opuntia floccosa.



Fotografía 22

Cálculo de pH de las 5 concentraciones del coagulante Opuntia floccosa



Fotografía 23

Medición de los parámetros de campo (Temperatura, turbiedad y pH).



Fotografía 24

Se preparó las muestras para la Prueba de Jarras.



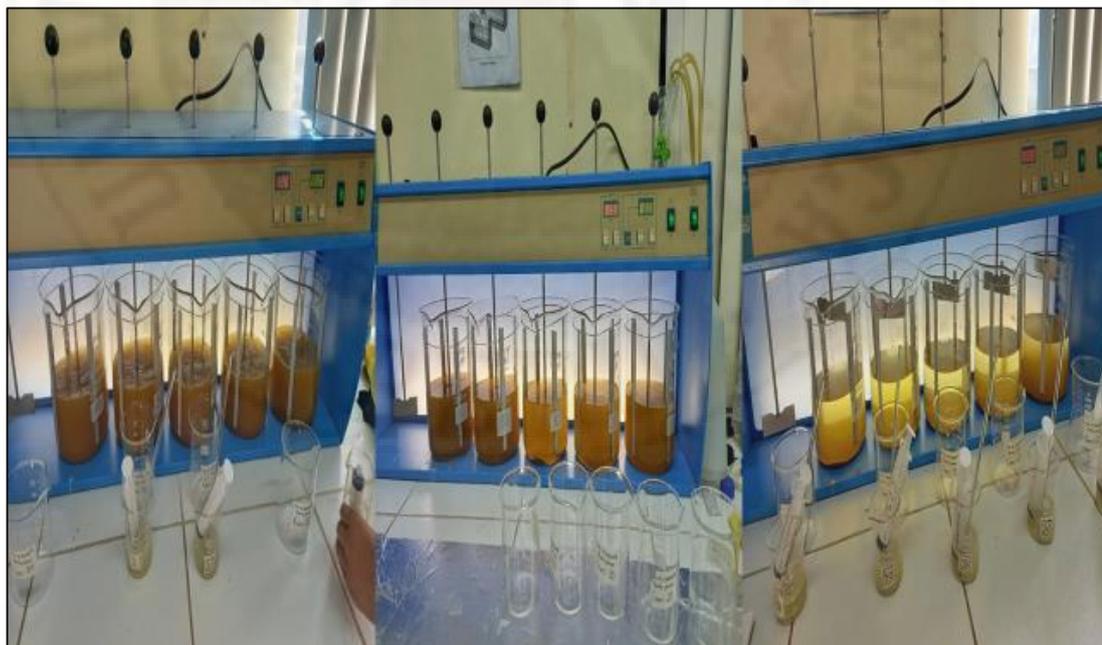
Fotografía 25

Se agregó las concentraciones a cada vaso precipitado.



Fotografía 26

Se programó el equipo con 2 minutos de coagulación a una velocidad de agitación de 100 rpm.



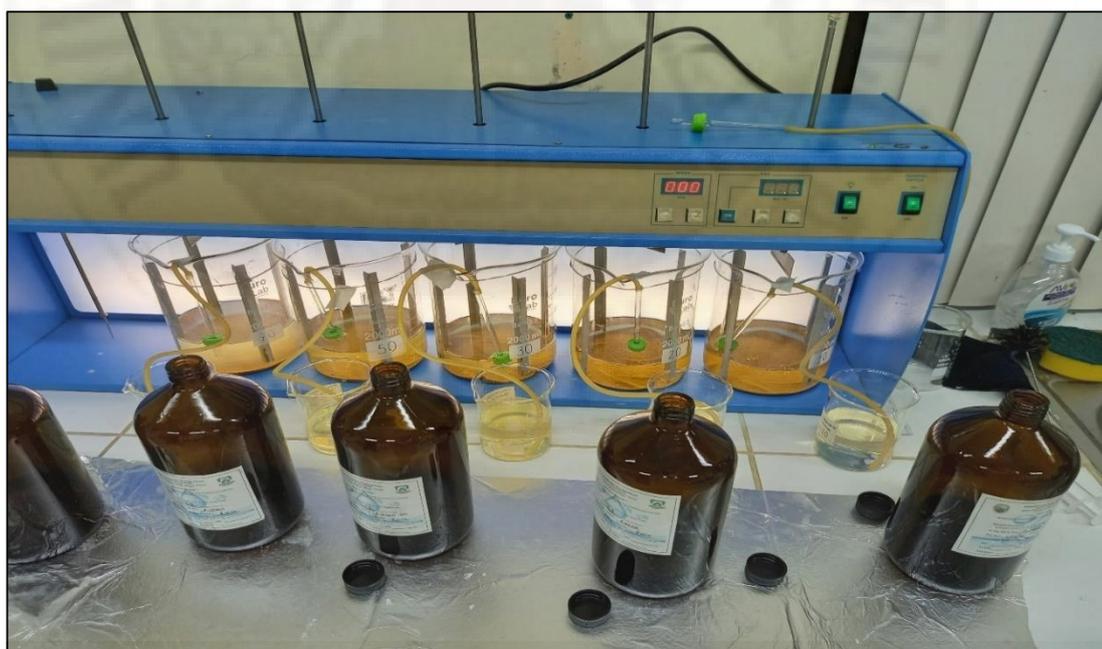
Fotografía 27

Se esperó 30 minutos para el proceso de sedimentación en los 3 tiempos de 2 min , 5 min y 8 min.



Fotografía 28

Se preparó las muestras de agua tratada para su respectivo análisis en el laboratorio.



Fotografía 29

Se rotuló cada envase para su análisis en el laboratorio



Fotografía 30

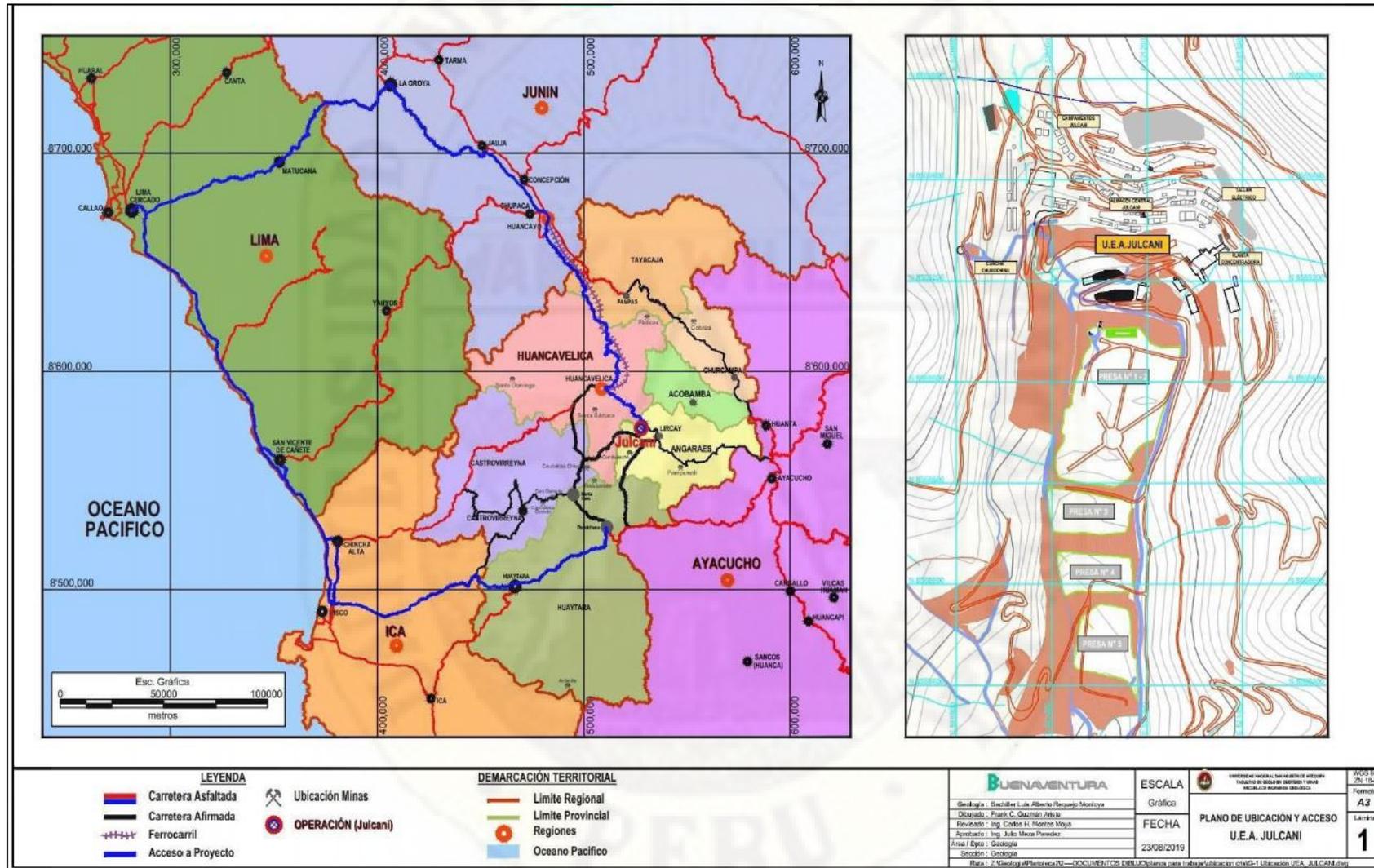
Se trasladó las muestras en un cooler para su respectivo análisis.



Planos

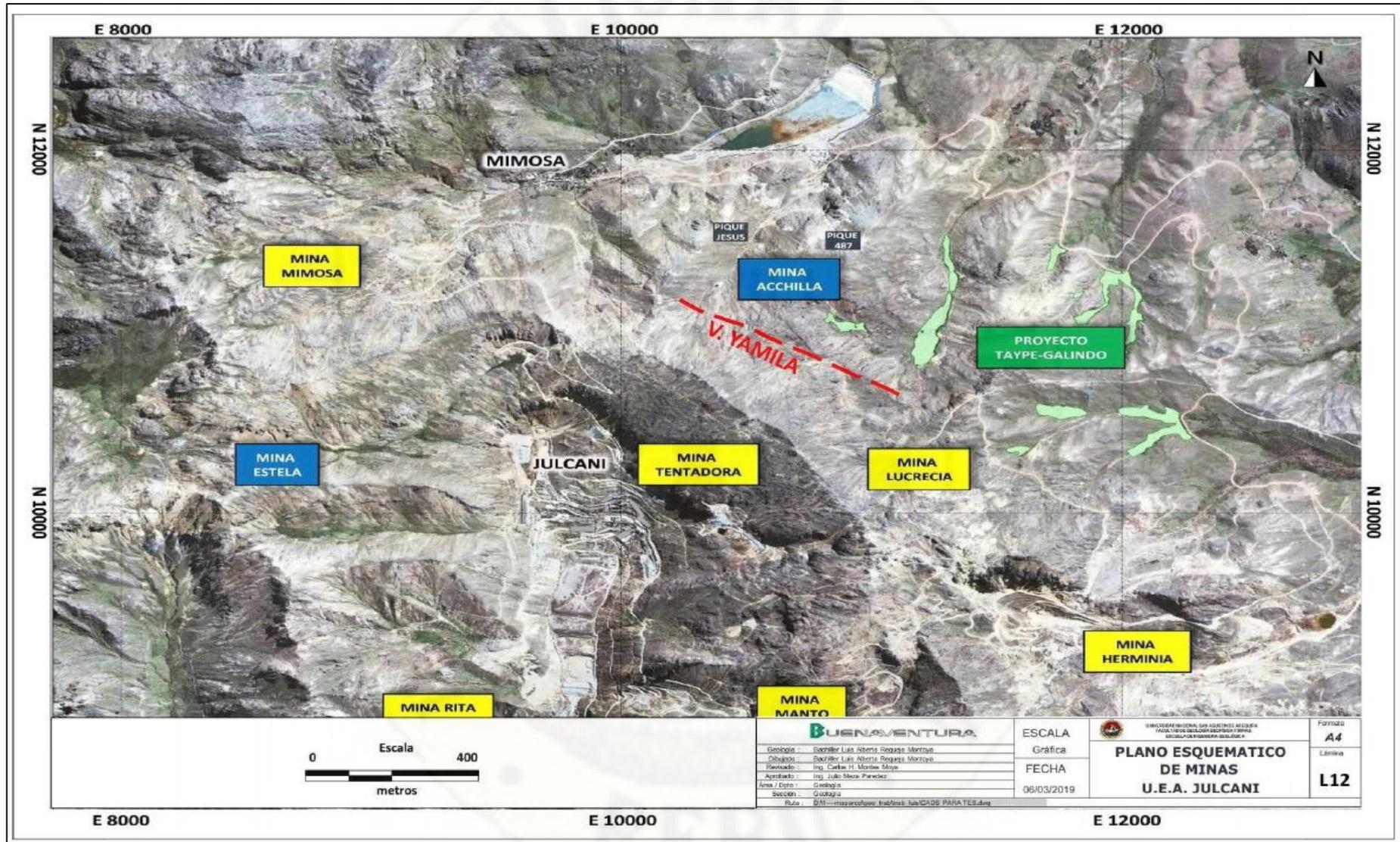
Plano 1

Plano de ubicación y acceso a la U.E.A. Julcani.



Fuente: Minera Julcani

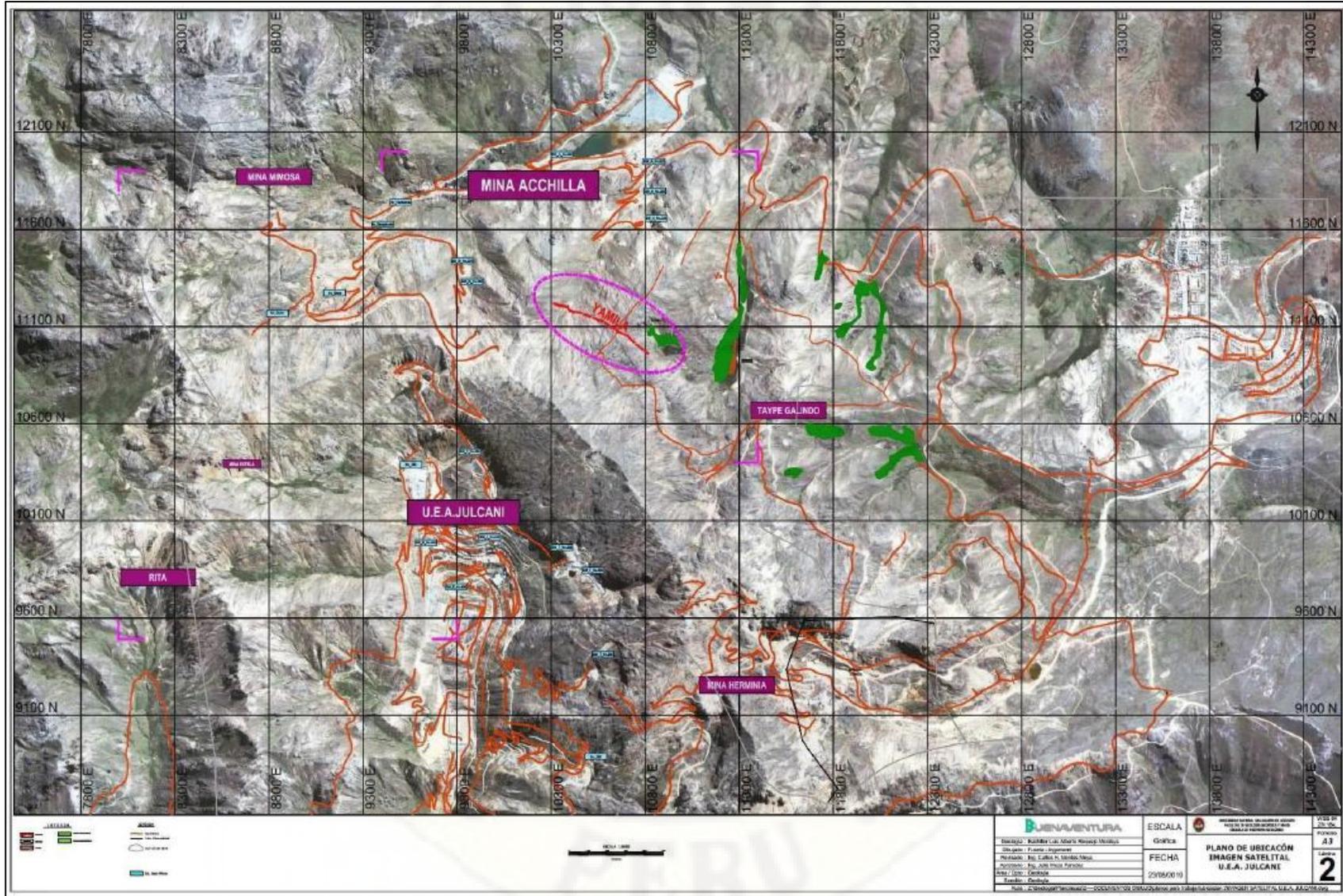
Plano 2
Plano de ubicación y acceso a la U.E.A. Julcani.



Nota: Se visualizan la distribución de la mina Julcani.

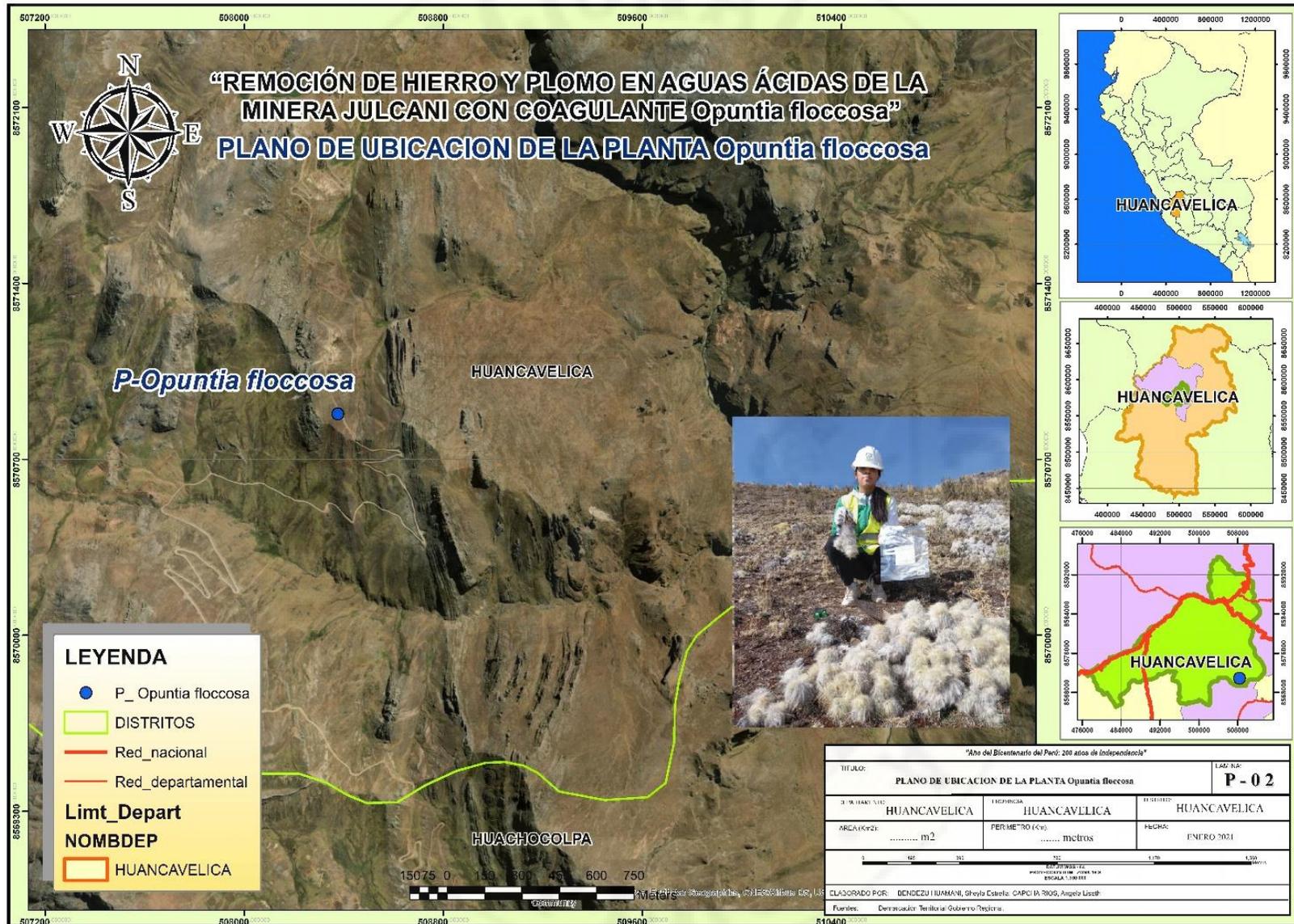
Plano 3

Plano de ubicación y acceso a la U.E.A. Julcani.



Nota: Se visualiza la imagen satelital de la ubicación de la mina.

Plano 4
*Plano de ubicación del cactáceo *Opuntia floccosa*.*



*Nota: La ubicación satelital del área de estudio del cactáceo *Opuntia floccosa*.*

Plano 5

Plano de ubicación y acceso a la U.E.A. Julcani.



Nota: Se visualiza la ubicación satelital de la Minera Julcani