

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

**FACULTAD DE INGENIERIA METALÚRGICA Y QUIMICA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE ING. METALÚRGICA**



**“OPTIMIZACIÓN EN EL CONSUMO DE CAL EN LA
PLANTA CONCENTRADORA SAN JERÓNIMO DE LA
EMPRESA CATALINA HUANCA SOCIEDAD MINERA
S.A.C.”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGICO**

Autor:

EDGAR RAUL, RIOS RIVERA

Asesor:

M(º). COCA RAMIREZ VITOR RAUL

C.I.P. N° 48044

HUACHO - PERÚ

2020

**“OPTIMIZACIÓN EN EL CONSUMO DE CAL EN LA PLANTA
CONCENTRADORA SAN JERÓNIMO DE LA EMPRESA CATALINA HUANCA
SOCIEDAD MINERA S.A.C.”**

.....
Dr. SALCEDO MEZA,
MAXIMO
Presidente

.....
Dr. RUIZ SANCHEZ,
BERARDO BEDER
Secretario

.....
M(o). IMAN MENDOZA,
JAIME
Vocal

.....
M(o). COCA RAMIREZ,
VICTOR RAUL
Asesor

DEDICATORIA

“De todos los animales de la creación el hombre es el único que bebe sin tener sed, come sin tener hambre y habla sin tener nada que decir”

John Steinbeck

AGRADECIMIENTO

“De todos los animales de la creación el hombre es el único que bebe sin tener sed, come sin tener hambre y habla sin tener nada que decir”

John Steinbeck

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE ANEXO	8
GLOSARIO DE ABREVIATURA	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Problema general	15
4.1.1. Problemas específicos.....	15
4.1.2. Problemas específicos.....	15
1.4. Objetivos de la Investigación	15
4.1.3. Objetivo general.....	15
4.1.4. Objetivo específico	15
1.5. Justificación de la investigación.....	16
1.6. Delimitación del estudio.....	16
1.7. Viabilidad del estudio.....	16
CAPÍTULO II MARCO TEORICO	18
4.2. Antecedentes de la Investigación.....	18
4.1.5. Antecedentes Internacionales.....	18

4.1.6. Antecedentes Nacionales.	18
2.1. Antecedentes del Uso de la Cal en la Empresa.	20
4.1.7. Uso de Cal en la Empresa.	20
4.1.8. Sección Flotación.....	20
4.1.9. Eliminación de Agua.....	21
2.2. Bases Teóricas.	22
4.1.10. Flotación de minerales.	22
4.1.11. Reactivos de flotación.	22
2.3. Definiciones Conceptuales	25
2.4. Formulación de la Hipótesis.	26
CAPÍTULO III METODOLOGIA	27
3.1. Diseño Metodológico	27
4.1.12. Tipo de Investigación	27
4.1.13. Enfoque de la Investigación.	27
3.2. Población y Muestra.....	27
4.1.14. Población.....	27
4.1.15. Muestra.....	27
4.3. Operacionalización de Variables e indicadores.....	28
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	28
4.1.16. Técnicas a emplear.	28
4.1.17. Descripción de los instrumentos.	29
4.5. Técnicas para el procesamiento de la información.....	29
CAPÍTULO IV RESULTADOS	30
4.1. Análisis de Resultados.....	30
4.1.1. Determinación de Cal útil y Cal hidratada.....	30
4.1.2. Determinación de la Cal Hidratada.....	33
4.2. Recuperación y Calidad del Concentrado.	35
4.2.1. Calidad y Recuperación de Pb, Ag.	35

4.2.2. Calidad y Recuperación de Zn.....	37
4.2.3. Efecto de Calidad de CaO en la Calidad de Concentrado y Recuperación.	39
4.2.4. Efecto de pH en la Calidad de Concentrado y Recuperación.	51
4.3. Contrastación de hipótesis.....	63
4.3.1. Hipótesis general.....	63
4.3.2. Hipótesis específicos.....	63
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....	65
5.1. Discusión de Resultados.....	65
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6.1. Conclusiones.....	67
6.2. Recomendaciones.	68
CAPÍTULO VII FUENTES DE INFORMACIÓN	70
7.1. Fuentes bibliográficas.....	70
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> pH concentración del ditiofosfato para la pirita, galena y calcopirita (Fuerstenau & Han, 2009).	24
<i>Figura 2</i> Curva de calidad y recuperación del plomo vs calidad de CaO	35
<i>Figura 3</i> Curva de calidad y recuperación del plomo vs calidad de pH.....	36
<i>Figura 4</i> Curva de calidad y recuperación de la plata vs calidad de CaO.....	36
<i>Figura 5</i> Curva de calidad y recuperación de plata vs pH	37
<i>Figura 6</i> Curva de calidad y recuperación del zinc vs calidad de CaO.....	38
<i>Figura 7</i> Curva de calidad y recuperación del zinc vs pH.....	38
<i>Figura 8</i> Diagrama de Pareto de %Pb vs. %CaO.....	40
<i>Figura 9</i> Diagrama de Pareto de Recup(Pb) vs. %CaO	42
<i>Figura 10</i> Diagrama de Pareto de Ag(oz/t) vs. %CaO	44
<i>Figura 11</i> Diagrama de Pareto de Recup(Ag) vs. %CaO	46
<i>Figura 12</i> Diagrama de Pareto de %Zn vs. %CaO.....	48
<i>Figura 13</i> Diagrama de Pareto de recuperación del Zn vs. %CaO.....	50
<i>Figura 14</i> Diagrama de Pareto %Pb vs. pH	52
<i>Figura 15</i> Diagrama de Pareto Recup(Pb) vs. pH.....	54
<i>Figura 16</i> Diagrama de Pareto Ag(oz/t) vs. pH.....	56
<i>Figura 17</i> Diagrama de Pareto Recup(Ag) vs. pH.....	58
<i>Figura 18</i> Diagrama de Pareto %Zn vs. pH.....	60
<i>Figura 19</i> Diagrama de Pareto Recup(Zn) vs. pH	62

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variables e indicadores.....</i>	28
<i>Tabla 2 Calidad y recuperación del plomo, plata zinc vs pH %CaO.....</i>	35
<i>Tabla 3 Calidad y recuperación del zinc vs pH %CaO.....</i>	37
<i>Tabla 4 Límites permisibles para el control de variables</i>	39
<i>Tabla 5 Coeficientes %CaO y calidad de plomo(%Pb).....</i>	39
<i>Tabla 6 Resumen del modelo %Pb vs. %CaO.....</i>	39
<i>Tabla 7 Análisis de Varianza %CaO y calidad de plomo(%Pb).....</i>	40
<i>Tabla 8 Coeficientes Recup(Pb) vs. %CaO</i>	41
<i>Tabla 9 Resumen del modelo Recup(Pb) vs. %CaO.....</i>	41
<i>Tabla 10 Análisis de Varianza Recup(Pb) vs. %CaO.....</i>	41
<i>Tabla 11 Coeficientes Ag(oz/t) vs. %CaO</i>	43
<i>Tabla 12 Resumen del modelo Ag(oz/t) vs. %CaO.....</i>	43
<i>Tabla 13 Análisis de Varianza Ag(oz/t) vs. %CaO.....</i>	43
<i>Tabla 14 Coeficientes Recup(Ag) vs. %CaO.....</i>	45
<i>Tabla 15 Resumen del modelo Recup(Ag) vs. %CaO.....</i>	45
<i>Tabla 16 Análisis de Varianza Recup(Ag) vs. %CaO.....</i>	45
<i>Tabla 17 Coeficientes %Zn vs. %CaO.....</i>	47
<i>Tabla 18 Resumen del modelo %Zn vs. %CaO</i>	47
<i>Tabla 19 Análisis de Varianza %Zn vs. %CaO.....</i>	47
<i>Tabla 20 Coeficientes Recup(Zn) vs. %CaO</i>	49
<i>Tabla 21 Resumen del modelo Recup(Zn) vs. %CaO.....</i>	49
<i>Tabla 22 Análisis de Varianza Recup(Zn) vs. %CaO.....</i>	49
<i>Tabla 23 Coeficientes %Pb vs. pH</i>	51
<i>Tabla 24 Resumen del modelo %Pb vs. pH.....</i>	51

<i>Tabla 25 Análisis de Varianza %Pb vs. pH.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 26 Coeficientes Recup(Pb) vs. pH.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 27 Resumen del modelo Recup(Pb) vs. pH.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 28 Análisis de Varianza Recup(Pb) vs. pH.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 29 Coeficientes Ag(oz/t) vs. pH.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 30 Resumen del modelo Ag(oz/t) vs. pH.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 31 Análisis de Varianza Ag(oz/t) vs. pH.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 32 Coeficientes Recup(Ag) vs. pH.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 33 Resumen del modelo Recup(Ag) vs. pH.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 34 Análisis de Varianza Recup(Ag) vs. pH.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 35 Coeficientes %Zn vs. pH.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 36 Resumen del modelo %Zn vs. pH.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 37 Análisis de Varianza %Zn vs. pH.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 38 Coeficientes Recup(Zn) vs. pH.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 39 Resumen del modelo Recup(Zn) vs. pH.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 40 Análisis de Varianza Recup(Zn) vs. pH.....</i>	<i>61</i>

ÍNDICE DE ANEXO

<i>Fotografía 1: Preparación del Ácido Clorhídrico al 1.0 N.</i>	<i>73</i>
<i>Fotografía 2: Preparación de Agua libre de CO₂.....</i>	<i>73</i>
<i>Fotografía 3: Pesando la muestra de Na₂CO₃.....</i>	<i>74</i>
<i>Fotografía 4: Sacando las muestras por punzones en cada bolsa de cal.</i>	<i>75</i>
<i>Fotografía 5: Preparación de la muestra para la obtención de un muestra representativa de 500 g. aprox.</i>	<i>76</i>
<i>Fotografía 6: Pesando la muestra de la cal.</i>	<i>76</i>
<i>Fotografía 7: La solución de Na₂CO₃ después de haber agregado 3 gotas de indicador de naranja de metilo.</i>	<i>77</i>
<i>Fotografía 8: Preparación de los reactivos; azúcar, Na₂CO₃ y la Cal.</i>	<i>77</i>
<i>Fotografía 9: La Cal en bolsones con un peso de 1 tonelada.....</i>	<i>78</i>

GLOSARIO DE ABREVIATURA

%: Porcentaje

t: Tonelada

”: Pulgada

cm³: Centímetros cúbicos.

Cu: Cobre.

Ag: Plata

Zn: Zinc

Pb: Plomo

g : Gramo

g/L : Gramos por litro

kg. : Kilogramo.

Nº: Número

pH : Potencial de Hidrogeno

kg/t: Kilogramo por tonelada

m³: Metro cubico

KPI: Indicador de clave de rendimiento

Oz/t: Onza por tonelada

Km: Kilometro

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo optimizar el consumo de cal en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. es un trabajo experimental y comparativo, teniendo los resultados: La calidad de la cal 54% influye en la calidad y recuperación para el plomo en forma positiva, a un pH de 7,7. Para el caso de la plata con una calidad de cal 54,25% a un pH de 7,7 tiene una calidad óptima de la plata en el concentrado. En el caso del zinc la calidad de la cal a un 53,5% y a un pH 9,0 tiene una calidad y recuperación óptima. Si afecta la calidad de la plata donde p calculada es de 0,027 menor que 0,005 y en el diagrama de Pareto la predicción de A está por encima de la línea. En la calidad del concentrado de zinc p calculada es 0,021 menor que 0,005 y del diagrama de Pareto la Predicción A es superior a la línea. Mientras que en el caso del plomo no afecta la calidad valor de p calculada es de 0,066 que es mayor a 0,05 y del diagrama de Pareto la gráfica predictora está por debajo de la línea. La curva de calidad de plomo en función al pH el incremento del pH tiende a bajar la calidad y recuperación de plomo para que incrementa el pH sube el consumo de la cal, mientras que, para la plata, la calidad de la plata en el concentrado vs pH el incremento del pH disminuye la calidad de la plata. En el caso del zinc el incremento del pH tiende decaer la calidad del zinc en el concentrado del zinc. Los rangos de la calidad de cal entre 53,6% a 55,4% a pH de 7,5 a 8 para el concentrado de plomo plata y de 9 a 9,5 para el caso del zinc. Se concluye que la calidad de cal influye en la flotación de los minerales por lo que se debe establecer un rango que permita optimizar el consumo de la cal.

Palabra clave: Consumo de cal en la flotación, calidad de cal en la flotación, calidad de cal en el pH, La cal en la flotación de menas.

ABSTRACT

The objective of this work is to optimize lime consumption in the San Jerónimo concentrator plant of the Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. It is an experimental and comparative work, having the results: The quality of lime 54% influences the quality and recovery for lead in a positive way, at a pH of 7.7. For the case of silver with a lime quality of 54.25% at a pH of 7.7 it has an optimal quality of silver in the concentrate. In the case of zinc, the quality of lime at 53.5% and at pH 9.0 has optimal quality and recovery. If it affects the quality of the silver where p calculated is 0.027 less than 0.005 and in the Pareto chart the prediction of A is above the line. In the calculated zinc concentrate quality p is 0.021 less than 0.005 and from the Pareto chart Prediction A is higher than the line. While in the case of lead it does not affect the quality, the calculated p-value is 0.066 which is greater than 0.05 and from the Pareto chart the predictive graph is below the line. The lead quality curve as a function of pH, the increase in pH tends to lower the quality and recovery of lead, so that the pH increases the consumption of lime increases, while, for silver, the quality of the silver in the concentrate vs pH, increasing the pH decreases the quality of the silver. In the case of zinc, the increase in pH tends to decrease the quality of the zinc in the zinc concentrate. The lime quality ranges from 53.6% to 55.4% at pH 7.5 to 8 for lead silver concentrate and from 9 to 9.5 for zinc. It is concluded that the quality of lime influences the flotation of minerals, so a range must be established that allows optimizing the consumption of lime.

Key Word: Consumption of lime in flotation, quality of lime in flotation, quality of lime in pH, Lime in flotation of ores.

INTRODUCCIÓN

En el proceso flotación de los minerales es muy importante el pH que se está desarrollando, en el proceso de recuperación de los minerales se pueden realizar en un medio ácido neutro y básico, en su mayoría de los minerales por su comportamiento se realizan en medio básico superior a pH para ello es necesario buscar un reactivo que cumplan desde el punto de vista económico y técnico para ellos se utiliza la cal, carbonato de sodio, carbonato de calcio, hidróxido de sodio, etc. Los reactivos más económicos es la cal que se ajusta en la recuperación de los minerales polimetálicos.

Por los años 1909 se emplea el proceso de flotación de los minerales en el mundo, con el descubrimiento de los colectores que permitían realizar la flotación por espuma de los minerales sulfuros. Por los años 1920 a 1930 se emplean esta técnica tanto en Perú como en Chile junto a ello se comienzan a utilizar la cal como medio para modificar el pH, ya que los minerales sulfuros flotan a un pH básico.

En la planta concentradora San Jerónimo de la empresa **CATALINA HUANCA SOCIEDAD MINERA S.A.C.**, se tiene un problema en el proceso de flotación, todo el indicio tiene que ver con la calidad de la cal que se utiliza, por lo que se necesita ver en qué medida puede tener la influencia de este y por otro ver en que rango de pH, calidad de la cal se tiene una buena calidad de concentrado para así tener una optimización del uso de la cal.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la planta concentradora Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., en la búsqueda de la mejora continua de los procesos productivos implemento en el año 2017 un sistema control automático en la alimentación de cal, para poder así llevar un mejor control en el proceso de dilución de la cal y su dosificación como lechada de cal, para poder tener un control y evitar los consumos excesivos de este insumo. Pero no se logró obtener los resultados esperados, por ello se evaluará, la cal para determinar la calidad, debido al incremento de uso de la cal viva por día, durante todo el 2016 siendo de Ton por mes, pero en el año 2017 aumentó su consumo a 71.2 ton/mes.

1.2. Formulación del problema

La empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., por medio del departamento de control de calidad, realiza pruebas para determinar la cal abastecida por la empresa **CALQUIPA S.A.C.** está dentro de los parámetros adecuados ya que este este no está brindando óptimos resultados que la empresa desea.

En el proceso de flotación bulk se realiza en un pH de 8,50 – 9,50 luego para la flotación de zinc se incrementa en un rango de 11,30 – 11,80, donde el zinc es activada y recuperada adecuadamente del mismo modo se en este rango se evitar la activación de la pirita. Por otra parte, el relave que sale del circuito de flotación tiene un rango de pH de 10,50 – 11,30. En cumplimiento de las normas medio ambiente para reducir el pH al rango establecidos el tratamiento incrementando el costo para que el agua sea evacuada al medio ambiente con un pH de $\leq 9,00$.

El uso de la cal en la planta concentradora fluctúa en un rango de 0,54 – 0,77 kg/t, por lo que se quiere reducir por las siguientes razones:

- Alto costo de consumo de cal.
- Costo de tratamiento en el tratamiento alto de relave alto.

Esta investigación se quiere optimizar la cal para su mejor y optimo en el proceso de flotación.

1.3. Problema general

4.1.1. Problemas específicos

¿Cuál es el consumo óptimo de cal en el proceso de concentración en la planta concentradora San Jerónimo de la empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.?

4.1.2. Problemas específicos.

- 3 ¿En qué medida la calidad de la cal empleada afecta el rendimiento en el proceso de concentración en la planta concentradora San Jerónimo de la empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.?
- 4 ¿Cuál es el consumo de cal optima empleada en el proceso de concentración en la planta concentradora San Jerónimo de la empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.?
- 5 ¿De qué manera podemos establecer los rangos de alimentación de cal para la preparación de la lechada?

1.4. Objetivos de la Investigación

4.1.3. Objetivo general

- Optimizar el consumo de cal en el proceso de concentración en la planta concentradora San Jerónimo de la empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.

4.1.4. Objetivo específico

- Evaluar el rendimiento del proceso de concentración en función de la calidad de cal empleada.

- Determinar el consumo de cal empleada en el proceso de concentración del mineral.
- Establecer los rangos de alimentación de lechada de cal en el proceso de concentración del mineral.

1.5. Justificación de la investigación

Determinar los parámetros y variables para llevar un correcto apagado de cal que nos con lleve a una disminución en el consumo de este insumo.

1.6. Delimitación del estudio

En el presente trabajo se ha realizado en la Empresa Minera Catalina Huanca S.A.C. que se encuentra ubicado en:

- País : Perú
- Departamento : Ayacucho
- Provincia : Víctor fajardo
- Distrito : Canaria y Apongo

1.7. Viabilidad del estudio

Para desarrollar la investigación durante el tiempo de las pruebas, se cuenta con el apoyo de la coordinación del Laboratorio de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. Dicho laboratorio, cuenta con el equipo necesario y los analistas capacitados para desarrollar los análisis necesarios en el estudio para la evaluación de la Cal. Así mismo, se cuenta con el apoyo del jefe de metalurgia para la recopilación de los datos informativos que se requieren para el estudio. Se debe mencionar, además, que la financiación de la investigación será asumida por el investigador.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

4.2. Antecedentes de la Investigación.

4.1.5. Antecedentes Internacionales.

En el estudio sobre, “Estudio para disminuir consumo de cal en planta concentradora CODELCO Andina” (Cárdenas, 2014) concluye, que en la flotación de cobre con el uso de silicato de sodio a un pH de 10 es de 92,28% a comparación del 91,80% con el uso del quebracho. En el proceso de la producción de cal viva en el apagado es importante tener en consideración la temperatura de apagado de la producción de la y la relación agua y cal (p. 83).

En él, “Estudio del efecto de las interacciones del sistema ‘agua de mar – cal’ en procesamiento de minerales” (Morales, 2017) concluye, que el efecto buffer entre la cal y el agua de mar se producen a un pH de 9,5 la presencia de minerales o concentrado no omite el efecto, pero a los cuales se producen los valores si afectan. El agua de mar almacenado en un periodo de 10 días disminuye el consumo de cal con un determinado de valor de pH (p. 75).

En “Evaluación del efecto del pH y de los reactivos en la recuperación de cobre en circuito de flotación colectiva Cu-Mo en minera los pelambres” Correa (2019) concluye, que la calidad de agua y la cal en la preparación disminuye en un 31% del consumo de la cal en la planta. Por otra parte, la granulometría de la cal con el incremento de los colectores puede disminuir el consumo de la cal (p. 50).

4.1.6. Antecedentes Nacionales.

En el trabajo sobre “Optimización del proceso de flotación rougher zinc en minerales m4b (mineral de cobre (calcopirita) y zinc) sobre selectividad y recuperación de minerales. Mediante el uso de reactivos alternativos diamond”, Román (2018) concluye, se logra una reducción de cal entre 50% y 60% en el proceso de flotación solo se requiere cal en el circuito

de limpieza a un pH óptimo de 11,6 para tener una fluidez de las evacuaciones de las espumas, con el colector diamont F4224LI que remplaza a SIPX en un 100% (p. 94).

En el “Estudio del efecto del pH sobre el potencial de la pulpa y flotación de minerales sulfurados en la planta concentradora Chumpe de la CIA. Minera Corona S. A”, Vila (2011) concluye, la flotación de minerales simples y complejas está a un pH de 9 a 12, esto debido que los efectos del mineral pueden responder a cambio del ambiente, respecto al potencia de la pulpa comparado con las de la pulpa de flotación (p. 105).

En “Operaciones en planta concentradora de mineral polimetálico y óxidos de plomo-plata cobre de Sociedad Minera Corona S.A” Delgado (2016) concluye que para la neutralización de sales solubles de cobre es la cal, pero el que tiene más efectividad es la soda caustica por ser más enérgico (p. 78).

2.1. Antecedentes del Uso de la Cal en la Empresa.

4.1.7. Uso de Cal en la Empresa.

En Catalina Huanca, la preparación de lechada de cal se daba de manera manual, el operador encargado de flotación de Zinc era el encargado de adicionar cada hora dos sacos de 25 Kg., de cal a un tanque de 180 m³ en el año 2017 se opta por desarrollar un pequeño proyecto que consistía en instalar un sistema de alimentación automática de cal, para de esta manera reducir los riesgos al que se encontraba expuesto el personal, así como minimizar las pérdidas de este insumo de esta manera obtener una reducción en el consumo lo cual se verá reflejado en el KPI. Pero el a pesar de tener ya implementado este sistema no se visto mejora alguna y los consumos se han elevado, por lo que iremos evaluando todo el proceso de preparación de la lechada a fin de determinar los parámetros adecuados y así poder cumplir con los objetivos propuestos.

4.1.8. Sección Flotación

En el proceso de flotación se realiza una flotación bulk, luego una separación cobre plomo y flotación de zinc que consta de circuitos de rougher, Scavenger y luego limpieza para la recuperación de cobre plomo y zinc en sus respectivos circuitos.

2.1.1.1. Flotación de Zinc.

El relave proveniente del relave de la flotación bulk se alimenta al acondicionador de 10'x100' donde se adiciona cal a razón de 750 g/t que para elevar el pH de 9,5 en esta etapa se agrega sulfato de cobre a razón de 209 g/t para activar el zinc, como colector se agrega el Z-11 a razón de 26 g/t y espumante aerofloth 70 a razón de 5 g/t, esta se llevará a cabo en 2 celdas OK-16, el concentrado de estas celdas será limpiados solo una vez en una celda OK-10 la flotación flash y su concentrado será producto final, con esto se baja la ley de cabeza en un 50%, evitando carga circulante y dando mayor capacidad de tratamiento al circuito. Los relaves de estas celdas OK-16 y OK-10 serán bombeados al Rougher II, que consta de una

celda OK-50 y 3 celdas DR-500 de 500 ft³ c/u (Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., enero 2018, p.13).

4.1.9. Eliminación de Agua.

En esta tercera sección de eliminación de agua de relaves la producción es de 2160 t/ día, el relave general de planta con densidad promedio de pulpa de 1200 g/l es procesado bajo un sistema de separación sólido líquido en una planta que encuentra actualmente operando, 2 nidos: uno de 6 ciclones D-15 y otro nido de 6 ciclones D-18. La pulpa de relaves de planta concentradora es bombeada mediante 2 bombas Warman-200 hacia los nidos de ciclones, uno a la vez (Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., enero 2018, p.13).

Los finos de los ciclones de este ingresan a 4 espesadores ultrasep de 16' de diámetro por 32' de alto. Los gruesos de los ciclones pasan directamente hacia los cajones de las bombas Warman-125 en donde se juntan con las descargas del relave espesado en los ultrasep y juntos son bombeados a los Holding tank de los filtros prensa, Del holding tank y en forma automática cada filtro prensa jalara la carga en forma automática para eliminar el agua por medio de prensa (Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., enero 2018, p.13).

En esta cuarta sección y ultima la eliminación de agua de relaves la producción es de 2300 t/ día y se mantendrá lo mismo que para las 2160, solo que mayor tonelaje, para lo cual se reemplazará el filtro prensa Cidelco de 60 placas actual, por un filtro prensa de 120 Placas nuevo (Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C., enero 2018, p.13).

2.2. Bases Teóricas.

4.1.10. Flotación de minerales.

En el aprovechamiento de los recursos naturales para elevar el valor económico, en nuestro caso para la concentración de minerales se realiza por flotación. Para realizar el proceso de flotación es necesario realizar adecuación de la materia prima en nuestro caso, el mineral se debe realizar de reducirlo de tamaño esto lo realiza por chancado y molienda, acto seguido se realiza el acondicionamiento de la densidad de pulpa, adición de los reactivos para la recolección de las partículas de interés colectores, modificación de pH, depresores de minerales que no tiene valor económico, adicionar el espumante para que recolecte en las espuma el mineral de interés y sea evacuado a la parte superior.

4.1.11. Reactivos de flotación.

En el proceso de flotación de los minerales, se debe de cumplir ciertas condiciones estas se le denominan variables que intervienen en ello, dentro de estas variables importante se encuentran los reactivos. Los reactivos que intervienen para el proceso de flotación se encuentran, los colectores, espumantes, modificadores (Cytec, 2002).

En el robro de los modificadores tenemos los depresores, activadores, modificadores de pH que intervienen en el proceso de separación de las menas de acuerdo a las condiciones deseadas (Chia & Currie, 1984).

2.2.1.1. Modificadores de pH.

El proceso de la modificación de medio a un estado básico, neutro o ácido se puede lograr con modificadores, estos modificadores son “reactivo que cambia la concentración del ion hidrogeno de la pulpa, lo cual tiene como propósito incrementar o decrecer la adsorción del colector, como se desee” (Chia & Currie, 1984, p. 157).

El proceso de modificación del “pH de la pulpa debe controlarse cuidadosamente para maximizar la recuperación y la selectividad. Con hidróxido de sodio, cal, carbonato de sodio, amoníaco, ácido clorhídrico y ácido sulfúrico se utilizan para controlar pH” (Fuerstenau &

Han, 2009, p. 259). Los modificadores de pH se clasifican como control de pH, encubridores, precipitación o extracción de iones.

- a. **Control de pH:** Para ellos se tiene como CaO, Na₂CO₃, NaOH, H₂SO₄, HCl, HF (Chia & Currie, 1984).
- b. **Recubridores:** Se tiene como cationes (Ba, Ca, Cu, Pb, Zn, Ag), Aniones (SiO₃, PO₄, CN, CO₃, S), coloideos orgánicos (dextrina, almidón, cola) (Chia & Currie, 1984).
- c. **Precipitación o extracción de iones:** En esta parte se tiene cationes (Ca, Ba, Zn), aniones (CN, CO₃, PO₄, SO₃) (Chia & Currie, 1984).

En el proceso de flotación de los minerales se realiza en medios básicos o neutros la mayoría de las plantas, pero existe excepciones que se realiza la flotación en medios ácidos cuando se requiere la flotación de óxidos, como el caso de MINSUR para la flotación de casiterita.

En el proceso de “la estabilidad de los recubrimientos de los reactivos de flotación, se puede describir por su producto de solubilidad. Si el compuesto es poco soluble, su disociación en iones es baja” (Chia & Currie, 1984, p. 157). El pH y el colector xantato o aerofloat en la flotación de la galena, se tiene en la siguiente reacción.



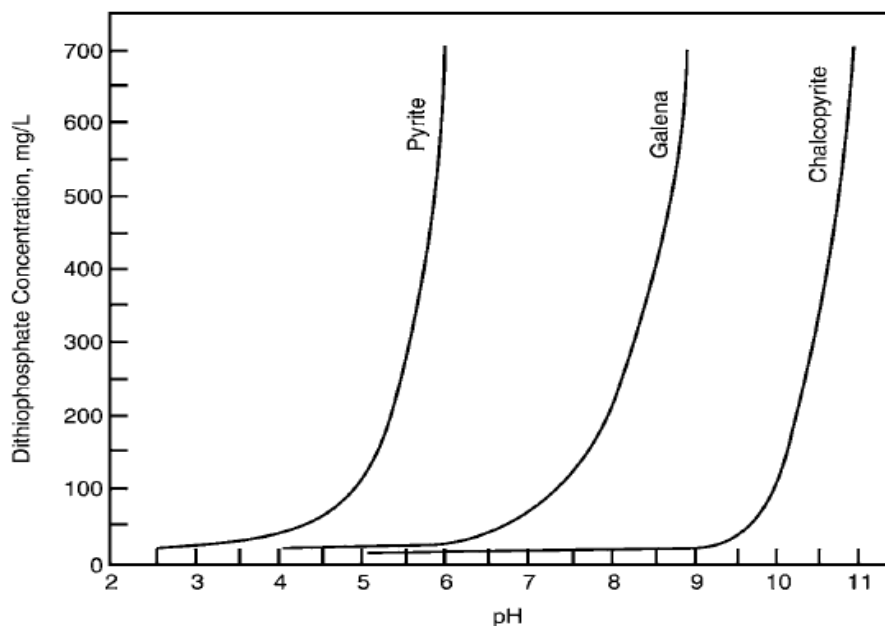


Figura 1 pH concentración del ditiofosfato para la pirita, galena y calcopirita (Fuerstenau & Han, 2009).

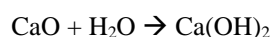
2.2.1.2. La Cal.

Es un “compuesto sólido de color blanco (CaO), formado por la descomposición térmica del carbonato de calcio a una temperatura superior 550 ° C” (Daintith, 2008, p. 94):



Este reactivo CaO se “usa para producir calcio. hidróxido, como un álcali barato para tratamiento de suelos ácidos, y en extracción metalurgia para producir una escoria con las impurezas (especialmente arena) presentes en minerales metálicos” (Daintith, 2008, pág. 94).

El “Hidróxido de calcio (cal apagada) sólido blanco, Ca(OH)₂, que se disuelve moderadamente en agua. Se fabrica agregando agua al óxido de calcio (...). Es utilizado (...) para neutralizar la acidez y fabricación de mortero, encalado, polvo blanqueador y vidrio” (Daintith, 2008, p. 94).



El hidróxido de calcio es el producto de interacción de un mol de agua con uno de óxido de calcio para producir uno de hidróxido de calcio, este es un proceso exotérmico que la energía ganada en el proceso de producción de la calcinación de la caliza pierde en el proceso.

2.3. Definiciones Conceptuales

- a) **pH de flotación:** De acuerdo a Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018), “De las diferentes variables que operan de forma significativa en la flotación, es probablemente el pH la que mayor incidencia tiene en el adecuado comportamiento de los diferentes reactivos”. (p.155).
- b) **Mineral:** Duarte (1993), “Elemento o compuesto químico formado mediante un proceso inorgánico natural que constituye las rocas de la corteza terrestre” (p.58).
- c) **Ley:** Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018), Es el parámetro que expresa la calidad de un mineral, un concentrado, o cualquier producto que contenga especies metálicas. expresa en porcentajes cuando se trata de metales básicos y onzas por tonelada (oz/t) u onzas por tonelada métrica (oz/t) o g/t cuando se trata de oro, plata u otro metal precioso. (p.260).
- d) **Concentración:** Castro (2012), “Proceso de enriquecimiento de mena mineral por métodos mineralúrgicos. Se elimina el material que no es de interés económico (ganga) para disminuir el volumen de mineral. Se pueden utilizar propiedades físicas (densidad, magnéticos, eléctricos) o físico químicas de los minerales”. (p.12).
- e) **Cobre:** Tiene las siguientes características “Es un metal anaranjado brillante, rojizo, notable por un conjunto de propiedades que lo hacen extraordinariamente útil y conveniente para una diversidad de usos” (Portal Minería, 2006, p. 383).
- f) **Minerales mixtos:** Mineralógicamente son, “minerales o conjunto de ellos formados en la zona de oxidación, mezclados con otros no alterados” (Portal Minería, 2006, p. 391)

2.4. Formulación de la Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General

Con una optimización del consumo de cal, permitirá mejorar la concentración de Pb, Zn y Ag en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- La calidad de la cal empleada afecta en la calidad de la concentración del mineral.
- Evaluando el consumo de la cal se puede optimizar su consumo en el proceso de concentración del mineral.
- Se puede establecer el rango en la alimentación de cal en el proceso de concentración del mineral para mejorar el rendimiento.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Diseño Metodológico

4.1.12. Tipo de Investigación

El tipo de trabajo de investigación es experimental, teniendo en cuenta el problema propuesto y los objetivos planteados que se realiza el análisis de la cal de manera experimental en cuanto a su propósito básica, ya que se manipularon las variables en el trabajo realizado con el fin de comprobar la veracidad de su característica de este proporcionada por la empresa **CALQUIPA S.A.C.** a la empresa **CATALINA HUANCA SOCIEDAD MINERA S.A.C.**

4.1.13. Enfoque de la Investigación.

En el trabajo sobre el análisis de la cal, el método general es comparativo y el método específico es experimental, ya que el método comparativo nos permite que los resultados de las comparaciones metodológicas nos lleven lógicamente encontrar la verdad.

3.2. Población y Muestra

4.1.14. Población.

La cal abastecida por la empresa **CALQUIPA S.A.C.** proveniente de la parcialidad de Urinsaya II en el área denominada Pampa de Fundición, distrito de Callalli Provincia de Caylloma Departamento de Arequipa. La población es la cal con una cantidad de 10000 t.

4.1.15. Muestra.

La cal para su uso de regular el pH en proceso de flotación de minerales en la planta concentradora San Jerónimo de la empresa Catalina Huanca S.A.C. muestreamos aproximadamente 20 kg de como muestra representativa, acto seguido se cuarteo por el método de conos con una secuencia hasta llegar 0.500 kg aproximadamente, luego se utilizaron 0.700 gramos aproximadamente para su posterior análisis en el laboratorio.

4.3. Operacionalización de Variables e indicadores

Tabla 1: Operacionalización de variables e indicadores.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente		
Consumo de cal	Dosificación	% CaO pH
Variable dependiente		
Mejorar el concentrado	Rango	Calidad Recuperación

Nota: Autor

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

4.1.16. Técnicas a emplear.

- a. **Observación sistemática Directa:** La parte experimental se realizaron en una bureta graduada de 50ml, donde en un vaso se introdujeron los componentes y se ajito en un periodo diseñado para la investigación.
- b. **Observación Sistemática Indirecta:** Para darle validación al trabajo se accedió a informaciones brindadas por las ambas empresas tanto la empresa que abastece la cal y la empresa que utiliza la cal para su proceso.
- c. **Observación experimental:** En el trabajo de investigación la cal útil aprovechable es determinada volumétricamente por la adición de ácido clorhídrico, usando como reductor azúcar granulado e indicador fenolftaleína, para luego realizar el procesamiento de los datos y su análisis.

4.1.17. Descripción de los instrumentos.

Con respecto a los instrumentos empleados para el análisis de la cal fueron lo siguiente una balanza analítica de 0.1 mg de precisión, matraz de 250 ml, bureta graduada, plancha eléctrica, baguetas, piceta y fichas de anotes y comparación para sus observaciones que se produjo durante el experimento.

4.5. Técnicas para el procesamiento de la información.

Para procesar la información, se empleó el uso de la calculadora, el uso de las fórmulas para el cálculo de la normalidad, %CaO y %Ca(OH)₂ útil para su posterior interpretación de estos resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados.

4.1.1. Determinación de Cal útil y Cal hidratada.

a) Preparación de las soluciones

Para poder determinar la cal útil y la cal Hidratada de la muestra debemos tener preparados nuestras soluciones para la estandarización lo cual se prepara de la siguiente manera:

1. Agua libre de CO₂: Hacer hervir agua destilada, luego llevar a un envase y cerrar herméticamente hasta que este frio.
2. Ácido Clorhídrico 1.0 N: Agregar 84 ml de HC al 37.5% a una fiola de 1 L, enrasar con una piceta utilizando agua libre de CO₂.
3. Indicador Fenolftaleína al 4%: Pesar 4g de indicador y diluirlo en 100 ml de alcohol 96°.
4. Indicador Anaranjado de Metilo 1%: Pesar 1g de anaranjado de metilo y diluir en 100 ml de agua libre de CO₂.

b) Estandarización:

1. Pesar 5 g de Na₂CO₃ anhídrido estándar en un crisol, luego llevar a la mufla y secar a 250°C por 4 horas.
2. Retirar de la mufla y enfriar en el desecador.
3. Pesar 2.0000± 0.1000 g de Na₂CO₃ Q.P. de la muestra secada y transferirlo a un matraz de 250 ml y añadir 50 ml de agua destilada y disolver el carbonato.
4. Agregar 3 gotas del indicador naranja de metilo, donde la solución de Na₂CO₃, tomara una coloración anaranjada.

5. Añadir la solución preparada de HCl 1.0 N en una bureta de 50 ml, para luego proceder con la titulación hasta el primer cambio de color de naranja a Rojo-Naranja.
6. Llevar a la plancha y calentar cuidadosamente la solución hasta que el color cambie a naranja luego enfriar a temperatura ambiente y continuar con la titulación, (si es que hubiese cambio de color).
7. Continuar sucesivamente el proceso anterior hasta que el color Rojo-naranja no cambien por calentamiento.
8. Anotar el volumen de gasto de la titulación y calcular su Normalidad verdadera.

c) Procedimiento para la cal viva.

1. Se pesó un aproximado de 0.700g de la muestra de cal pulverizada (100% pasante por el tamiz N° 50) y transferirlo a un Erlenmeyer de 250 ml.
2. Añadir posteriormente 70 ml agua libre de CO₂, limpiando los bordes con el agua, agitar el frasco hasta disolver la muestra pulverizada.
3. Después colocar el frasco sobre la plancha caliente y hervir 3 minutos para el apagado completo.
4. Retiramos seguidamente de la plancha, inmediatamente añadimos unos 8g de azúcar de caña (libre de CO₂), agitar, y dejar enfriar en reposo para que reaccione durante 20 minutos.
5. Luego agitamos en intervalos de 5 minutos durante la reacción, dejar enfriar a temperatura ambiente.
6. Agregamos 2 gotas de fenolftaleína al 4% y lavar los lados del frasco con agua libre de CO₂.

7. Titulamos con HCl 1.0N estandarizado utilizando la bureta de 50 ml., finalizamos la titulación con mucho cuidado añadiendo una gota por segundo, hasta la primera desaparición del color rosado el cual deberá persistir por 3 segundos.
8. Anotar el gasto del ácido clorhídrico 1.0N y no hacer caso si hubiera un retorno de color rosado el cual deberá persistir por 3 segundos.
9. Anotar el gasto del ácido clorhídrico 1.0N y no hacer caso si hubiera un retorno de color.

d) Cálculos

- Peso de cal para este caso tendremos 2 muestras:

$$w_{cal1} = 417.33g \qquad w_{cal2} = 435.85g$$

- Peso de Na_2CO_3 para este caso tendremos también 2 muestras:

$$w_{\text{Na}_2\text{CO}_3} 1 = 0.70007g \qquad w_{\text{Na}_2\text{CO}_3} 2 = 0.70006g$$

- Consumo de HCl:

$$V_{\text{HCl}} 1 = 36.6\text{mL} \qquad V_{\text{HCl}} 2 = 36.6\text{mL}$$

- Ecuación de la normalidad:

$$N = \frac{18.87 \times W}{V} \dots(1)$$

Dónde:

N= Normalidad estandarizada de la solución HCl

W= Na_2CO_3 usado (g)

V=Solución consumida de HCl (mL)

Reemplazamos:

$$N_1 = \frac{18.87 \times 2.0000g}{36.6\text{mL}} = \frac{37.74g}{36.6\text{mL}} = 1.0312 \text{ g/mL}$$

$$N_2 = \frac{18.87 \times 2.0002g}{36.6\text{mL}} = \frac{37.744g}{36.6\text{mL}} = 1.0313 \text{ g/mL}$$

- **Ecuación de la Cal útil:**

$$\% \text{ CaOútil} = \frac{N \times V \times 2.0804}{w} \dots (2)$$

Dónde:

N= Normalidad de HCl estandarizado

W= Peso de la muestra de cal (g)

V= Volumen de gasto de HCl estandarizado (mL)

Reemplazamos:

$$\% \text{ CaOútil} = \frac{N_1 \times V_1 \times 2.0804}{w_1} = \frac{1.0312 \text{ g/mL} \times 17.5 \text{ mL} \times 2.0804}{0.70007 \text{ g}} = 53.63\%$$

$$\% \text{ CaOútil} = \frac{N_2 \times V_2 \times 2.0804}{w_2} = \frac{1.0313 \text{ g/mL} \times 17.9 \text{ mL} \times 2.804}{0.70006 \text{ g}} = 54.86\%$$

4.1.2. Determinación de la Cal Hidratada.

El procedimiento para determinar la cal útil de la cal hidratada es el mismo que para la cal viva, con la excepción de que se usa agua fría libre de CO₂ y no se hierve y se trabaja en frío.

- Cálculo de % Ca (OH)₂ en la cal hidratada:

$$\% \text{ Ca(OH)}_2 \text{ útil} = \frac{N \times V \times 3.704}{w} \dots (2)$$

Dónde:

N= Normalidad de la solución HCl estandarizado

W= Peso de la muestra de cal (g)

V= Volumen usado de HCl estandarizado (1.0N) mL

Reemplazamos:

$$\% \text{ Ca(OH)}_2 \text{ útil} = \frac{N_1 \times V_1 \times 3.704}{w_1} = \frac{1.0312 \text{ g/mL} \times 12.6 \text{ mL} \times 3.704}{0.70007 \text{ g}} = 68.74\%$$

$$\% \text{ Ca(OH)}_2 \text{ útil} = \frac{N_2 \times V_2 \times 3.704}{w_2} = \frac{1.0313 \text{ g/mL} \times 12.4 \text{ mL} \times 3.704}{0.70006 \text{ g}} = 67.65\%$$

4.2. Recuperación y Calidad del Concentrado.

4.2.1. Calidad y Recuperación de Pb, Ag.

Tabla 2 Calidad y recuperación del plomo, plata zinc vs pH %CaO

%CaO	pH	%Pb	Recup(Pb)	Ag(oz/t)	Recup(Ag)
53,63	7,5	68,05	88,88	15,67	48,61
54,12	7,7	69,43	88,22	16,47	55,72
54,86	7,8	63,62	86,64	5,89	52,59
55,11	7,90	63,97	86,47	6,09	54,37
55,35	8,0	64,31	86,31	6,29	56,15

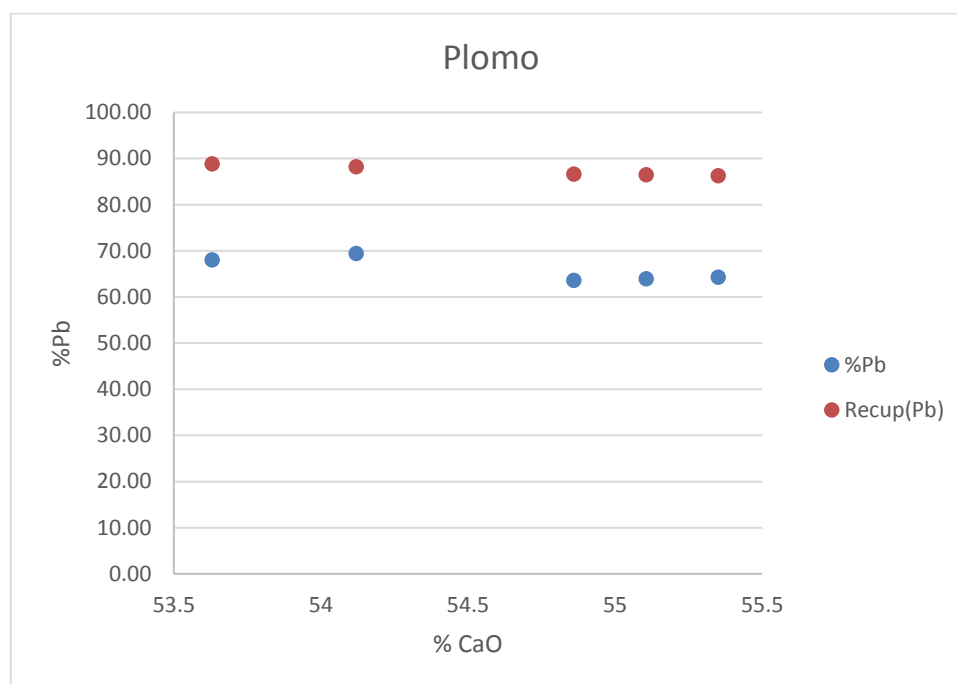


Figura 2 Curva de calidad y recuperación del plomo vs calidad de CaO

De la figura 2 la calidad y recuperación del plomo tiene a descender a medida que aumenta la calidad de CaO, teniendo mayor influencia en la curva de calidad de plomo en el concentrado.

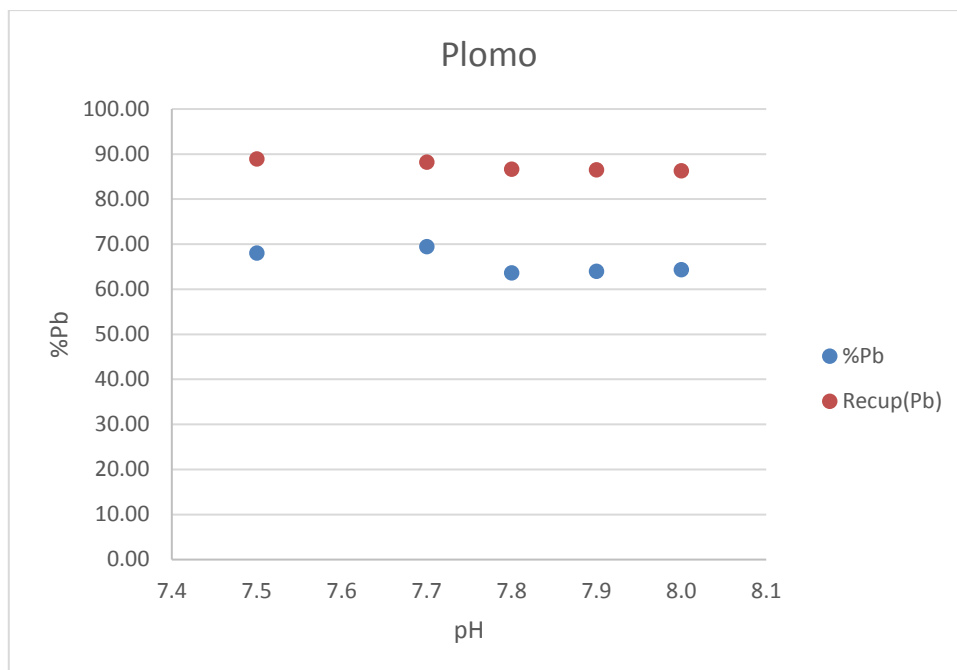


Figura 3 Curva de calidad y recuperación del plomo vs calidad de pH

De la figura 3 la calidad y recuperación del plomo tiene a descender a medida que aumenta el pH, teniendo mayor influencia en la curva de calidad de plomo en el concentrado.

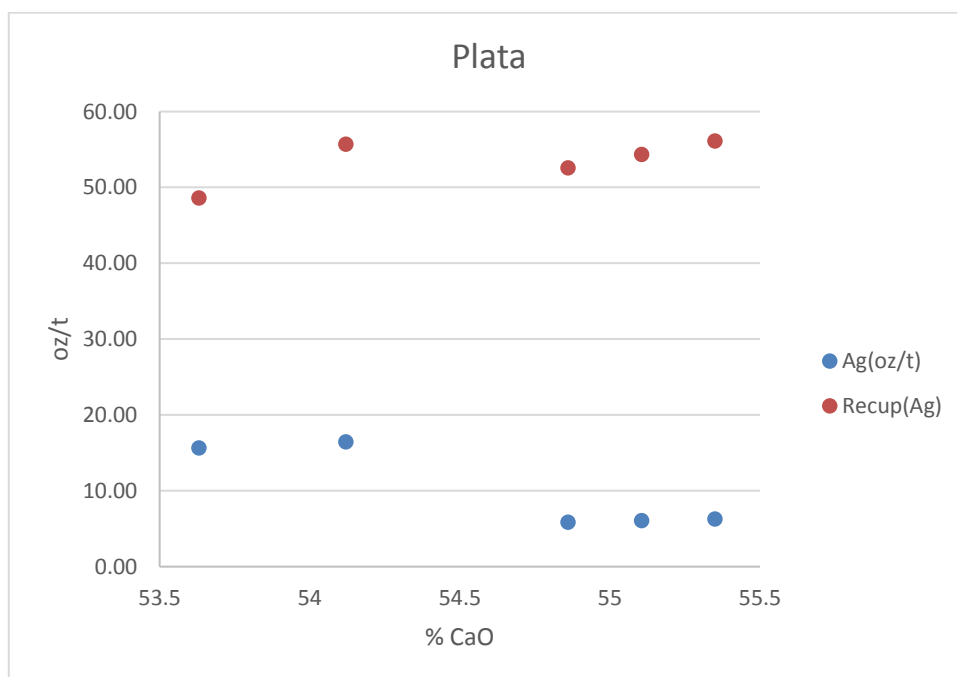


Figura 4 Curva de calidad y recuperación de la plata vs calidad de CaO

De la figura 4 la calidad de la plata decae a medida que aumenta la calidad de CaO y la recuperación aumenta a medida que aumenta la calidad de la CaO en el concentrado de plomo.

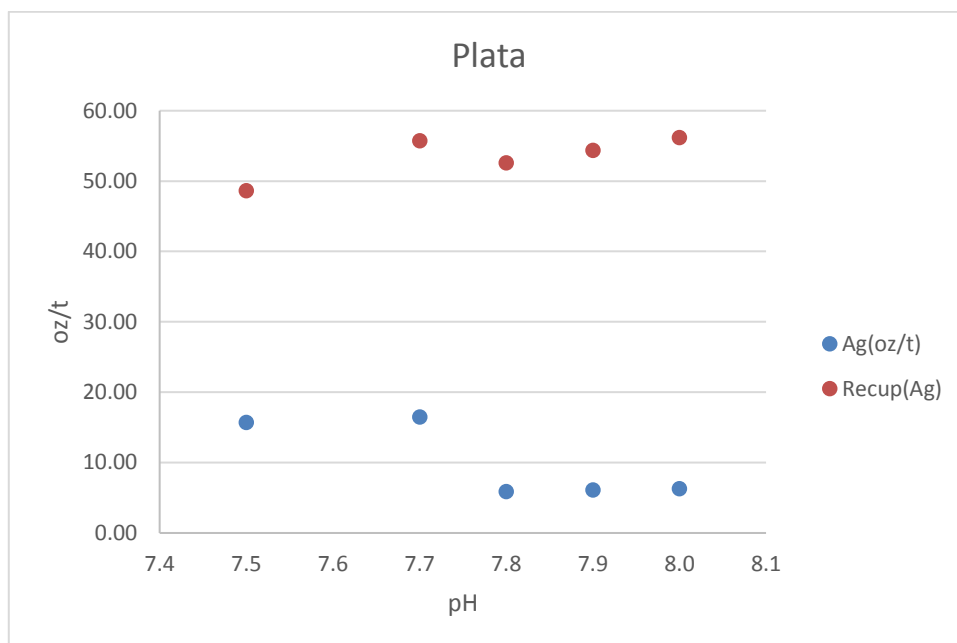


Figura 5 Curva de calidad y recuperación de plata vs pH

De la figura 5 la calidad de la plata decae a medida que aumenta la pH y la recuperación aumenta a medida que aumenta la pH en el concentrado de plomo.

4.2.2. Calidad y Recuperación de Zn.

Tabla 3
Calidad y recuperación del zinc vs pH %CaO

%CaO	%Zn	Recup(Zn)	pH
53,63	55,22	92,08	9,0
54,12	53,12	92,07	9,2
54,86	52,85	92,11	9,3
55,11	52,33	92,21	9,4
55,35	51,80	92,32	9,5

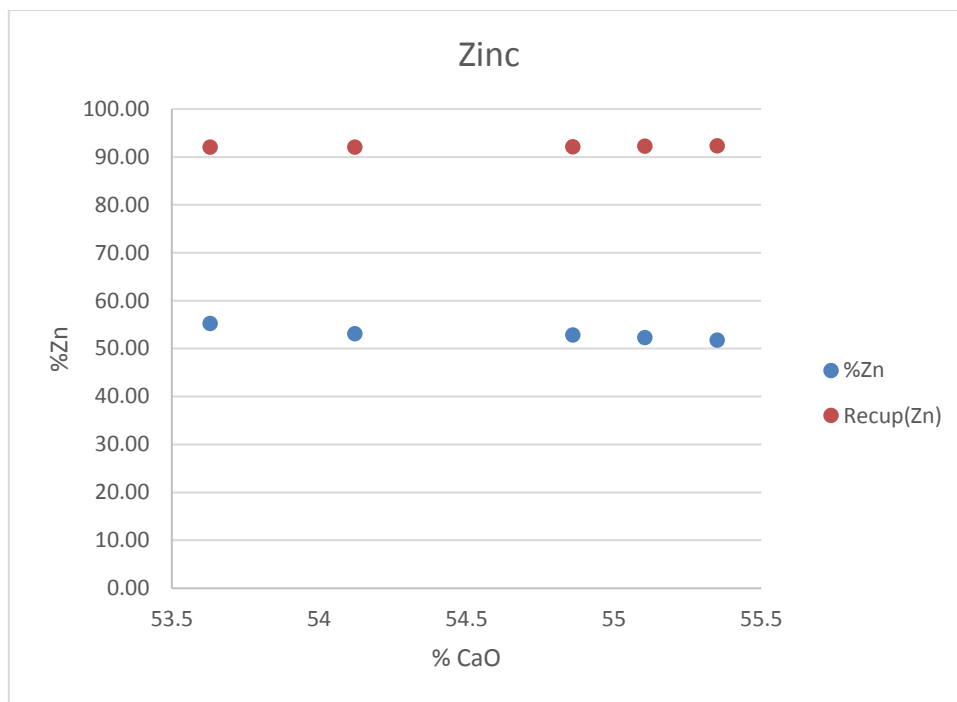


Figura 6 Curva de calidad y recuperación del zinc vs calidad de CaO

De la figura 6 la calidad del zinc decae a medida que aumenta la calidad de CaO y la recuperación aumenta a medida que aumenta la calidad CaO en el concentrado de zinc.

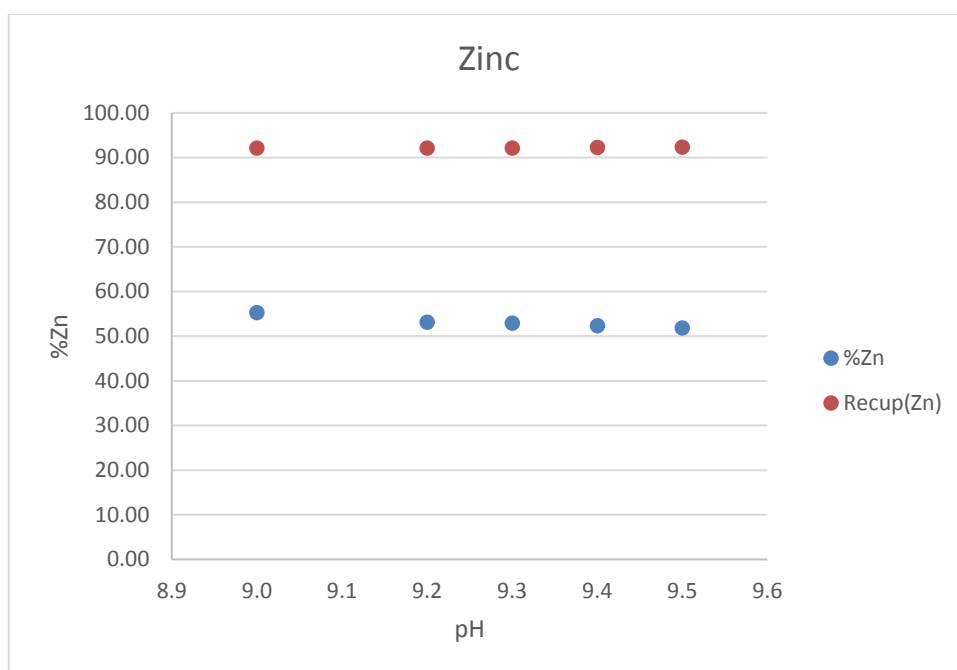


Figura 7 Curva de calidad y recuperación del zinc vs pH

De la figura 6 la calidad del zinc decae a medida que aumenta el pH y la recuperación aumenta a medida que aumenta el pH en el concentrado de zinc.

Tabla 4
Límites permisibles para el control de variables

	%CaO	pH	%Pb	% R(Pb)	Ag(oz/t)	% R(Ag)	%Zn	%R(Zn)	pH
Max.	55,4	8,0	69,4	88,9	16,5	56,1	55,2	92,3	9,5
Prom.	54,6	7,8	65,9	87,3	10,1	53,5	53,1	92,2	9,3
Min.	53,6	7,5	63,6	86,3	5,9	48,6	51,8	92,1	9,0

4.2.3. Efecto de Calidad de CaO en la Calidad de Concentrado y Recuperación.

a. Análisis de regresión: %Pb vs. %CaO

Ecuación de regresión

$$\%Pb = 239,7 - 3,18 \%CaO$$

Tabla 5

Coefficientes %CaO y calidad de plomo(%Pb)

EE del					
Término	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	239,7	61,2	3,92	0,030	
%CaO	-3,18	1,12	-2,84	0,066	1,00

Tabla 6

Resumen del modelo %Pb vs. %CaO

S	R- cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,60610	72,90%	63,86%	20,00%

Tabla 7
Análisis de Varianza %CaO y calidad de plomo(%Pb)

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	F	p
Regresión 1	20,812	20,812	8,07	0,066
%CaO 1	20,812	20,812	8,07	0,066
Error	3	7,739	2,580	
Total	4	28,551		

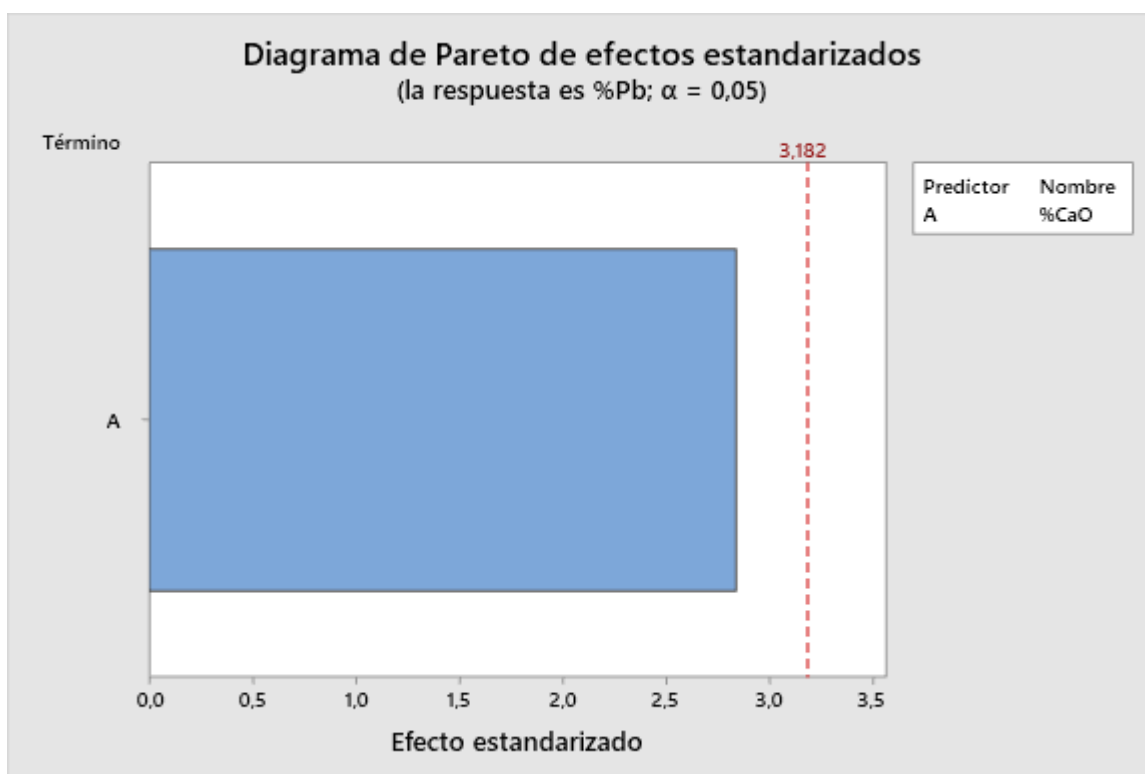


Figura 8 Diagrama de Pareto de %Pb vs. %CaO

La calidad de %CaO no tiene efecto en la calidad de concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 5 coeficiente, tabla 7 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,066 mayor que 0,005 y la figura 8 del diagrama de Pareto la grafica A está por debajo de la línea roja.

b. Análisis de regresión: Recup(Pb) vs. %CaO

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Pb)} = 175,23 - 1,610 \% \text{CaO}$$

Tabla 8
Coefficientes Recup(Pb) vs. %CaO

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.				
Constante	175,23	7,73		22,68	0,000	
%CaO	-1,610	0,141		-11,38	0,001	1,00

Tabla 9

Resumen del modelo Recup(Pb) vs. %CaO

S	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
		(ajustado)	(pred)
0,202825	97,74%	96,98%	94,86%

Tabla 10
Análisis de Varianza Recup(Pb) vs. %CaO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	5,3280	5,32795	129,51	0,001
%CaO	1	5,3280	5,32795	129,51	0,001
Error	3	0,1234	0,04114		
Total	4	5,4514			

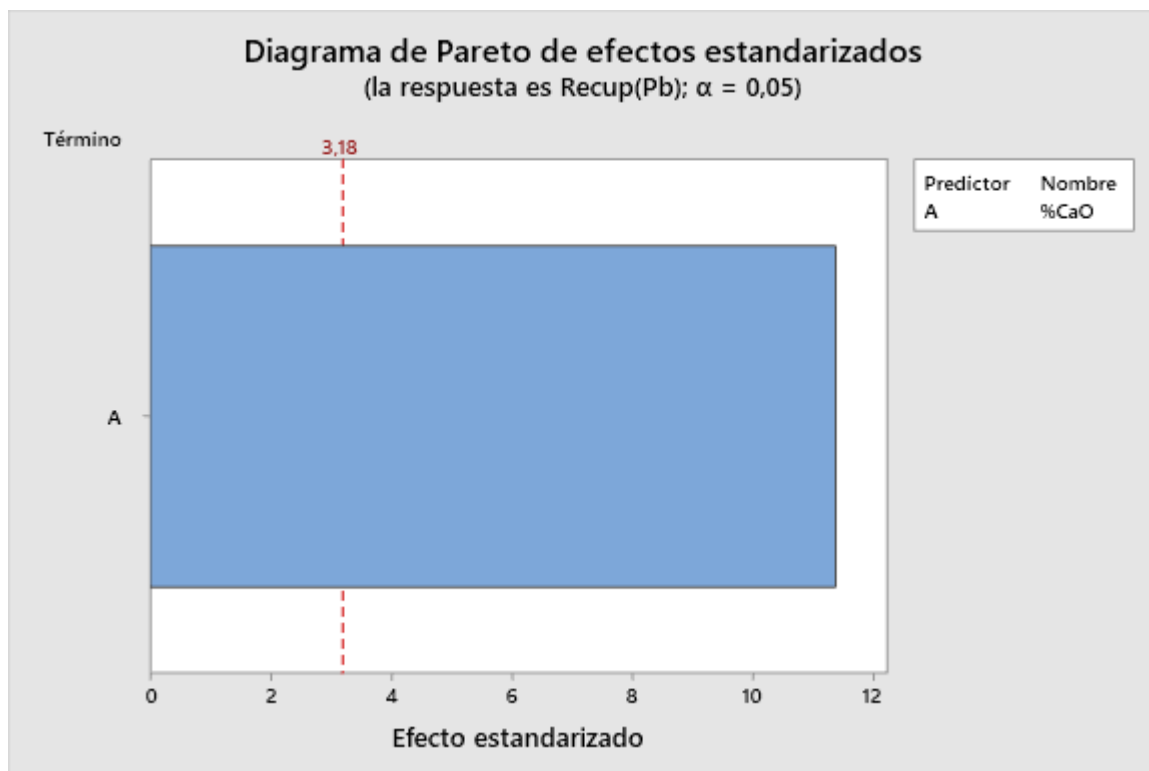


Figura 9 Diagrama de Paréto de Recup(Pb) vs. %CaO

La calidad de %CaO tiene efecto en la recuperación del Pb en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 8 coeficiente, tabla 10 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,001 es menor que 0,005 y la figura 9 del diagrama de Pareto la grafico A está por arriba de la línea roja.

c. Análisis de regresión: Ag(oz/t) vs. %CaO

Ecuación de regresión

$$\text{Ag(oz/t)} = 393,8 - 7,03 \% \text{CaO}$$

Tabla 11
Coefficientes Ag(oz/t) vs. %CaO

	EE del				
Término	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	393,8	94,7	4,16	0,025	
%CaO	-7,03	1,73	-4,05	0,027	1,00

Tabla 12
Resumen del modelo Ag(oz/t) vs. %CaO

	R-	R-cuad.	R-cuad.
	S	cuad. (ajustado)	(pred)
	2,48651	84,55%	79,40%
			56,82%

Tabla 13
Análisis de Varianza Ag(oz/t) vs. %CaO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	101,49	101,492	16,42	0,027
%CaO	1	101,49	101,492	16,42	0,027
Error	3	18,55	6,183		
Total	4	120,04			

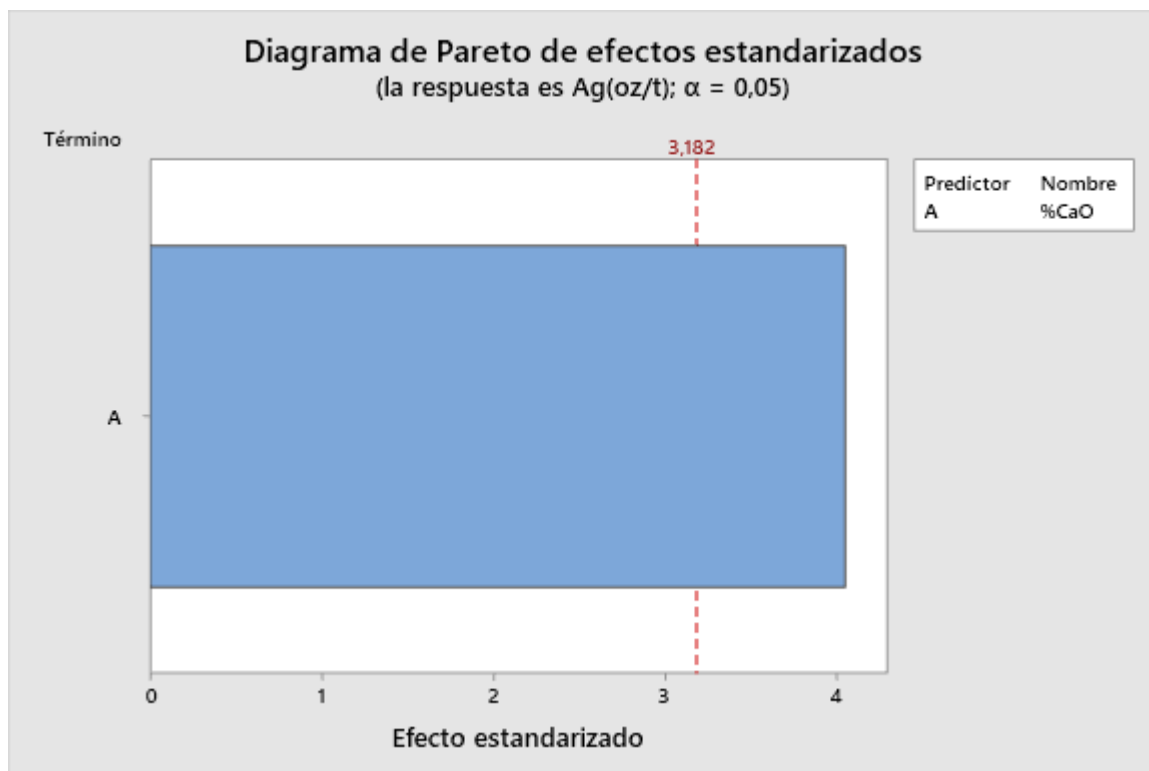


Figura 10 Diagrama de Pareto de Ag(oz/t) vs. %CaO

La calidad de %CaO tiene efecto en la calidad del Ag en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 11 coeficiente, tabla 13 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,0027 es menor que 0,005 y la figura 10 del diagrama de Pareto la grafico A está por arriba de la línea roja.

d. Análisis de regresión: Recup(Ag) vs. %CaO

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Ag)} = -102 + 2,85 \% \text{CaO}$$

Tabla 14
Coefficientes Recup(Ag) vs. %CaO

Término	Coef	EE del			FIV
		coef.	Valor T	Valor p	
Constante	-102	100	-1,02	0,381	
%CaO	2,85	1,83	1,56	0,217	1,00

Tabla 15
Resumen del modelo Recup(Ag) vs. %CaO

R-	R-cuad.	R-cuad.
S	cuad. (ajustado)	(pred)
2,62520	44,74%	26,32%
		0,00%

Tabla 16
Análisis de Varianza Recup(Ag) vs. %CaO

Fuente	GL	SC	MC	Valor	Valor
		Ajust.	Ajust.	F	p
Regresión	1	16,74	16,739	2,43	0,217
%CaO	1	16,74	16,739	2,43	0,217
Error	3	20,68	6,892		
Total	4	37,41			

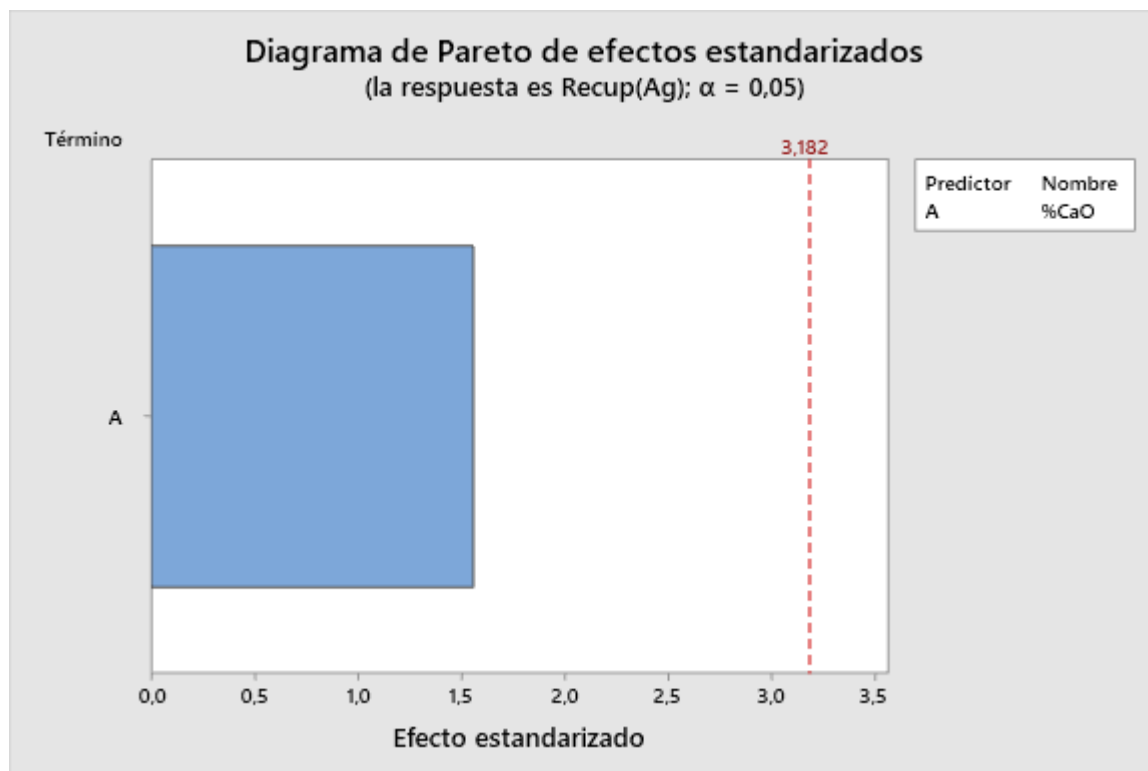


Figura 11 Diagrama de Pareto de Recup(Ag) vs. %CaO

La calidad de %CaO no tiene efecto en la recuperación del Ag en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 14 coeficiente, tabla 16 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,217 es mayor que 0,005 y la figura 11 del diagrama de Pareto la grafico A está por debajo de la línea roja.

e. **Análisis de regresión: %Zn vs. %CaO**

Ecuación de regresión

$$\%Zn = 145,9 - 1,700 \%CaO$$

Tabla 17
Coefficientes %Zn vs. %CaO

Término	Coef	EE del		Valor p	FIV
		coef.	Valor T		
Constante	145,9	20,9	7,00	0,006	
%CaO	-1,700	0,382	-4,45	0,021	1,00

Tabla 18
Resumen del modelo %Zn vs. %CaO

S	R- cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,547360	86,86%	82,48%

Tabla 19
Análisis de Varianza %Zn vs. %CaO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	5,9423	5,9423	19,83	0,021
%CaO	1	5,9423	5,9423	19,83	0,021
Error	3	0,8988	0,2996		
Total	4	6,8411			

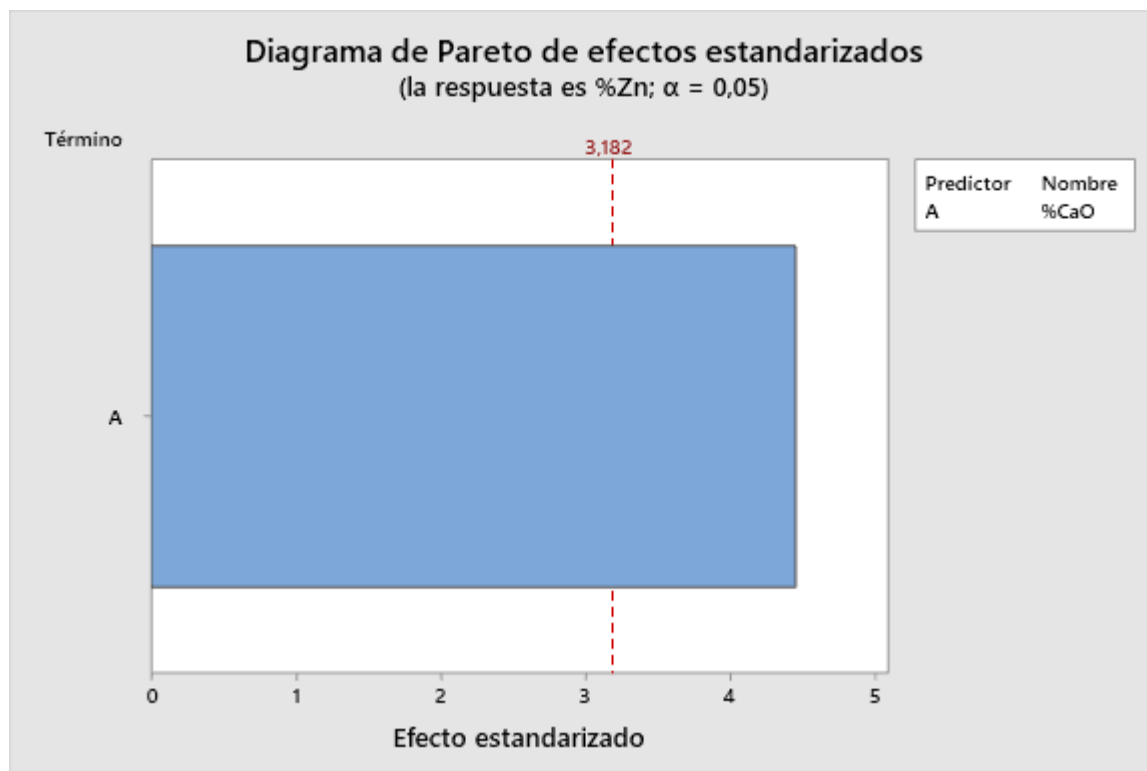


Figura 12 Diagrama de Pareto de %Zn vs. %CaO

La calidad de %CaO tiene efecto en la calidad del Zn en el concentrado del Zn como se puede destacar en la tabla 17 coeficiente, tabla 19 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,021 es menor que 0,005 y la figura 12 del diagrama de Pareto la grafica A está por arriba de la línea roja.

f. Análisis de regresión: Recup(Zn) vs. %CaO

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Zn)} = 85,27 + 0,1260 \% \text{CaO}$$

Tabla 20
Coefficientes Recup(Zn) vs. %CaO

EE del					
Término	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	85,27	2,48	34,35	0,000	
%CaO	0,1260	0,0455	2,77	0,069	1,00

Tabla 21
Resumen del modelo Recup(Zn) vs. %CaO

R-	R-cuad.	R-cuad.
S	cuad. (ajustado)	(pred)
0,0651711	71,93%	62,58%
		5,08%

Tabla 22
Análisis de Varianza Recup(Zn) vs. %CaO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0,03266	0,032657	7,69	0,069
%CaO	1	0,03266	0,032657	7,69	0,069
Error	3	0,01274	0,004247		
Total	4	0,04540			

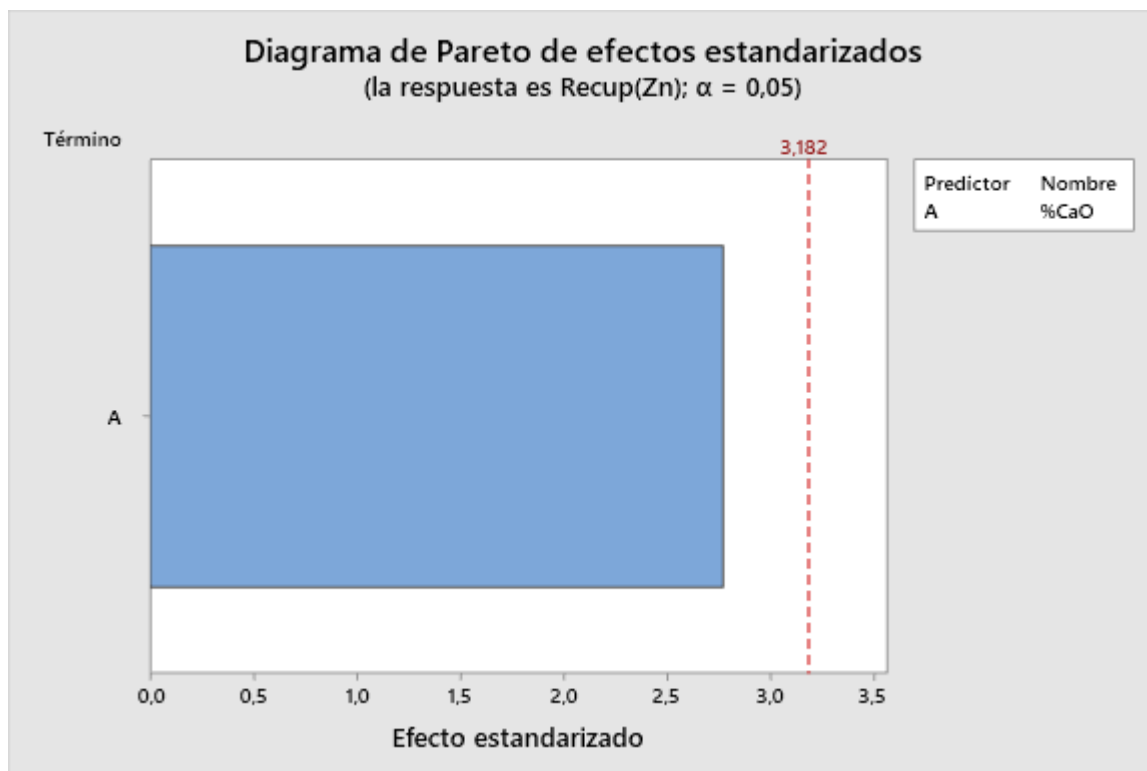


Figura 13 Diagrama de Pareto de recuperación del Zn vs. %CaO

La calidad de %CaO no tiene efecto en la recuperación del Zn en el concentrado del Zn como se puede destacar en la tabla 20 coeficiente, tabla 22 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,067 es mayor que 0,005 y la figura 13 del diagrama de Pareto la grafico A está por debajo de la línea roja.

4.2.4. Efecto de pH en la Calidad de Concentrado y Recuperación.

a. Análisis de regresión: %Pb vs. pH

Ecuación de regresión

$$\%Pb = 145,4 - 10,22 \text{ pH}$$

Tabla 23
Coeficientes %Pb vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.	Valor T			
Constante	145,4	42,3	3,44	0,041		
pH	-10,22	5,43	-1,88	0,157	1,00	

Tabla 24
Resumen del modelo %Pb vs. pH

R-	R-cuad.	R-cuad.
S	cuad. (ajustado)	(pred)
2,08998	54,10%	38,80%
		0,00%

Tabla 25
Análisis de Varianza %Pb vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	15,45	15,447	3,54	0,157
pH	1	15,45	15,447	3,54	0,157
Error	3	13,10	4,368		
Total	4	28,55			

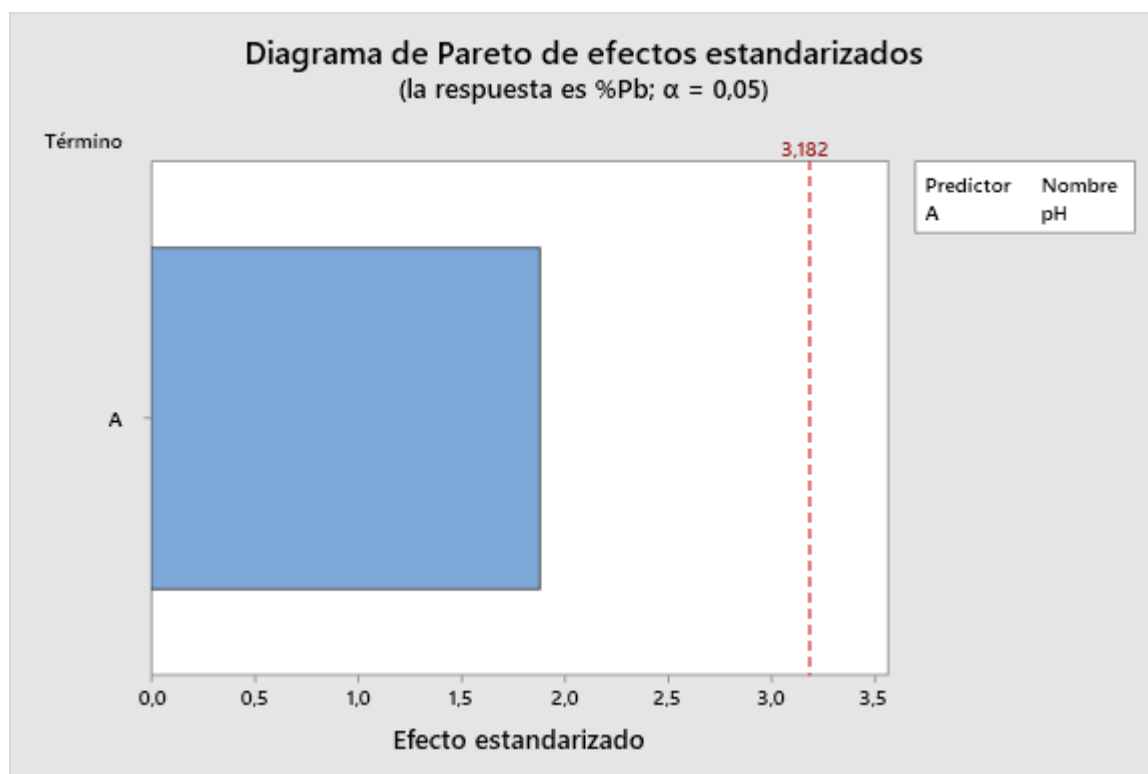


Figura 14 Diagrama de Pareto %Pb vs. pH

El pH no tiene efecto en la calidad del Pb en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 23 coeficiente, tabla 25 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,157 es mayor que 0,005 y la figura 14 del diagrama de Pareto la grafico A está por debajo de la línea roja.

b. Análisis de regresión: Recup(Pb) vs. pH

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Pb)} = 131,84 - 5,72 \text{ pH}$$

Tabla 26

Coefficientes Recup(Pb) vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.	Valor T			
Constante	131,84	9,06	14,56	0,001		
pH	-5,72	1,16	-4,92	0,016	1,00	

Tabla 27

Resumen del modelo Recup(Pb) vs. pH

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
447677	88,97%	85,29%	78,01%

Tabla 28

Análisis de Varianza Recup(Pb) vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	4,8501	4,8501	24,20	0,016
pH	1	4,8501	4,8501	24,20	0,016
Error	3	0,6012	0,2004		
Total	4	5,4514			

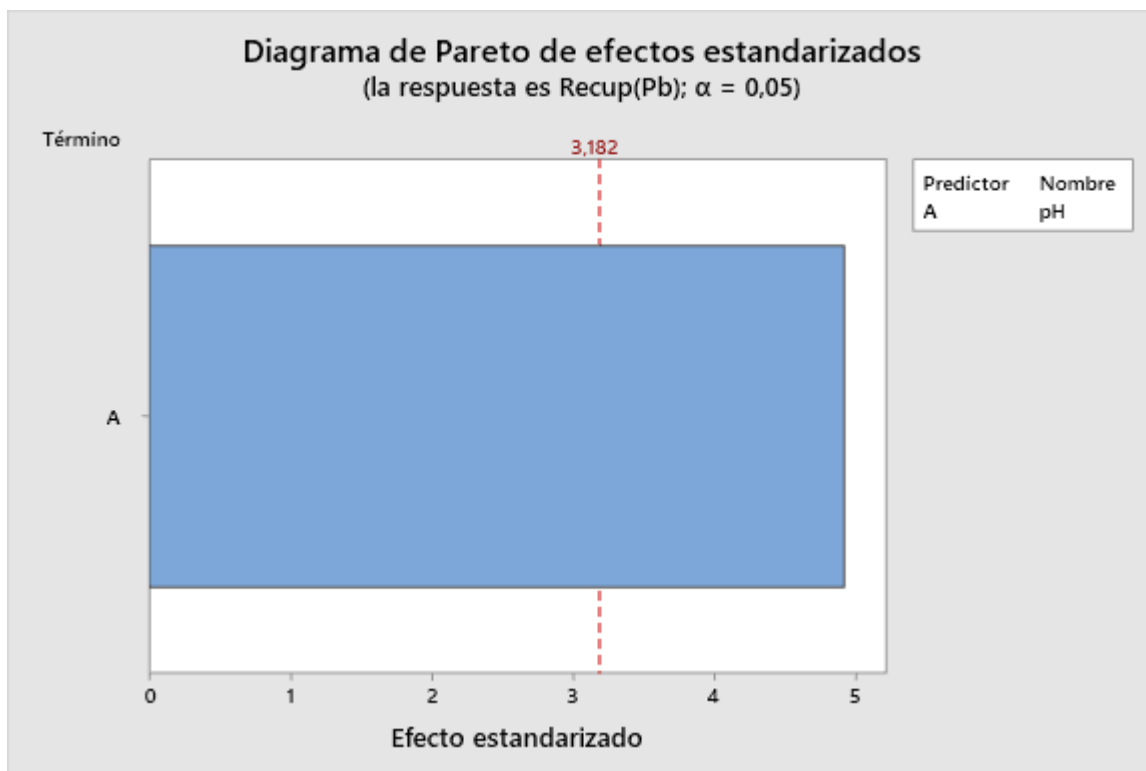


Figura 15 Diagrama de Pareto Recup(Pb) vs. pH

El pH tiene efecto en la recuperación del Pb en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 26 coeficiente, tabla 28 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,016 es menor que 0,005 y la figura 15 del diagrama de Pareto la grafico A está por arriba de la línea roja.

a. Análisis de regresión: Ag(oz/t) vs. pH

Ecuación de regresión

$$\text{Ag(oz/t)} = 192,7 - 23,48 \text{ pH}$$

Tabla 29
Coeficientes Ag(oz/t) vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.	Valor T			
Constante	192,7	72,4	2,66	0,076		
pH	-23,48	9,31	-2,52	0,086	1,00	

Tabla 30
Resumen del modelo Ag(oz/t) vs. pH

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,58083	67,95%	57,27%	31,85%

Tabla 31
Análisis de Varianza Ag(oz/t) vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	81,57	81,57	6,36	0,086
pH	1	81,57	81,57	6,36	0,086
Error	3	38,47	12,82		
Total	4	120,04			

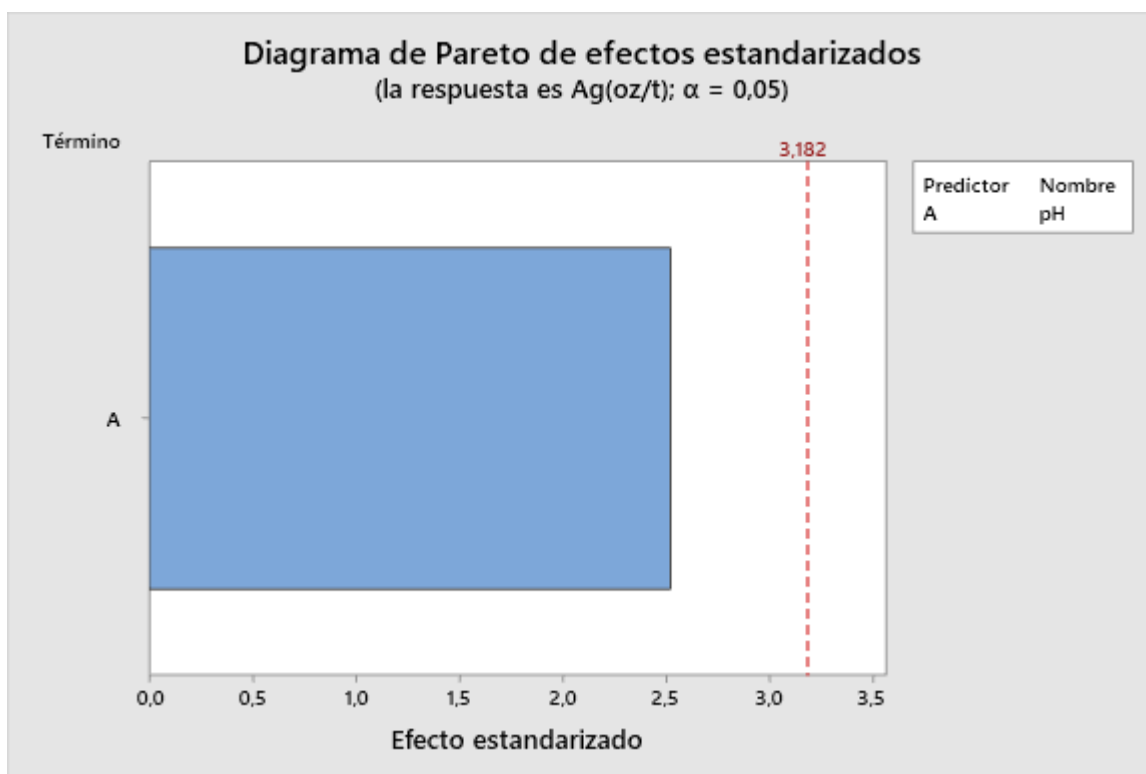


Figura 16 Diagrama de Pareto Ag(oz/t) vs. pH

El pH no tiene efecto en la calidad del Ag en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 29 coeficiente, tabla 31 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,086 es mayor que 0,005 y la figura 16 del diagrama de Pareto la grafico A está por abajo de la línea roja.

b. Análisis de regresión: Recup(Ag) vs. pH

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Ag)} = -44,3 + 12,57 \text{ pH}$$

Tabla 32

Coeficientes Recup(Ag) vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.				
Constante	-44,3	43,8		-1,01	0,386	
pH	12,57	5,62		2,23	0,112	1,00

Tabla 33

Resumen del modelo Recup(Ag) vs. pH

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,16355	62,47%	49,95%	0,00%

Tabla 34

Análisis de Varianza Recup(Ag) vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	23,37	23,371	4,99	0,112
pH	1	23,37	23,371	4,99	0,112
Error	3	14,04	4,681		
Total	4	37,41			

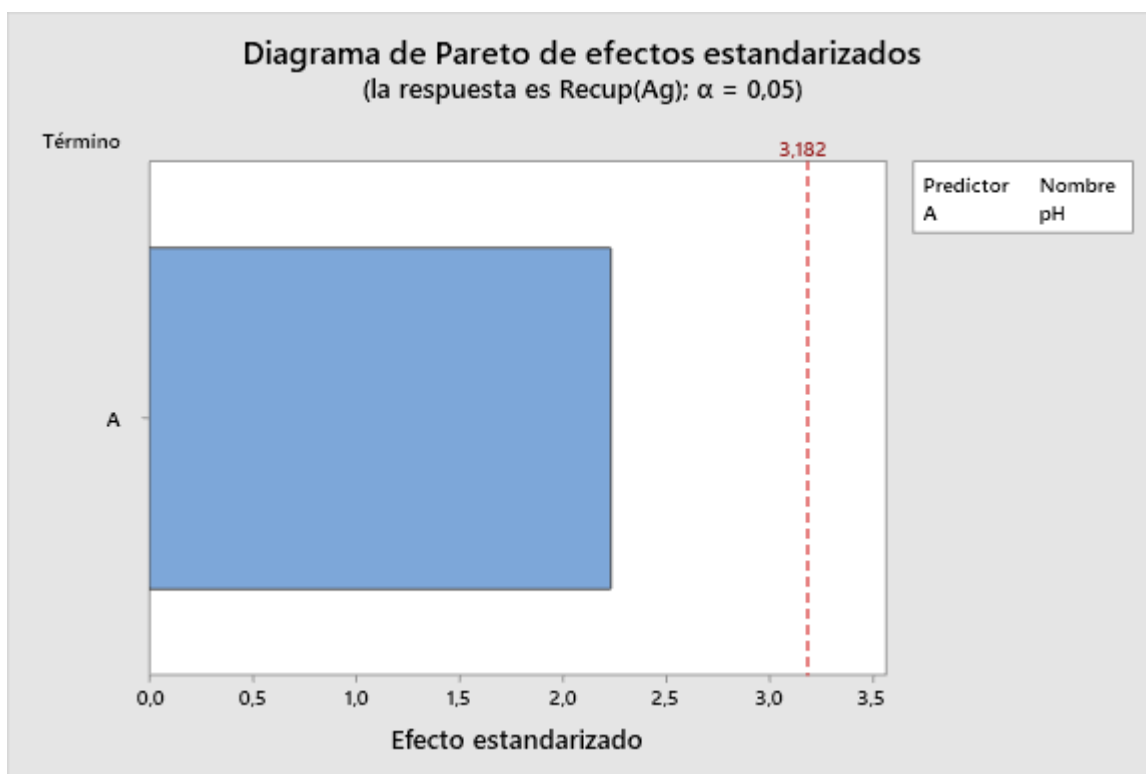


Figura 17 Diagrama de Pareto Recup(Ag) vs. pH

El pH no tiene efecto en la recuperación del Ag en el concentrado del Pb como se puede destacar en la tabla 32 coeficiente, tabla 34 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,112 es mayor que 0,005 y la figura 17 del diagrama de Pareto la grafico A está por abajo de la línea roja.

c. Análisis de regresión: %Zn vs. pH

Ecuación de regresión

$$\%Zn = 114,46 - 6,616 \text{ pH}_1$$

Tabla 35

Coefficientes %Zn vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor p	FIV
		coef.	Valor T		
Constante	114,46	8,39	13,65	0,001	
pH_1	-6,616	0,904	-7,32	0,005	1,00

Tabla 36

Resumen del modelo %Zn vs. pH

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,347602	94,70%	92,94%	73,09%

Tabla 37

Análisis de Varianza %Zn vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	6,4786	6,4786	53,62	0,005
pH_1	1	6,4786	6,4786	53,62	0,005
Error	3	0,3625	0,1208		
Total	4	6,8411			

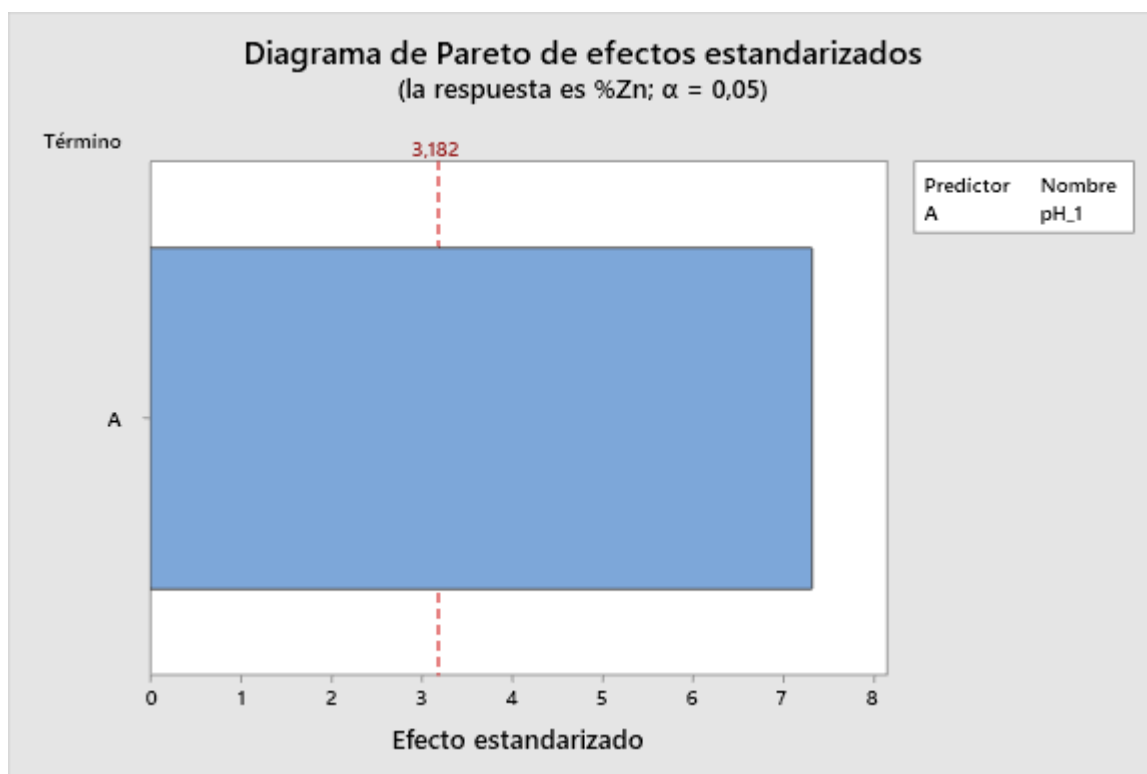


Figura 18 Diagrama de Pareto %Zn vs. pH

El pH tiene efecto en la calidad del Zn en el concentrado del Zn como se puede destacar en la tabla 35 coeficiente, tabla 37 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,005 es igual que 0,005 y la figura 18 del diagrama de Pareto la grafico A está por arriba de la línea roja.

d. Análisis de regresión: Recup(Zn) vs. pH

Ecuación de regresión

$$\text{Recup(Zn)} = 87,70 + 0,480 \text{ pH}$$

Tabla 38

Coefficientes Recup(Zn) vs. pH

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.	Valor T			
Constante	87,70	1,48	59,33	0,000		
pH_1	0,480	0,159	3,02	0,057	1,00	

Tabla 39

Resumen del modelo Recup(Zn) vs. pH

R-	R-cuad.	R-cuad.
S	cuad. (ajustado)	(pred)
0,0612719	75,19%	66,92%
		0,00%

Tabla 40

Análisis de Varianza Recup(Zn) vs. pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0,03414	0,034136	9,09	0,057
pH_1	1	0,03414	0,034136	9,09	0,057
Error	3	0,01126	0,003754		
Total	4	0,04540			

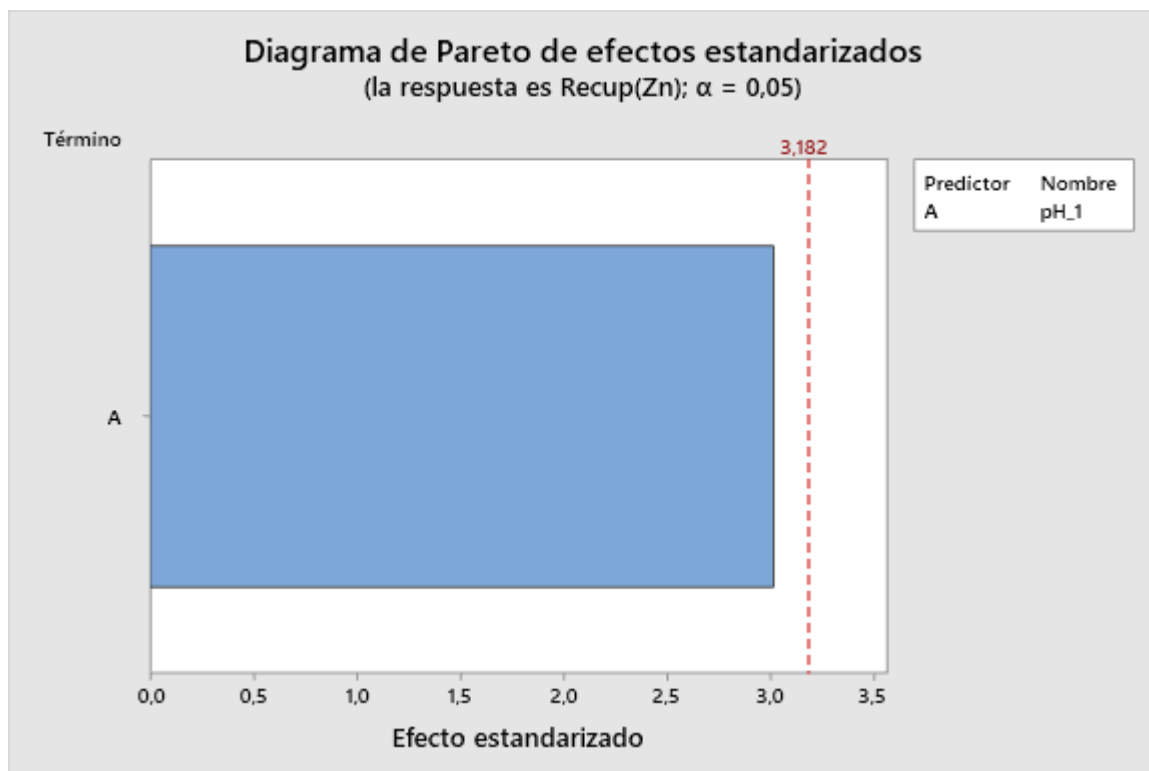


Figura 19 Diagrama de Pareto Recup(Zn) vs. pH

El pH no tiene efecto en la recuperación del Zn en el concentrado del Zn como se puede destacar en la tabla 38 coeficiente, tabla 40 análisis de varianza ya que el valor p es de 0,057 es mayor que 0,005 y la figura 19 del diagrama de Pareto la grafico A está por abajo de la línea roja.

4.3. Contrastación de hipótesis.

4.3.1. Hipótesis general.

H1: ¿Es posible optimizar el consumo de cal para mejorar el rendimiento en la concentración de Pb, Zn y Ag en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.?

H0: ¿No es posible optimizar el consumo de cal para mejorar el rendimiento en la concentración de Pb, Zn y Ag en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.?

De la figura 2 la calidad de la cal 54% influye en la calidad y recuperación para el plomo en forma positiva, de la figura 3 a un pH de 7,7. Para el caso de la plata con una calidad de cal 54,25% a un pH de 7,7 tiene una calidad óptima de la plata en el concentrado.

En el caso del zinc la calidad de la cal a un 53,5% y a un pH 9,0 tiene una calidad y recuperación óptima.

La hipótesis alternativa predetermina para caso la optimización del consumo de la cal.

4.3.2. Hipótesis específicos.

a. H1: La calidad de la cal empleada afecta en el rendimiento en la concentración del mineral.

H0: La calidad de la cal empleada no afecta en el rendimiento en la concentración del mineral.

Si afecta la calidad de la plata tabla 11, tabla 12 donde p calculada es de 0,027 menor que 0,005 y figura 10 donde en el diagrama de Pareto la predicción de A esta por encima de la línea. En la calidad del concentrado de zinc de acuerdo la tabla 19 y 20 p calculada es 0,021 menor que 0,005 y la figura 12 del diagrama de Pareto la Predicción A es superior a la línea. Mientras que en el caso del plomo no

afecta la calidad de acuerdo la tabla 5 y 6 valor de p calculada es de 0,066 que es mayor a 0,05 y de la figura 8 el diagrama de Pareto la grafica predictor esta por debajo de la línea.

La hipótesis alternativa predetermina para caso de los concentrados.

- b. H1: Evaluando el consumo de la cal se puede optimizar su consumo en el proceso de concentración del mineral.

H0: Evaluando el consumo de la cal no se puede optimizar su consumo en el proceso de concentración del mineral.

En función de la figura 3 de la curva de calidad de plomo en función al pH el incremento del pH tiende a bajar la calidad y recuperación de plomo para que incrementa el pH sube el consumo de la cal, mientras que para la plata de la figura 5 la curva de calidad de la plata en el concentrado vs pH el incremento del pH disminuye la calidad de la plata. En el caso del zinc el incremento del pH tiende decaer la calidad del zinc en el concentrado del zinc.

Por qué predomina la hipótesis alternativa.

- c. H1: Se puede establecer el rango en la alimentación de cal en el proceso de concentración del mineral para mejorar el rendimiento.

H0: No se puede establecer el rango en la alimentación de cal en el proceso de concentración del mineral para mejorar el rendimiento.

En función de la tabla 4 se establece los rangos de la calidad de cal entre 53,6% a 55,4% a pH de 8 7,5 a 8 para el concentrado de plomo plata y de 9 a 9,5 para el caso del zinc.

Por lo que predomina a la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados.

En el trabajo respecto a la Optimización en el consumo de cal en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. en merito a los objetivos planteados se tiene los siguientes:

De la figura 2 la calidad de la cal 54% influye en la calidad y recuperación para el plomo en forma positiva, de la figura 3 a un pH de 7,7. Para el caso de la plata con una calidad de cal 54,25% a un pH de 7,7 tiene una calidad óptima de la plata en el concentrado.

En el caso del zinc la calidad de la cal a un 53,5% y a un pH 9,0 tiene una calidad y recuperación optima.

Si afecta la calidad de la plata tabla 11, tabla 12 donde p calculada es de 0,027 menor que 0,005 y figura 10 donde en el diagrama de Pareto la predicción de A está por encima de la línea. En la calidad del concentrado de zinc de acuerdo la tabla 19 y 20 p calculada es 0,021 menor que 0,005 y la figura 12 del diagrama de Pareto la Predicción A es superior a la línea. Mientras que en el caso del plomo no afecta la calidad de acuerdo la tabla 5 y 6 valor de p calculada es de 0,066 que es mayor a 0,05 y de la figura 8 el diagrama de Pareto la gráfica predictora está por debajo de la línea.

En función de la figura 3 de la curva de calidad de plomo en función al pH el incremento del pH tiende a bajar la calidad y recuperación de plomo para que incrementa el pH sube el consumo de la cal, mientras que para la plata de la figura 5 la curva de calidad de la plata en el concentrado vs pH el incremento del pH disminuye la calidad de la plata. En el caso del zinc el incremento del pH tiende decaer la calidad del zinc en el concentrado del zinc.

En función de la tabla 4 se establece los rangos de la calidad de cal entre 53,6% a 55,4% a pH de 8 7,5 a 8 para el concentrado de plomo plata y de 9 a 9,5 para el caso del zinc.

Por otra parte, los estudios preliminares realizados tanto internacionales como nacionales llegaron a los siguientes:

Román (2018) logra una reducción de cal entre 50% y 60% en el proceso de flotación solo se requiere cal en el circuito de limpieza a un pH óptimo de 11,6.

Vila (2011) la flotación de minerales simples y complejas está a un pH de 9 a 12, esto debido que los efectos del mineral pueden responder a cambio del ambiente.

Correa (2019) que la calidad de agua y la cal en la preparación disminuye en un 31% del consumo de la cal en la planta.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Respeto al trabajo sobre Optimización en el consumo de cal en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. Se llegaron a las siguientes:

La calidad de la cal 54% influye en la calidad y recuperación para el plomo en forma positiva, a un pH de 7,7. Para el caso de la plata con una calidad de cal 54,25% a un pH de 7,7 tiene una calidad óptima de la plata en el concentrado.

En el caso del zinc la calidad de la cal a un 53,5% y a un pH 9,0 tiene una calidad y recuperación óptima.

Si afecta la calidad de la plata donde p calculada es de 0,027 menor que 0,005 y en el diagrama de Pareto la predicción de A está por encima de la línea. En la calidad del concentrado de zinc p calculada es 0,021 menor que 0,005 y del diagrama de Pareto la Predicción A es superior a la línea. Mientras que en el caso del plomo no afecta la calidad valor de p calculada es de 0,066 que es mayor a 0,05 y del diagrama de Pareto la gráfica predictora está por debajo de la línea.

La curva de calidad de plomo en función al pH el incremento del pH tiende a bajar la calidad y recuperación de plomo para que incrementa el pH sube el consumo de la cal, mientras que, para la plata, la calidad de la plata en el concentrado vs pH el incremento del pH disminuye la calidad de la plata. En el caso del zinc el incremento del pH tiende a decaer la calidad del zinc en el concentrado del zinc.

Los rangos de la calidad de cal entre 53,6% a 55,4% a pH de 7,5 a 8 para el concentrado de plomo plata y de 9 a 9,5 para el caso del zinc.

6.2. **Recomendaciones.**

En función a los resultados obtenido del trabajo sobre, Optimización en el consumo de cal en la planta concentradora San Jerónimo de la Empresa Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.

Se puede recomendar los siguientes:

Realizar un trabajo que tenga una mayor relación para ello realizar un diseño factorial donde influye la calidad y pH en el proceso de flotación.

El control operacionalización tiene un pH esto esta en función a la calidad y cantidad de consumo por lo que se debe tener en cuenta para tener una calidad recuperación de los minerales en sus respectivos concentrados.

El parámetro de control mas adecuado se debe obtener de los resultados operacionales en planta que sean más reales que se ajusten a la realidad del proceso.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1. Fuentes bibliográficas.

- Calidra, G. (s.f.). *Calquiipa*. Recuperado el 18 de 3 de 2020, de <https://www.calquiipa.com/>
- Cárdenas, R. (2014). Estudio para disminuir consumo de cal en planta concentradora CODELCO andina. *Ingeniero en Metalurgia Extractiva*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Obtenido de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-5500/UCE5857_01.pdf
- Castro, G. (6 de 10 de 2012). *Diccionario minero*. Obtenido de Obtenido de otrosmundoschiapas:
http://otrosmundoschiapas.org/docs/escaramujo/escaramujo626_diccionario_minero.p
- Chia, J., & Currie, J. (1984). *Operaciones Unitarias en procesamiento de minerales*.
- Corman, N. C. (Noviembre 2018). *Selección del método para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca-Ayacucho*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Correa, C. (2019). Evaluación del efecto del pH y de los reactivos en la recuperación de cobre en circuito de flotación colectiva Cu-Mo en minera los pelambres. *Ingeniero Químico*. Universidad Bio Bio, Concepción. Obtenido de http://replib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3454/1/Correa_Mendoza_Camila_Jos%c3%a9.pdf
- Cytec. (2002). *Manual de Productos Químicos para Minería*. Cytec Industries Inc.
- Daintith, J. (2008). *Dictionary of Chemistry*. New York: Oxford University Press Inc.
- Delgado, G. (2016). Operaciones en planta concentradora de mineral polimetálico y óxidos de plomo-plata cobre de Sociedad Minera Corona S.A. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de

<http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3355/IMdeabgg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Duarte, R. (1993). *Glosario Minero*. Rancagua.

Estudios Mineros del Perú S.A.C. (Lima de 2018). *MANUAL DE MINERIA*. Obtenido de www.estudiosmineros.com.

Fuerstenau, M., & Han, K. (2009). *Principles of Mineral Processing*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Morales, F. (2017). Estudio del efecto de las interacciones del sistema 'agua de mar – cal' en procesamiento de minerales. *Magister en ciencia de la ingeniería*. Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144411/Estudio-del-efecto-de-las-interacciones-del-sistema-Agua-de-Mar-Cal-en-procesamiento-de-minerales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Portal Minería S.A, P. (2006). *Manual General de Minería y Metalurgia*. Santiago: Servicio de Impresión Laser S.A.

Roman, E. (2018). Optimización del proceso de flotación rougher zinc en minerales m4b (mineral de cobre (calcopirita) y zinc) sobre selectividad y recuperación de minerales. Mediante el uso de reactivos alternativos diamond. *Ingeniero Metelurgista y Materiales*. Universidad Nacional del Centro, Huancayo. Obtenido de <http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/4923/Roman%20Meza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

S.A.C, C. H. (s.f.). *AMPLIACION DE LA PLANTA CONCENTRADORA SAN JERÓNIMO A 2300TPD*. PROYECTO N° 001-2016-01, AYACUCHO.

Vila, C. (2011). Estudio del efecto del pH sobre el potencial de la pulpa y flotación de minerales sulfurados en la planta concentradora Chumpe de la CIA. Minera Corona S.

A. *Ingeniero metalurgista y materiales*. Universidad Nacional del Centro del Perú,
Huancayo. Obtenido de
[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/569/TIMM_16.pdf?sequence=1
&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/569/TIMM_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

Fotografía 1: Preparación del Ácido Clorhídrico al 1.0 N.



Fotografía 2: Preparación de Agua libre de CO₂



Fotografía 3: Pesando la muestra de Na_2CO_3 .



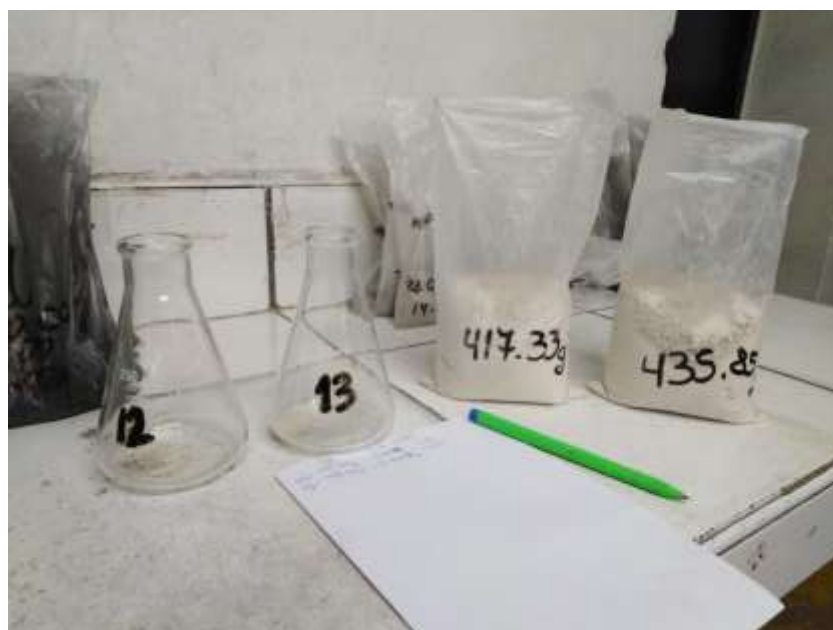
Fotografía 4: Sacando las muestras por punzones en cada bolsa de cal.



Fotografía 5: Preparación de la muestra para la obtención de un muestra representativa de 500 g. aprox.



Fotografía 6: Pesando las muestra de la cal.



Fotografía 7: La solución de Na_2CO_3 después de haber agregado 3 gotas de indicador de naranja de metilo.



Fotografía 8: Preparación de los reactivos; azúcar, Na_2CO_3 y la Cal.



Fotografía 9: La Cal en bolsones con un peso de 1 tonelada.



