



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS CALIZAS
ÓPTIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CAL VIVA EN LA
CONCESIÓN COLQUIRRUMI 49 – B, CAJAMARCA 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Eduardo Limay Coronado.
Bach. Walter José Barboza Ocas.

Asesor:

Ing. Roberto Gonzales Yana.

Cajamarca – Perú
2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE FOTOS	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.3.1. <i>Justificación Teórica</i>	2
1.3.2. <i>Justificación Aplicativa o Práctica</i>	2
1.3.3. <i>Justificación Valorativa</i>	2
1.3.4. <i>Justificación Académica</i>	2
1.4. Limitaciones	2
1.5. Objetivos	3
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases Teóricas	4
2.2.1. <i>La Cal y su Composición</i>	4
2.2.1.1. <i>La Materia Prima para la Elaboración</i>	4
2.2.1.2. <i>Formación</i>	5
2.2.1.3. <i>Origen Químico</i>	5
2.2.1.4. <i>Origen Biológico</i>	5
2.2.1.5. <i>Procesos clásticos</i>	6
2.2.1.6. <i>Utilidad</i>	6
2.2.2. <i>Elaboración de la Cal y su Composición</i>	7

2.2.3.	<i>Clasificación de la Materia Prima</i>	8
2.2.3.1.	<i>Dolomita</i>	8
2.2.3.2.	<i>Magnesita</i>	8
2.2.3.3.	<i>Calcita</i>	9
2.2.3.4.	<i>Impurezas</i>	10
2.2.4.	<i>Factores que afectan la Calidad del CaO Industrial</i>	10
2.2.4.1.	<i>Composición química de la caliza, CaCO₃ más impurezas</i>	11
2.2.4.2.	<i>Temperatura del horno</i>	12
2.2.4.3.	<i>Tiempo de residencia</i>	13
2.2.4.4.	<i>Atmósfera del horno</i>	13
2.2.5.	<i>Tipos y Usos de la Cal</i>	14
2.2.5.1.	<i>Cal Viva</i>	14
2.2.5.2.	<i>Cal Hidratada</i>	14
2.2.5.3.	<i>Cal Hidráulica</i>	15
2.2.5.4.	<i>Usos de la Cal</i>	18
2.3.	<i>Definición de términos básicos</i>	18
2.3.1.	<i>Calcinación:</i>	18
2.3.2.	<i>Calidad:</i>	19
2.3.3.	<i>Caliza Óptima:</i>	19
2.3.4.	<i>Cal Viva:</i>	19
2.3.5.	<i>Calor de Transferencia:</i>	19
2.3.6.	<i>Energía Libre de Gibbs:</i>	20
2.3.7.	<i>Entalpía de Reacción:</i>	20
2.3.8.	<i>Entropía Estándar:</i>	20
2.3.9.	<i>Factores de Concentración de CaO:</i>	21
2.3.10.	<i>Grado de fracturamiento de las Calizas:</i>	21
2.3.11.	<i>Ley de Carbonato de Calcio:</i>	21
2.3.12.	<i>Muestreo:</i>	21
2.3.13.	<i>Operaciones mineras:</i>	21
2.3.14.	<i>Optimización:</i>	22
2.3.15.	<i>Porcentaje de Impurezas:</i>	22
2.3.16.	<i>Producción:</i>	22
2.3.17.	<i>Valor de la densidad de la caliza:</i>	23
CAPÍTULO 3.	HIPÓTESIS	24
3.1.	<i>Formulación de la hipótesis</i>	24
3.2.	<i>Variables</i>	24
3.3.	<i>Operacionalización de variables</i>	24
CAPÍTULO 4.	MATERIAL Y MÉTODOS	25
4.1.	<i>Tipo de diseño de investigación</i>	25
4.2.	<i>Material de Estudio</i>	25
4.2.1.	<i>Unidad de estudio</i>	25
4.2.2.	<i>Población</i>	25
4.2.3.	<i>Muestra</i>	25
4.3.	<i>Métodos</i>	25

4.3.1.	<i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i>	25
4.3.1.1.	<i>Recolección de Datos</i>	25
4.3.1.2.	<i>Análisis de Datos</i>	25
4.3.2.	<i>Procedimientos</i>	26
4.3.2.1.	<i>Búsqueda de Información</i>	26
4.3.2.2.	<i>Integración de Información</i>	26
4.3.2.3.	<i>Trabajo de Campo</i>	27
4.3.2.4.	<i>Trabajo de Laboratorio</i>	27
4.3.2.5.	<i>Trabajo de Gabinete</i>	40
4.3.2.6.	<i>Realización y entrega de informe.</i>	40
CAPÍTULO 5.	DESARROLLO	41
5.1.	<i>Ubicación del Área de Estudio</i>	41
5.1.1.	<i>Ubicación Política:</i>	41
5.1.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	41
5.1.3.	<i>Accesibilidad</i>	42
5.1.3.1.	<i>Tramo Cajamarca – Apán Bajo:</i>	42
5.1.3.2.	<i>Trocha Carrozable Apán Bajo – Instalaciones Mineras:</i>	43
5.2.	<i>Geología:</i>	44
5.2.1.	<i>Geología Regional</i>	44
5.2.1.1.	<i>Formación Celendín:</i>	44
5.2.1.2.	<i>Formación Cajamarca:</i>	44
5.2.1.3.	<i>Formación Quilquiñan – Mujarrum:</i>	47
5.2.1.4.	<i>Depósitos cuaternarios</i>	47
	<i>Depósito Fluvial:</i>	47
	<i>Depósitos Aluviales:</i>	48
5.2.2.	<i>Geología Local:</i>	49
5.2.2.1.	<i>Ambiente de sedimentación de la Formación Cajamarca:</i>	49
5.2.2.2.	<i>Litología de la Formación Cajamarca</i>	49
5.2.2.3.	<i>Mineralización</i>	49
5.2.2.4.	<i>Alteración</i>	54
5.2.2.5.	<i>Cuantificación de reservas</i>	55
5.2.2.6.	<i>Rumbo y Buzamiento del Manto:</i>	55
5.2.2.7.	<i>Tipo de Depósito:</i>	57
5.3.	<i>Muestreo</i>	58
5.3.1.	<i>Tipo de Muestreo:</i>	59
5.3.2.	<i>Muestra de Caliza:</i>	59
5.4.	<i>Cálculos</i>	62
5.4.1.	<i>Cálculo del Factor de Concentración del CaO Disponible o Total en la Caliza ...</i>	62
5.4.2.	<i>Balance de Masa en el Horno de Producción de Cal</i>	63
5.5.	<i>Balance de Energía en el Horno de Producción de Cal Viva</i>	65
5.5.1.	<i>Cálculo de Calor Útil Necesario para la Disociación de CaCO₃</i>	65
5.5.2.	<i>Cálculo de la Relación aire - combustible</i>	66
5.5.3.	<i>Cálculo del Flujo de Calor Aportado por el Aire</i>	66
5.5.4.	<i>Cálculo del Calor Generado por los Gases de Combustión</i>	67

5.5.5.	<i>Determinación del calor perdido en la eliminación de gases de combustión por Kg de combustible.....</i>	68
5.5.6.	<i>Cálculo de la entalpía de reacción</i>	68
5.5.7.	<i>Cálculo de la entropía estándar de reacción</i>	69
5.5.8.	<i>Cálculo de la energía libre de Gibbs</i>	69
CAPÍTULO 6.	RESULTADOS	71
6.1.	Resultados de Porcentaje de Carbonato de Calcio	71
6.2.	Resultados de Pérdida por Calcinación.....	72
6.3.	Resultados de Granulometría de la Cal Viva	73
6.4.	Resultados de la Densidad de Caliza y Cal Viva.....	74
6.5.	Resumen de Resultados del Análisis Complexométrico	75
6.6.	Geología.....	76
CAPÍTULO 7.	DISCUSIÓN.....	77
7.1.	Resultados de Porcentaje de Carbonato de Calcio	77
7.2.	Resultados de Pérdida por Calcinación.....	77
7.3.	Resultados de Granulometría de la Cal Viva	77
7.4.	Resultados de la Densidad de Caliza y Cal Viva.....	77
7.5.	Resumen de Resultados del Análisis Complexométrico	77
7.6.	Geología.....	78
CONCLUSIONES.....		80
RECOMENDACIONES		81
REFERENCIAS.....		82
ANEXOS		83

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Depósitos calcáreos.	6
Cuadro 2: Características físico químicas de las calizas.	7
Cuadro 3: Valores de presión para el CO ₂	8
Cuadro 4: Clasificación de productos hidráulicos.	16
Cuadro 5: Composición química cal hidráulica.	17
Cuadro 6: Distancias en la ruta de transporte Cajamarca - Calera.	44
Cuadro 7: Clasificación Genética de los Yacimientos Minerales.	57
Cuadro 8: Ubicación de las Muestras.	61
Cuadro 9: Resultados de %CaCO ₃	61
Cuadro 10: Entalpías de formación para los compuestos en la producción de cal viva.	65
Cuadro 11: Entalpías de los gases de combustión.	67
Cuadro 12: Granulometría de la cal Viva.	73
Cuadro 13: Densidad de la Caliza y de la cal Viva.	74
Cuadro 14: Resultados de análisis complexométrico.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Calcinación de la cal.	12
Figura 2: T de calcinación vs área superficial de partícula.	13

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1: Tara de la muestra.	29
Foto 2: Muestras en la mufla.	29
Foto 3: Crisol con muestra.	30
Foto 4: Preparado de muestra para titulación.	31
Foto 5: Titulación de la muestra.	32
Foto 6: Indicador de calceína.	33
Foto 7: Medición de los insumos.	34
Foto 8: Selección de tamices.	38
Foto 9: Ensayado de muestras.	38
Foto 10: Tamizado de muestras.	39
Foto 11: Pesado del residuo.	39
Foto 12: Calizas de la Fm. Cajamarca en COLQUIRRUMI 49B.	45
Foto 13: Calizas con fracturas.	46
Foto 14: Depósitos fluviales.	48
Foto 15: Depósitos aluviales.	48
Foto 16: Calcita.	50
Foto 17: Hematita impregnada en la caliza.	51
Foto 18: Limonita incrustada en caliza.	52
Foto 19: Pirolusita en la caliza.	53
Foto 20: Lapiaces producto de la lluvia.	54
Foto 21: Fracturas por agentes climáticos.	54
Foto 22: Rumbo 45 N.	56
Foto 23: Toma de buzamiento 38°SE.	56
Foto 24: Muestreo.	58
Foto 25: Fracturamiento de roca para sacar muestra no intemperizada.	59
Foto 26: Muestreo de roca intacta.	60
Foto 27: Diseño de carga.	63
Foto 28: Anotaciones del proceso.	64
Foto 29: Cantera de la concesión.	84
Foto 30: Horno artesanal.	84
Foto 31: Molino.	85
Foto 32: Selección de cal granada.	85
Foto 33: Cal Molida en sacos.	86
Foto 34: Recojo de cal viva granada.	86
Foto 35: Instalaciones mineras.	87

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación Geográfica de la Concesión COLQUIRRUMI N°49 – B.....	42
Imagen 2: Carretera Cajamarca - Bambamarca.....	43
Imagen 3: Trocha carrozable Desvío Apán Bajo - Calera.	43
Imagen 4: Geología Regional de la zona.....	46
Imagen 5: Columna estratigráfica de COLQUIRRUMI 49B.	47
Imagen 6: Volumen de calizas.	55
Imagen 7: Muestreo de calizas.	60

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Granulometría del producto.....	74
Gráfica 2: Resumen de datos complexométricos.	75

RESUMEN

En la presente tesis titulada “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS CALIZAS ÓPTIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CAL VIVA EN LA CONCESIÓN COLQUIRRUMI 49 B, CAJAMARCA 2016”, se ha realizado estudios para evaluar la calidad de las calizas dentro de la concesión Colquirrumi 49 B, con fines de producir cal viva; mediante el mapeo geológico, muestreo de calizas dentro de la concesión, análisis gravimétrico y complexométrico de calizas y análisis de pérdidas por calcinación y densidad.

Las calizas de la concesión Colquirrumi 49 B requieren un estudio geoquímico para determinar la calidad. Esta concesión está ubicada en el caserío de Apán, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc y departamento de Cajamarca; esta ubicación presenta numerosas ventajas desde el punto de vista económico, como es la proximidad a las distintas unidades mineras y la cercanía con la compra de carbón antracita.

Para esta evaluación se ha realizado la investigación experimental con diseño transversal, descriptivo y aplicativo; a las 15 muestras de roca caliza; llegando a concluir que de acuerdo a la geología mapeada en la concesión, sólo se evidencia la formación geológica Cajamarca compuesta de calizas óptimas para la generación de cal viva, además según los análisis complexométricos la composición de las tres muestras son similares y de buena calidad. En la etapa de calcinación, la piedra caliza que ingresa al horno de cocción con el objetivo de transformarse en CaO es muy homogénea teniendo medidas entre 20 cm y 50 cm siendo esto favorable al momento de obtener la cal viva, notándose esto en el alto porcentaje de CO₂ y H₂O de la cal viva que está en un 13.20%.

ABSTRACT

In this thesis entitled "EVALUATION OF QUALITY OF LIMESTONE OPTIMAL FOR PRODUCCIÓN OF LIME IN THE GRANTING Colquirrumi 49 B, CAJAMARCA 2016", has conducted studies to evaluate the quality of limestone within the concession Colquirrumi 49 B, purposes of producing quicklime; by geological mapping, sampling of limestone within the concession, gravimetric analysis and complexometric analysis of limestone and loss on ignition and density.

The limestones of the concession Colquirrumi 49 B require a geochemical survey to determine the quality. This concession is located in the village of Apán, Bambamarca district, province of Hualgayoc and Cajamarca department; this location has many advantages from the economic point of view, as is the proximity to the various mining units and proximity to the purchase of anthracite coal.

For this evaluation has been carried out experimental research with descriptive cross-sectional design and application; the 15 samples of limestone; coming to the conclusion that according to the mapped geology in the concession, only the geological formation Cajamarca made optimal for generating quicklime limestone is evident, as well as the complexometric analyzes the composition of the three samples are similar and good quality. In the calcination step, limestone entering the baking oven in order to become CaO is very homogeneous having measures between 20 cm and 50 cm this being favorable time to obtain quicklime, noting that the high percentage CO₂ and H₂O of quicklime which is in a 13.20%.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- COLOMA ÁLVAREZ., G., La Cal: ¡Es un reactivo químico!., Santiago-Chile., 2008., Pp 38-45.
- E.T.S.I. (2012). "Guía Interactiva de Minerales y Rocas de la E.T.S.I. de Montes UPM". Montes, Forestal y del Medio Natural - Universidad Politécnica de Madrid.
- FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS. (2001). Manual de aseguramiento de la Calidad. Gerencia de Planta. ISO-9000, Ocumare del Tuy. Información Técnica.
- FORD FRANK., Materiales de ingeniería química., Buenos Aires-Argentina., Ed.Eudeba., 1964., Pp 125-145-230.
- HERNBOSTEL., C., Materiales para construcción, tipos, usos y aplicaciones., 2a.ed., México D.F.- México., Ed. Limusa., 2002., Pp 180-195.
- MANCINI DI MECO., P., Manual de Reconstrucción y acabados de Albañilería., México D.F.- México., Ed. Trillas., 2003., Pp 45-65-84.
- McCABE WARREN., L., y otros., Operaciones Unitarias en Ingeniería Química., Ed. Mc Graw-Hill., México D.F.- México., 2002., Pp 125.
- ORUZ ASSO., F., Materiales de construcción., 7a.ed., Madrid-España. Ed. Dossat., 1985., Pp 275-280.
- ROCA CUSIDÓ., A., Control de Procesos., Mexico D.F-México., Alfaomega : Ed. UPC., 2002., Pp 238.
- TAYLOR H.F.W., Enciclopedia de la Química Industrial: La Química de los Cementos., F. Romero Rossi., Bilbao-España., Ed. URMO., 1967., Pp 115.