

**HOMERO MAYORGA R.**

**LA FABRICACION DEL CEMENTO BLANCO  
CON LAS MATERIAS PRIMAS DE LA  
PROVINCIA DEL CAÑAR**



AREA HISTORICA  
CENTRO DE INFORMACION INTERNA



Señor

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Naturales.

Presente.

Señor Decano:

Habiendo sido declarado apto, y cumpliendo con las disposiciones del reglamento pertinente, solicito a Ud. se digne designar a los miembros del Tribunal, para el estudio y calificación de mi Trabajo de Tesis. Para tal fin acompaño cinco ejemplares del Trabajo en referencia.

Seguro de la acogida que se digne dispensarme tengo a bien expresarle mis agradecimientos suscribiéndome con el testimonio de mi distinguida consideración.

Del señor Decano atentamente,  
**Homero Mayorga R.**

Quito, a 9 de Junio de 1953.

SECRETARIA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Quito, 9 de Junio de 1953.

Entregado en esta fecha.—Lo certifico

El Secretario de Facultades,  
**Dr. Galo Recalde.**

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
QUIMICAS Y NATURALES

Quito, 10 de Junio de 1953.

Informen los Señores Profesores: Dr. Arquídamo Larenas, Ingros. Gerardo Ruess y Oswaldo Hernández.

El Decano,  
**Dr Alfredo Paredes**



Señor Decano:

La Comisión designada por Ud. para estudiar "LA FABRICACION DEL CEMENTO BLANCO CON MATERIAS PRIMAS DE LA PROVINCIA DEL CAÑAR" presentada por el señor Homero Mayorga como Tesis Doctoral, tiene el agrado de elevar a Ud. el siguiente informe:

La Tesis en cuestión comprende el estudio de los yacimientos de arcilla y travertino de Cañar, su composición química y los ensayos técnicos conducentes a su calificación; luego detalla el procedimiento que ha seguido para la clinquerización y elaboración de cemento tipo blanco, hasta obtener muestras con las que realiza los correspondientes ensayos técnicos, químicos, físicos, etc., tales como determinación de tiempo de fraguado, resistencia a la presión, a la tracción, análisis químico, etc., y termina con un estudio acerca de las posibilidades de su industrialización que, efectivamente, sería de enorme repercusión en la industria y economía nacional, toda vez que la calidad y bondad de las muestras de cemento obtenidas por el señor Mayorga tras largos estudios y ensayos en la "Cemento Nacional" bajo el control del Ingeniero Schwarkopf, calidad y bondad deducidas de los ensayos técnico-industriales citados, ponen de relieve la posibilidad de una industria de esta naturaleza.

En resumen tenemos que el estudio del señor Mayorga ha sido conducido con técnica y perfecto conocimiento del problema; los resultados obtenidos son dignos de ser divulgados.

Por todas estas razones el Tribunal, al consignar su aplauso para el Autor, recomienda la publicación de esta Tesis en los Anales de la Universidad Central.

Quito, a 16 de Junio de 1953.

EL TRIBUNAL

**Dr. Arquídamo D. Larenas**

**Ing. G. Ruess**

**Ing. O. Hernández**



Quito, a 15 de Junio de 1953.

Como Director de la Tesis del Sr. Homero Mayorga certifico gustosamente que según mi mejor conocimiento el Sr. Mayorga ha trabajado y redactado su Tesis personalmente e independientemente, sus trabajos que ha realizado en el Laboratorio de "La Cemento Nacional" de Guayaquil han sido controlados repetidas veces por mi mismo y han sido guiados por el Ing. F. Schwarzkopf, en ese entonces Jefe del Laboratorio de la empresa y al mismo tiempo Profesor de la Universidad de Guayaquil.

**Gerhard L. Ruess**

Profesor de la Universidad Central



**ÁREA HISTÓRICA**  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL



## LA FABRICACION DEL CEMENTO BLANCO CON LAS MATERIAS PRIMAS DE LA PROVINCIA DEL CAÑAR

- A) El Cemento blanco, sus características y usos.
- B) Materias primas existentes en la Provincia de Cañar, situación geográfica, descripción de los yacimientos, etc.
- C) Análisis químico de las materias primas:  
Arcilla blanca de Zhuña-Abuga,  
Tiza blanca de Guapán,  
Travertina blanca de Mangán.
- D) Ensayos de Clinquerización de estas materias primas.
- E) Clinquerización con cantidades correspondientes de los carbones de Biblián.
- F) Análisis químico de los cementos obtenidos.
- G) Ensayos físicos de estos cementos, color, tiempo de fragua, resistencia a la presión y tracción, etc.
- H) Resumen sobre las posibilidades técnicas y económicas de la industria de cemento blanco en el Ecuador.

### PROLOGO

El problema de la explotación racional de las materias primas naturales del Ecuador es sinónimo del problema del porvenir económico del País. Este problema tiene su resolución únicamente en la labor común y por esto es deber de cada uno de los Ecuatorianos contribuir a la solución cuanto podamos.

Como en la Provincia de Cañar, en la región Azogues-Biblián, existen materias primas de excelente calidad y en cantidades que aseguran el funcionamiento de una planta de cemento por muchos años, y hay buena demanda de cemento blanco en el País, he estudiado en el presente trabajo la posibilidad de fabricación de Cemento Blanco con las



materias primas existentes en esta región del Ecuador, ciñéndome al punto de vista químico de las materias primas.

Los capítulos A y B han sido desarrollados con la ayuda de la escasa bibliografía disponible y mis observaciones en el sitio.

Al desarrollo de los capítulos C, D, E, F y G ha contribuido la presencia de bibliografía, la ayuda técnica del Ing. F. Schawarzkopf y la disponibilidad del laboratorio industrial de "La Cemento Nacional" en el cual se realizaron los trabajos de análisis y ensayos de clinquerización.

En el capítulo H se ha resumido las probables posibilidades técnico-económicas de una futura industria de cemento blanco en el País.

Dejo constancia de que este trabajo representa una contribución pequeña hacia el establecimiento de las bases concretas y completas para la resolución de una futura explotación de esta importante riqueza nacional, en el campo de nuestro objetivo.

Por la asistencia prestada en la preparación de este trabajo, presento mis agradecimientos sinceros a todos mis profesores de la Escuela de Química y Farmacia de la Universidad Central, al Dr. Ing. Gerardo L. Ruess, director de tesis, al Sr. Don Gabriel Murillo A., gerente general de "La Cemento Nacional", y al Ing. Florian Schawarzkopf, ex-jefe químico de "La Cemento Nacional".

ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

**Homero Mayorga R.**

## A) EL CEMENTO BLANCO, SUS CARACTERÍSTICAS Y USOS.

De un modo general se llaman cementos todas las materias que sirven para pegar o unir entre si cuerpos sólidos (1). Ahora, lo que todos nosotros conocemos con el nombre popular y exclusivo de "Cemento" es el aglomerante hidráulico, obtenido de la mezcla íntima y adecuadamente calculada de materiales calcáreos y arcillosos, el reblandecimiento o conglutinación de la misma para obtener el clinquer, y la reducción de éste a un polvo sumamente fino. Sus componentes químicos y su finura están enmarcados dentro de límites estrechos ya establecidos para dar un producto de calidad satisfactoria respecto a la hidraulicidad y resistencia después del fraguado.



Normalmente el color de estos cementos varía dentro de los matices del gris. Cuando el contenido de óxido férrico es solamente unas pocas décimas del uno por ciento, el cemento es de color blanco. Por lo tanto, cemento blanco se hace limitando el contenido de óxido férrico a la cantidad suficientemente pequeña para obtener un producto prácticamente blanco (2).

Las características de estos cementos blancos son: su color, de donde viene el nombre; por ser muchas veces cementos aluminosos son de fraguado rápido, con una resistencia relativamente mayor al principio acusan después un endurecimiento posterior más débil, generalmente de menor resistencia a la tracción (3).

Los usos del cemento blanco van ligados a las características del mismo, y así por su color blanco se consume en la industria de piedras artificiales blancas: planchas de mármol artificial para diferentes aplicaciones, bloques blancos, baldosas blancas para varios fines, pavimentos, para blanquear las fachadas de los edificios en lugar de lechada de cal. Por ser cemento de fraguado rápido tiene aplicación en obras completamente determinadas, para el vaciado de adornos, para enlucir de blanco hormigonado en agua corriente o en piscinas, para trabajos de revoque y molduras.

ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

## Referencias.

1. Espasa, Enciclopedia.
2. Robert H. Bogue, The Chemistry of Portland Cement. 1950.
3. Ullmann, Enciclopedia de Química Industrial 1950

## B) MATERIAS PRIMAS EXISTENTES EN LA PROVINCIA DE CAÑAR, SITUACION GEOGRAFICA, DESCRIPCION DE LOS YACIMIENTOS, ETC.

En la República del Ecuador, en el Callejón Interandino, en la región septentrional de la Hoya del río Paute o sección meridional de la Provincia de Cañar, encontramos grandes yacimientos minerales que pueden servir de materias primas para diferentes industrias.

En el valle formado por el río Azogues y sus tributa-



rios, el río Zhirincay, el río Tabacay, el río Aguilán y otros, existen hileras de colinas irregulares formadas de arcillas coloreadas y blancas, de materiales calcáreos: calizas y blancas, de materiales calcáreos: calizas y mármoles, de yeso, de cuarzo (1).

Exactamente al Oeste de la ciudad de Azogues hay colinas en cuyas faldas encontramos arcilla y yeso, en estas colinas crece poca vegetación. La arcilla pizarrosa se usa como un barro muy fino y duro para la cerámica rústica, su color es variado claro amarillento o gris, y con las aguas lluvias se vuelve un lodo muy resbaloso. Una arcilla blanca de muy buena calidad, de tipo caolinítico se encuentra en un gran depósito llamado Abuga, y que está localizado en la carretera que va hacia el Oriente, a unos 7-8 Km. de Azogues. También al Nor-oeste de la misma población, en un corte de la línea férrea en el sitio denominado Aguilán hay un depósito abundante de arcilla caolinítica.

Yacimientos de carbonato de calcio de origen hidrotermal, en sus diferentes grados de pureza son frecuentes en esta región. Al Nor-oeste de Biblián tenemos buenos yacimientos de travertinas. Depósitos de caliza incrustante encontramos en varios sitios de las inmediaciones de Azogues, así cerca de San Marcos, pero los principales se hallan en el anejo de Guapán (1). Cal en forma cristalina o travertina se encuentra en Mangán, estas travertinas son blancas y de alta pureza.

En la región de Biblián, al Oeste de la población, existen grandes yacimientos carboníferos y en los sitios denominados San Pedro, La Fortuna y Rayo Loma se hace la explotación en pequeña escala y en forma rudimentaria. Este carbón convenientemente seleccionado se puede muy probablemente usar como combustible en una futura planta de cemento blanco.

Entre los minerales útiles, de toda esta región, y de muy buena calidad, para una futura planta de cemento blanco nombramos en primer lugar la Arcilla Caolinítica, caolín o tierra de porcelana, cuyo origen se atribuye generalmente a la descomposición química de los feldespatos (1). Caolines encontramos en algunos lugares de la provincia, pero el depósito más importante es el ya mencionado de Abuga. El yacimiento tiene semejanza a dos conos uno mayor y otro menor que prometen una cantidad considerable de esta arcilla. Prevalece un caolín amarillento, pero también



se encuentra en abundancia un caolín perfectamente blanco. Los habitantes de esta región lo conocen con el nombre de Tierra Blanca. Podemos decir que es un material arcilloso muy puro, el contenido de óxido de hierro y cal son muy bajos. A más de servir como materia prima para fabricar cemento blanco, este caolín podría servir sin duda para la fabricación de porcelanas finas de calidad o ya también en la fabricación de ladrillos refractarios que cuanto más libres de óxido de hierro sean serán menos fusibles y más refractarios.

Los depósitos de Carbonato de Calcio, en diferentes variedades, son frecuentes en esta región. En Cachi-Cañar a 16 y 10 Km. de distancia de Azogues y Biblián respectivamente, en dirección Noroeste, hay formaciones hidro-termales de caliza porosa.

A las afueras de la ciudad de Azogues, en Zhirincay, encontramos una caliza porosa y de buena calidad en cuanto al contenido de cal. De acuerdo a la opinión de los pobladores, el yacimiento se reduce a un manto delgado. La caliza de estos depósitos se explota para la fabricación de cal.

Los principales yacimientos que interesan a nuestro objetivo se hallan en Guapán y en un lugar algo distante a éste en Mangán.

Aproximadamente a 14 Km. de Azogues y a 8 Km. de Biblián, en el sitio denominado Mangán encontramos yacimientos de carbonato de calcio en forma cristalina o travertina, siendo este blanco y puro. Investigaciones geológicas realizadas señalan una cantidad de unas 500.000 toneladas, (2). La entrada a la cantera es un tanto difícil por el mal camino.

Al Norte de Azogues y a unos 2 Km. más o menos, se encuentra el depósito de Guapán. Aquí las capas superficiales del mineral son muy porosas y livianas mientras que las capas interiores son más compactas. La caliza tiene procedencia hidro-termal. Las vetas o capas más antiguas son blancas mientras que las más modernas son grises. En este mismo sitio de Guapán, al lado opuesto al depósito de caliza, al Sur del río Tabacay encontramos arcilla.

El depósito de caliza está limitado al Sur por el río Tabacay, al Oeste por la quebrada Salado y al Este por la Quebrada Guapán. Un cálculo de la superficie y cubicación de este depósito sería: el ancho desde la quebrada Salado hasta la quebrada Guapán se calcula 500 m. y el largo desde el río Tabacay hasta el punto llamado Capilla Pequeña 1.500 m.,



por lo que se puede apreciar que el yacimiento es grande. Promediando el espesor de la capa en todo el terreno a 2,5 m., un cálculo aproximado tenemos: (2)

$2,5 \times 300 \times 1.500 = 1.125.000 \times 2,2 \text{ p. esp.} = 2.475.000$  toneladas.

La capa de tierra existente sobre la formación calcárea no pasa de 0,5 — 1 m. en las partes visibles. Un buen camino conduce al depósito.

El Yeso lo encontramos muy repartido, acompañando generalmente a las formaciones de arcilla. A unos 10 Km. de Azogues hay depósitos importantes de yeso y de buena calidad (2).

Agua y en volúmenes suficientes tenemos en cualquiera de los afluentes del río Azogues y en éste mismo. El río Tabacay corre colindando las minas de Guapán.

Como Combustible para una futura fábrica de cemento blanco y gris, podrá usarse el carbón existente en la región Azogues-Biblián.

Diferentes Instituciones Científicas han realizado estudios geológicos sobre estos yacimientos y estudios del lignito, valorando la cantidad y calidad unos y señalando fines convenientes para su aplicabilidad otros.

De acuerdo a esos estudios y a nuestro objetivo el carbón de Azogues-Biblián serviría de un combustible industrial muy barato, explotándolo en forma adecuada y en escala suficientemente grande.

Como el estado de mantenimiento de las vías carrozables de esta región no es muy bueno, y para el mejor tránsito de camiones pesados que conducirían las materias primas de los depósitos del mineral a una futura fábrica de cemento blanco y gris, los caminos tendrán que ser acondicionados de acuerdo a las exigencias del propósito mencionado.

En relación al clima de esta región, de acuerdo a observaciones meteorológicas anteriores, se deduce que generalmente es seco y suave, con poca precipitación de lluvias. La temperatura varía en la región, siendo en Azogues la temperatura media de 15°C. La altitud de Azogues es de 2.000 m. sobre el nivel del mar aproximadamente (3).

### Referencias.

1. Teodoro Wolf, Geografía y Geología del Ecuador 1892.
2. J. G. Larsen, Ing.



3. Informes del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Quito.

**C) Análisis Químico de las materias primas:**  
**Arcilla blanca de Zhuña-Abuga,**  
**Tiza blanca de Guapán,**  
**Travertina blanca de Mangán.**

Suficientes muestras individuales de las materias primas arriba nombradas fueron tomadas manualmente, para muestras aproximadamente representativas.

Para homogenizar las muestras individuales en todas sus partes, y para tomar una muestra como próximamente representativa, la muestra para análisis, de cada uno de los materiales crudos, seguimos el procedimiento:

1º Reducción de la muestra a pequeños pedacitos de más o menos 1 cm. de diámetro, en una trituradora de mandíbulas de laboratorio;

2º Cuarteado de la muestra en un Cuarteador de Muestras (Jones Fiffle Sampler). De aquí procede la muestra en cantidad conveniente para análisis y ensayos de clinquerización, por sucesivas divisiones de sólo la muestra que cae al un lado del aparato;

3º Reducción de la muestra tomada a un polvo fino en un mortero de porcelana. También se puede hacer la molienda en un molino de bolas de porcelana, de laboratorio;

4º Tamizado del polvo fino en un cedazo de 200 mallas por pulgada lineal;

5º Guardado de la muestra en un frasco con tapa esmerilada, para evitar penetración de humedad. De aquí se tomarán las muestras para el trabajo de análisis.

Las muestras de los tres materiales crudos reducidos a un polvo finísimo fueron de color blanco, con pequeñas diferencias en el tono de color de una a otra.

Como en los compuestos calcáreos, la arcilla y la mezcla cruda deben determinarse los mismos elementos químicos que el cemento, los mismos métodos químicos de análisis son seguidos y el mismo número de dosificaciones hechas.

El calcio, silicio, aluminio y hierro son los elementos químicos esenciales; en el cemento blanco el hierro pasa a segundo plano. Se dosifica el magnesio porque su presencia influye la calidad del cemento. Otros elementos posi-



blemente presentes no son esenciales y sus cantidades son relativamente pequeñas (1).

Algún método de análisis químico para material crudo arcilloso ha sido incluido, ya que depende de sí todo el calcio o nó está presente en compuestos solubles en ácido.

Los métodos y técnica de análisis químicos seleccionados aquí son aquellos de la American Society for Testing Materials, Committee C-1 on Cement.

## METODOS STANDARD DE ANALISIS QUIMICO DE CEMENTO PORTLAND

A. S. T. M. Designación: C 114-47

Determinaciones Químicas.

### DIOXIDO DE SILICIO

#### Procedimiento.

33 (a) Mezcle 0.5 gr. de la muestra con más o menos 0.5 gr. de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en un vaso de ebullición de 50 ml., cubra el vaso con un vidrio de reloj, añada con cuidado 5 ml. de  $\text{HCl}$ , dejando correr el ácido por la pared del vaso. Después de que la acción química ha terminado, levante la tapa, añada 1 o 2 gotas de  $\text{HNO}_3$ , agite la mezcla con una varilla de vidrio, tape y coloque el vaso sobre un reverbero por 30 minutos. Durante éste tiempo de digestión, agite el contenido ocasionalmente para facilitar la completa descomposición de la muestra. Coloque un papel filtro de porosidad mediana en un embudo, transfiera el precipitado al filtro lo más completo posible sin dilución, deje a la solución que filtre. Limpie el vaso con un póliz de caucho y enjuague ambas cosas. Lave el precipitado 2 o 3 veces con  $\text{HCl}$  (1:99) caliente y luego 10 o 12 veces con agua caliente, dejando escurrir el líquido de lavado lo más perfectamente posible en cada vez. Reserve el filtrado y lavados para la determinación del grupo del Hidróxido de amonio.

(b) Transfiera el papel filtro con el residuo a un crisol de platino tarado, seque e ignite, primero lentamente hasta que el carbón del papel sea consumido completamen-



te sin hacer llama y finalmente a  $1.050-1.100^{\circ}\text{C}$ . por una hora. Pese el residuo como  $\text{SiO}_2$ .

(d) Cálculo.—Calcule el porcentaje de  $\text{SiO}_2$  multiplicando el peso en gramos de  $\text{SiO}_2$  por 200.

## GRUPO HIDROXIDO DE AMONIO.

### Procedimiento.

9. (a) Al filtrado reservado en 33 (a), el cual tiene un volumen aproximado de 200 ml., añada  $\text{HCl}$  si es necesario para asegurar un total de 10-15 ml. de ácido. Lleve a la ebullición, añada unas pocas gotas de indicador rojo de metilo (2 gr. por litro de etanol). Luego trate con  $\text{NH}_4\text{OH}$  (1:1), gota por gota hasta que el color de la solución sea un amarillo distinto, luego añada una gota en exceso. Lleve a ebullición la solución conteniendo el precipitado por 50-60 segundos. Deje sedimentar el precipitado, no mas de 5 min. y filtre. Láve el precipitado 2-4 veces con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (20 gr. por litro) caliente.

(b) Guarde el filtrado y transfiera el precipitado con el papel filtro al vaso en el que se hizo la primera precipitación. Disuelva el precipitado con  $\text{HCl}$  (1:3) caliente, diluya la solución a 100 ml. y reprecipite los hidróxidos como se describe en el párrafo (a).

Filtre la solución y lave el precipitado con 2 porciones de a 10 ml. de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (20 gr. por litro) caliente. Combine el filtrado y líquidos de lavado con el filtrado guardado, y reserve para la determinación de  $\text{CaO}$ .

(c) Coloque el precipitado en un crisol de platino tarado, caliente lentamente hasta que los papeles estén quemados y luego ignite hasta peso constante a  $1.050-1.100^{\circ}\text{C}$ ., con cuidado para prevenir reducción y pese como grupo  $\text{NH}_4\text{OH}$ , que contiene principalmente  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

(g) Cálculo.—Calcule el porcentaje del grupo hidróxido de amonio multiplicando el peso en gramos del grupo  $\text{NH}_4\text{OH}$  por 200.

## OXIDO FERRICO.

### Reactivos.

10. (a) Solución de cloruro estannoso.—Disuelva 5 gr. de  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en 10 ml. de  $\text{HCl}$  y diluya a 100 ml. Aña-



da limallas de estaño libre de hierro y hierva hasta que la solución se aclare. Guarde la solución en un gotero cerrado conteniendo estaño metálico en su interior.

(b) Indicador Difenilamina sulfonato de bario.—Disuelva 0.3 gr. de difenilamina sulfonato de bario en 100 ml. de agua.

(c) Solución standard de bicromato de potasio.—(1 ml. = 0.004 gr.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).—Disuelva 2.457 gr. de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  en agua y diluya a un litro. Estandarice con mineral de hierro Sibley standard usado por la National Bureau of Standards del mismo modo como se hace la determinación de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en el cemento (Sección 11), usando un peso de mineral de hierro que dará una titulación dentro de los 3 ml. de la requerida por la muestra de cemento en cuestión. Calcule el equivalente de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de la solución en gramos por mililitro multiplicando el peso en gramos de hierro en la cantidad de mineral de hierro usado por 1.430 (proporción molecular de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $2\text{Fe}$ ), y divida por el volumen en mililitros de solución de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  requerida.

### Procedimiento.

11. (a) A un gramo de muestra añada 40 ml. de agua fría y mientras la mezcla es agitada vigorosamente, añada 10 ml. de  $\text{HCl}$ . Si es necesario, caliente la solución y aplaste las partículas de cemento con una varilla de vidrio hasta que todo el cemento esté completamente descompuesto. Lleva a ebullición la solución y trátelo con la solución de  $\text{SnCl}_2$ , añadida gota por gota mientras se agita, hasta que la solución se decolore. Añada una gota en exceso y enfríe la solución a temperatura ambiente. Enjuague el interior del vaso con agua y añada de una sola vez 10 ml. de solución saturada y fría de  $\text{HgCl}_2$ . Agite la solución rápidamente por un minuto, y añada 10 ml. de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (1:1), y dos gotas de indicador difenilamina sulfonato de bario. Añada suficiente agua de modo que el volumen después de la titulación sea entre 75-100 ml. Titule con la solución standard de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . El punto final es tomado en el momento en el que una gota causa una coloración púrpura intensa permanente.

(b) Cálculo.—Calcule el porcentaje de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  como sigue:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{ por ciento} = E V \times 100$$

donde:



$E$  = equivalente de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de la solución de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  en gramos por mililitro, y  
 $V$  = mililitros de solución de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  requerida para 1 gr. de muestra usada.

## OXIDO DE ALUMINIO.

### Procedimiento.

12. Cálculo.—Calcule el porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  restando el porcentaje de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  del porcentaje del grupo de hidróxido de amonio. La diferencia es el porcentaje buscado.

## OXIDO DE CALCIO.

### Procedimiento.

13. (a) Los líquidos filtrados obtenidos en las precipitaciones del grupo de hidróxido de amonio (Sección 9), se acidulan con  $\text{HCl}$  y la solución se evapora a unos 100 ml., luego se alcaliniza con  $\text{NH}_4\text{OH}$  hasta cambio de coloración del líquido, lleve la solución a ebullición y añada a ésta 25 ml. de oxalato de amonio (50 gr. por litro) caliente, la ebullición se continúa hasta que el precipitado tome aspecto granuloso. Deje sedimentar el precipitado por unos 20 min., filtre, al precipitado lave moderadamente con oxalato de amonio (1 gr. por litro) Reserve el filtrado y líquidos de lavado para la determinación de  $\text{MgO}$ .

(c) Coloque el precipitado en un crisol de platino tarado, caliente lentamente hasta que los papeles se quemen y luego ignite hasta peso constante a  $1.100-1.200^\circ\text{C}$ . Pese el residuo como  $\text{CaO}$ .

(e) Cálculo.—Calcule el porcentaje de  $\text{CaO}$  multiplicando el peso en gramos de  $\text{CaO}$  por 200.

## OXIDO DE MAGNESIO.

### Reactivos.

14. Solución de lavado de Nitrato de amonio.—Disuelva 100 gr. de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en agua, añada 200 ml. de  $\text{NH}_4\text{OH}$  y diluya a un litro.



## Procedimiento.

15. (a) Los filtrados reservados en la determinación del CaO acidule con HCl y concentre aproximadamente a 150 ml. Añada a esta solución unos 10 ml. de  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (250 gr. por litro) y enfríe, colocando el vaso en un recipiente con agua helada. Después de enfriada añada  $\text{NH}_4\text{OH}$  gota por gota, agitando constantemente hasta que el fosfato-amónico-magnésico comience a formarse, y luego un moderado exceso (5-10% del volumen de la solución), agite la solución por unos minutos. Deje la solución en reposo por lo menos 8 horas en una atmósfera fresca, y luego se filtra.

(b) Redisuelvo el precipitado así obtenido en HCl (1:4) caliente, diluyo la solución a 100 ml., añado 1 ml. de  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (250 gr. por litro), y luego  $\text{NH}_4\text{OH}$  gota por gota, agitando constantemente, hasta que el precipitado se forme nuevamente. El  $\text{NH}_4\text{OH}$  debe estar en moderado exceso. Enfríe, deje en reposo por 2 horas, filtre y lave con 2 porciones de a 10 ml. cada una de solución de lavado. Coloque en un crisol de platino tarado, queme el papel lentamente y luego ignite a 1.100-1.200°C. hasta peso constante, teniendo cuidado de evitar que el pirofosfato se funda.

(d) Cálculo.—Calcule el porcentaje de MgO como sigue:

$$\text{MgO, por ciento} = W \times 72.4$$

donde:

$W$  = gramos de  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , y

72,4 = relación molecular de MgO a  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  (0.362) dividido para el peso de la muestra usada (0,5 gr.) y multiplicado por 100.

## TRIOXIDO DE AZUFRE.

### Procedimiento.

16. (a) A un gramo de muestra añada 25 ml. de agua fría y, mientras la mezcla es agitada rápidamente, añada 5 ml. de HCl. Si es necesario caliente la solución y aplaste las partículas de material con un agitador de vidrio, hasta la completa descomposición de la muestra. Diluya la solución a 50 ml. y digiera por 15 min. al calor. Filtre y lave el residuo con agua caliente. Diluya la solución a 250



ml. y caliente a ebullición. Añada lentamente gota por gota desde una pipeta 10 ml. de solución de  $\text{BaCl}_2$  (100 gr. por litro) caliente y continúe la ebullición lenta hasta que se forme completamente el precipitado. Digiera la solución por 12-24 horas a calor suave. Tenga cuidado de mantener el volumen de la solución entre 225-260 ml. añadiendo agua si es necesario. Filtre el precipitado, lave, coloque el papel filtro y su contenido en un crisol de platino o porcelana tarado, y queme lentamente el papel hasta consumo total sin hacer llama, luego ignite a  $800-900^\circ\text{C}$ ., enfríe en un desecador y pese el  $\text{BaSO}_4$ .

(c) Cálculo.—Calcule el porcentaje de  $\text{SO}_3$  como sigue:

$$\text{SO}_3, \text{ por ciento} = W \ 34.3$$

donde:

$W$  = gramos de  $\text{BaSO}_4$ , y

34.3 = relación molecular de  $\text{SO}_3$  a  $\text{BaSO}_4$  (0.343) multiplicado por 100.

## PERDIDA POR IGNICION.

### Procedimiento.

20. (a) Pese un gramo de muestra en un crisol de platino tarado de 20-25 ml. de capacidad.

(c) Método B.—Coloque el crisol dentro de una mufla eléctrica y a una temperatura de  $900-1.000^\circ\text{C}$ . por 15 min., revise la pérdida de peso por un segundo calentamiento de 5 min.

(d) Cálculo.—Calcule el porcentaje de pérdida por ignición multiplicando la pérdida de peso en gramos por 100.

## CAL LIBRE EN EL CLINQUER.

### Reactivos.

31. (a) Indicador Fenolftaleína.—Disuelva 1 gr. de fenolftaleína en 100 ml. de etanol absoluto, y neutralice la solución con  $\text{NaOH}$  disuelto en etanol absoluto.

(b) Disolvente Glicerina-etanol.—Prepare una solución consistente de una parte por volumen de glicerina y 5 partes por volumen de etanol absoluto. A cada litro de es-



ta solución añada 2 ml. del indicador. El disolvente debe ser ligeramente alcalino al indicador. Si el disolvente es incoloro, añada una solución diluída de NaOH en etanol absoluto hasta que asome un ligero color rojo. Si el color inicial es rojo ligero, trátelo con la solución standard de acetato de amonio (Párrafo c), y añada la solución de NaOH hasta que aparezca un ligero color rojo. Caliente 60 ml. del disolvente a ebullición. Si persiste el color rojo, añada una gota pequeña de la solución standard de acetato de amonio (0.02 ml. equivalente a 0.0001 gr. CaO) al disolvente caliente. Si el color rojo no desaparece, el disolvente contiene mucho álcali el cual debe ser reducido. El disolvente, que se conserva por mucho tiempo, puede ligeramente acidificarse y debe ser revisado y reajustado de tiempo en tiempo.

(c) Solución Standar de Acetato de amonio. (1 ml. = 0.005 gr. CaO). Prepare una solución standard de acetato de amonio en etanol absoluto como sigue: disuelva 16 gr. de acetato de amonio cristalino en un litro de etanol. Estandarice esta solución por titulación con CaO puro, que es previamente preparado calcinando carbonato de calcio puro u oxalato de calcio en un crisol de platino a 900-1.000°C. a peso constante. Cuando el CaO ha enfriado, en un desecador, haga las siguientes operaciones en sucesión rápida: muéla en un mortero de ágata, pese 0.05-0.06 gr. y coloque dentro de un erlenmeyer seco de 200-250 ml., añada 60 ml. del disolvente glicerina-etanol al recipiente. Disperse el CaO en la solución agitando el recipiente y conecte un condensador de reflujo. Haga hervir la mezcla. La ebullición no debe ser muy violenta para no causar saltos ni excesiva evaporación. Luego retire el condensador e inmediatamente en caliente, titule la solución con la solución standard de acetato de amonio. Coloque de nuevo el condensador y haga hervir la solución otra vez. Repita las titulaciones en intervalos. Agite el erlenmeyer frecuentemente entre las titulaciones, para acortar el tiempo requerido de ebullición. La titulación es completa cuando no aparece ningún color en la solución durante la ebullición por una hora. Calcule el equivalente de CaO de la solución de acetato de amonio en gramos por mililitro dividiendo el peso de CaO usado para el volumen de solución requerida.

### Procedimiento.

32. (a) Pese un gramo de clínquer finamente moli-



do o cemento, coloque dentro de un erlenmeyer, añada 60 ml. del disolvente y proceda como en la estandarización de la solución de acetato de amonio (sección 31 c). El punto final es considerado como tal cuando el contenido de cal libre en la muestra no aumenta más de 0.05 por ciento durante las 2 últimas horas de ebullición.

(b) Cálculo.—Calcule el porcentaje de cal libre como sigue:

$$\text{CaO libre, por ciento} = E V \times 100$$

donde:

E = equivalente de CaO de la solución de acetato de amonio en gramos por mililitro, y

V = mililitros de solución de acetato de amonio requerida por la muestra.

## DESCOMPOSICION DE LA MUESTRA DE ARCILLA (2).

### Procedimiento.

Pese 0.5 gr. de muestra (se toma esta cantidad porque el precipitado de alúmina es voluminoso, y cantidades mayores de precipitado hacen menos fácil el manejo y pueden ocurrir pérdidas). Esta cantidad de muestra se mezcla lo más perfecto posible con aproximadamente 4 gr. de carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , en un crisol de platino tarado. Esta mezcla se lleva a la fusión, para descomponer a la arcilla. La fusión se saca y se enfría cuando tiene aspecto translúcido. La fusión fría se digiere en HCl diluido y agua destilada. Esta solución se transfiere a una cápsula de porcelana y se evapora hasta sequedad, luego se deja al calor del reverbero por media hora. Luego se continúa con las determinaciones químicas.



## REPORTE DE ANALISIS QUIMICO

## Arcilla blanca de Zhuña-Abuga

Muestra N° 1

Muestra cruda

	1° análisis	2° análisis
SiO <sub>2</sub>	39.69	39.52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38.52	38.58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29	0.29
CaO	0.92	0.95
MgO	0.13	0.14
Perd. por ignición	19.78	19.70
SiO <sub>2</sub>		
—	1.02	
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		



Muestra calcinada

SiO <sub>2</sub>	49.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37
CaO	1.12
MgO	0.16



Arcilla blanca de Zhuña-Abuga

Muestra N° 2

Muestra cruda

	1º análisis	2º análisis
SiO <sub>2</sub>	66.84	66.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.02	24.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.04
CaO	0.12	0.10
MgO	0.31	0.31
Pérd. por ignición	7.80	7.72
SiO <sub>2</sub>		
— =	2.77	
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		

Muestra calcinada

SiO <sub>2</sub>	72.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04
CaO	0.13
MgO	0.33



Tiza blanca de Guapán

Muestra cruda

	1º análisis	2º análisis
MCO <sub>3</sub>	92.34	
SiO <sub>2</sub>	2.75	2.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21	0.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.07
CaO	48.10	48.21
MgO	4.04	4.00
Pérd. por ignición	43.50	43.54
SiO <sub>2</sub>		
— =	9.16	
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		



## Muestra calcinada

SiO <sub>2</sub>	4.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14
CaO	85.73
MgO	7.08

## Travertina blanca de Mangán

## Muestra cruda

	1º análisis	2º análisis
MCO <sub>3</sub>	99.02	
SiO <sub>2</sub>	0.34	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	0.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37	0.42
CaO	51.54	51.35
MgO	3.64	3.78
Pérd. por Ignición	43.16	43.10
SiO <sub>2</sub>		
—	=	0.52
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		



ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

## Muestra calcinada

SiO <sub>2</sub>	0.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63
CaO	90.17
MgO	6.41

## Referencias.

1. J.C. Witt, Portland Cement Technology, 1947.
2. Wilfred W. Scott, Standard Methods of Chemical Analysis. Fifth edition, 1939.



**D) Ensayos de clinquerización de estas materias primas.**

El relacionar cuantitativamente dos o más materiales crudos sobre la base de sus composiciones químicas es una de las características o principios básicos en la fabricación del cemento. Se debe proporcionar estos materiales para que los elementos esenciales estén presentes dentro de límites deseados. El proporcionamiento incluye el aumento del uno o del otro elemento para mantener el contenido de óxido de calcio dentro de los requerimientos de especificación (1).

La mezcla cruda debe estar física y químicamente homogénea.

Los ensayos de clinquerización siguientes se hicieron en un horno eléctrico y usando crisoles de platino.

MEZCLA CRUDA N° 1, compuesta de:

82% de Tiza Guapán, y  
18% de Arcilla (muestra N° 1).

**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	9.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
CaO	39.60
MgO	3.40
Pérd. por ignición	39.26

Temperatura de clinquerización

1.300°C.

Tiempo de clinquerización

35 min.

Color del clínquer

café oliva.

MEZCLA CRUDA N° 2, compuesta de:

82% de Tiza Guapán, y

18% de Arcilla (compuesta de 50% de arcilla muestra N° 1 y 50% de arcilla muestra N° 2).



**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	11.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10
CaO	39.53
MgO	3.34
Pérd. por ignición	38.18

Temperatura de clinquerización

1.300°C.

Tiempo de clinquerización

45 min.

Color del clínquer

café claro

MEZCLA CRUDA N° 3, compuesta de:

80% de Travertina Mangán, y

20% de Arcilla (compuesta de 50% arcilla muestra N° 1 y 50% arcilla muestra N° 2).

**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	10.92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.33
CaO	41.33
MgO	2.95
Pérd. por Ignición	37.27

Temperatura de clinquerización

1.350°C.

Tiempo de clinquerización

30 min.

Color del clínquer

café grisáceo

MEZCLA CRUDA N° 4, compuesta de:

84% de Tiza Guapán y

16% de Arcilla (muestra N° 2).



**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	13.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.08
CaO	40.42
MgO	3.45
Pérd. por Ignición	37.85

Temperatura de clinquerización	1.340°C.
Tiempo de clinquerización	40 min.
Color del clínquer	pardo claro

MEZCLA CRUDA N° 5, compuesta de:  
79.5% de Travertina Mangán y  
20.5% de Arcilla (muestra N° 2).

**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	13.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.32
CaO	41.02
MgO	2.96
Pérd. por ignición	35.82

Temperatura de clinquerización	1.355°C.
Tiempo de clinquerización	30 min.
Color del clínquer	café grisáceo

MEZCLA CRUDA N° 6, compuesta de:  
82% de Mezcla de 50% de Tiza Guapán y 50% de  
Travertina Mangán, y 18% de Arcilla (muestra  
N° 2).



**Análisis de la mezcla cruda:**

SiO <sub>2</sub>	13.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19
CaO	40.82
MgO	3.20
Pérd. por ignición	36.90

Temperatura de clinquerización	1.350°C.
Tiempo de clinquerización	40 min.
Color del clínquer	café claro

**Referencias.**

1. J. C. Witt, Portland Cement Technology 1947.
2. Análisis American Society for Testing materials 1950.

**E) Clinquerización con cantidades correspondientes de los carbones de Biblián.**

Aparato. Por no disponer de un horno especial de laboratorio para esta clase de ensayos, nos valimos de un horno miniatura similar al horno de fabricar cal.

El carbón usado en éstos ensayos proviene de la mina "Fortuna".

**Ensayo N° 1.**

MEZCLA CRUDA N° 7, compuesta de:

79.5% de Travertina Mangán y  
20.5% de Arcilla (muestra N° 2).

Carbón desecado 30%.

Clinquer de aspecto terroso, de color negruzco; para completar la conglutinación o reblandecimiento sometí a la acción del calor del horno eléctrico, en una cápsula de platino, a 1.355°C.

Clinquer color café verdoso.



**Ensayo N° 2.**

MEZCLA CRUDA N° 8, compuesta de:

82% de Mezcla de: 50% de Tiza Guapán y 50% de Travertina Mangán, y 18% de Arcilla (muestra N° 2).

Carbón desecado 35%.

Clinker de aspecto terroso, color negruzco. Para completar la conglutinación o reblandecimiento sometí a la acción del calor del horno eléctrico, en una cápsula de platino, a  $1.350^{\circ}\text{C}$ .

Color del clinker café verdoso.

**F) Análisis Químico de los cementos obtenidos.**

A las determinaciones anteriores debemos añadir las determinaciones de Cal libre y Trióxido de azufre.

**CLINKER N° 1**

Análisis:



$\text{SiO}_2$	15.45
$\text{Al}_2\text{O}_3$	11.70
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.19
$\text{CaO}$	65.40
$\text{MgO}$	5.61
$\text{SO}_3$	...
CaO libre	2.7

Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 1.3$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.4$$

Composición (Obtenida por cálculo).

$\text{C}_3\text{S}$ (Silicato tricálcico)	69.0
$\text{C}_2\text{S}$ (Silicato dicálcico)	
$\text{C}_3\text{A}$ (Aluminato tricálcico)	30.0
$\text{C}_4\text{AF}$ (Aluminiferritotetracálcico)	0.5



## CLINQUER N° 2

Análisis:

SiO <sub>2</sub>	19.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16
CaO	64.00
MgO	5.40
SO <sub>3</sub>	...
CaO libre	2.2

Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.2$$

Composición:

C <sub>3</sub> S	51.8
C <sub>2</sub> S	15.8
C <sub>3</sub> A	24.6
C <sub>4</sub> AF	0.4

ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

## CLINQUER N° 3

Análisis:

SiO <sub>2</sub>	17.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.52
CaO	65.90
MgO	4.70
SO <sub>3</sub>	...
CaO libre	2.0

Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 1.6$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.3$$



## Composición:


$C_3S$	66.0
$C_2S$	0.2
$C_3A$	26.4
$C_4AF$	1.5

## CLINQUER N° 4

## Análisis:

$SiO_2$	20.90
$Al_2O_3$	6.45
$Fe_2O_3$	0.13
$CaO$	65.10
$MgO$	5.50
$SO_3$	...
CaO libre	1.9

## Proporción:

$SiO_2$		3.17
$R_2O_3$		
$CaO$		
$SiO_2$ — $R_2O_3$	2.3	

## Composición:

$C_3S$	62.6
$C_2S$	12.8
$C_3A$	16.9
$C_4AF$	0.4

## CLINQUER N° 5

## Análisis:

$SiO_2$	21.78
$Al_2O_3$	7.98
$Fe_2O_3$	0.50
$CaO$	64.00
$MgO$	4.61
$So_3$	...
CaO libre	1.3



Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2.6$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.1$$

Composición:

$\text{C}_3\text{S}$	40.6
$\text{C}_2\text{S}$	31.9
$\text{C}_3\text{A}$	20.3
$\text{C}_4\text{AF}$	1.5

## CLINQUER N° 6

Análisis:

$\text{SiO}_2$	21.00
$\text{Al}_2\text{O}_3$	7.15
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.30
$\text{CaO}$	64.80
$\text{MgO}$	5.06
$\text{SO}_3$	...
$\text{CaO libre}$	1.6



Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2.8$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.3$$

Composición:

$\text{C}_3\text{S}$	55.7
$\text{C}_2\text{S}$	18.3
$\text{C}_3\text{A}$	18.4
$\text{C}_4\text{AF}$	0.9

(NOTA:) Determinación de  $\text{SO}_3$ , en la mezcla de todos los seis clínques anteriores con 3% de yeso,

$\text{SO}_3$	2.75
---------------	------



CLINQUER N° 7

Análisis:

SiO <sub>2</sub>	22.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.78
CaO	63.41
MgO	4.62
SO <sub>3</sub>	0.30
CaO libre	1.8

Proporción:

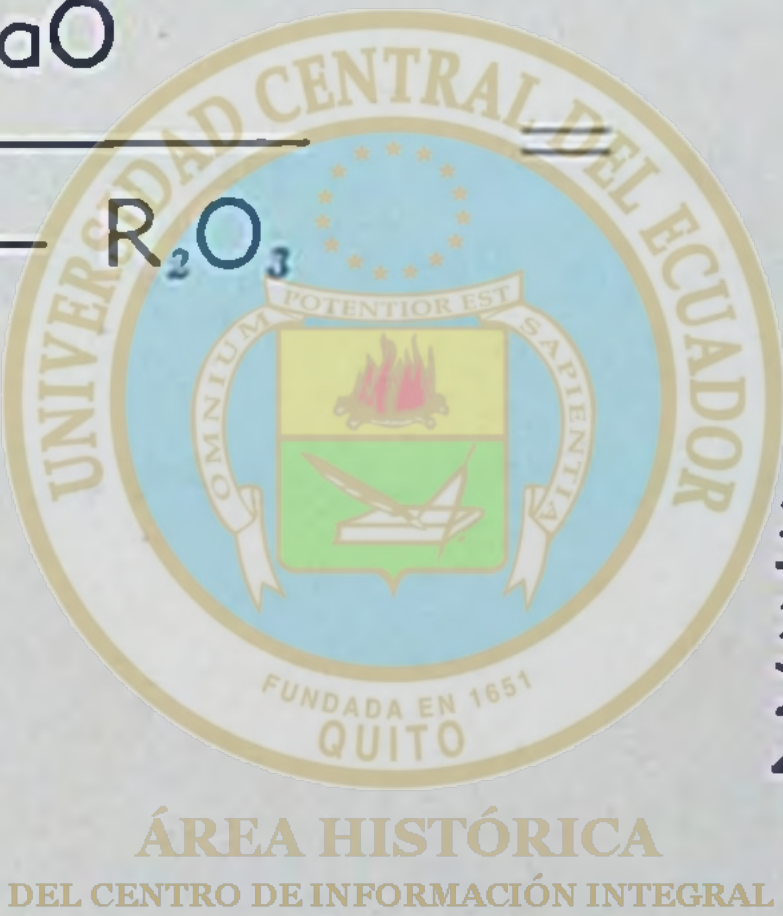
$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2.46$$

CaO

$$\frac{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3}{\text{CaO}} = 2.03$$

Composición:

C <sub>3</sub> S	33.9
C <sub>2</sub> S	38.0
C <sub>3</sub> A	20.3
C <sub>4</sub> AF	2.4



CLINQUER N° 8

Análisis:

SiO <sub>2</sub>	21.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85
CaO	64.20
MgO	5.00
SO <sub>3</sub>	0.35
CaO libre	1.8

Proporción:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2.6$$

CaO

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3} = 2.1$$



## Composición:

$C_3S$	45.4
$C_2S$	27.8
$C_3A$	18.4
$C_4AF$	2.5

(NOTA:) Determinación de  $SO_3$ , en la mezcla de los clínqueres N° 7-8 con 2.7% de yeso,

$SO_3$	3.1
--------	-----

## Referencias.

1. Análisis. American Society for Testing Materials 1950.
2. Composición. Robert H. Bogue, The Chemistry of Portland Cement. 1950.

**G) Ensayos físicos de estos cementos, color, tiempo de fragua, resistencia a la Presión y tracción, etc.**

Se hicieron los siguientes ensayos de requerimientos físicos.

**Color de los cementos:** ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Cemento	N° 1	color	blanco.
	N° 2		blanco, con tinte amarillento.
	N° 3		blanco.
	N° 4		blanco, con tinte cremoso.
	N° 5		blanco, con tinte rosado pálido.
	N° 6		blanco.
	N° 7		blanco, con ligero tinte café claro
	N° 8		blanco.

Los ensayos a continuación se hicieron con la mezcla de todos los cementos obtenidos, dada la pequeña cantidad obtenida de los mismos.

Finura, residuo sobre tamiz N° 200 (74 micrones) 5%  
 Superficie específica, centímetros cuadrados por gramo 1.540  
 Consistencia, expansión por ebullición (5 horas) 5 mm.  
 (Pat test), Plato, después de 5h. de ebullición Satisfactorio.



Tiempo de fragua,	comienza	2 h. 20 min.
Ensayo de Gillmore:	termina	4 h. 50 min.

Resistencia a la tracción:

Promedio de resistencia a la tracción de 3 briquetas, compuestas de: 1 parte de cemento y 3 partes de arena standard gruesa, por peso. 1 día en aire húmedo y 2 días en agua, . . . . . 261

Resistencia a la compresión:

De un cubo compuesto de: 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena fina standard, por peso. 1 día en aire húmedo y 2 días en agua, . . . 1.650

Cantidad de agua empleada en los morteros . . . . . 32%

### Referencias.

1. American Society for Testing Materials, 1950.
2. Robert H. Bogue, The Chemistry of Portland Cement, 1950.

### H) Resumen sobre las posibilidades técnicas y económicas de la industria de cemento blanco en el Ecuador.

Teniendo en cuenta que los elementos que intervienen en la producción económica son tres, naturaleza, trabajo y capital, considero del caso hacer un estudio superficial de cada uno de éstos elementos que intervienen en la producción industrial del cemento blanco.

**MATERIAS PRIMAS.**—Por los análisis químicos, que anteceden, se ha comprobado la calidad apropiada de las materias primas, para la fabricación del cemento blanco de calidad satisfactoria.

Los depósitos de travertina y calizas de Mangán, de Guapán, el depósito de arcilla de Abuga, guardan cantidades suficientes de mineral que permiten la instalación de una planta de cemento blanco y gris, de producción moderada y alternada. Las cantidades existentes de estas mate-



rias primas aseguran el funcionamiento de la planta por muchísimos años.

Los trabajos de explotación de la cantera, especialmente en Guapán serían fáciles, ya por la delgada capa de tierra que cubre a la manta de caliza, ya por la topografía misma del depósito. Lo mismo se puede decir del depósito de Abuga.

Los carbones de Biblián ofrecen el combustible más económico para hacer cemento, en ésta región de la Sierra.

Yeso, encontramos en depósitos abundantes y de buena calidad por toda la región, entre Azogues y Cuenca (1).

Agua, en cantidad suficiente tenemos en el río Tabacay, y éste corre por un lado de la cantera de Guapán.

El problema de la manufactura sería la combinación de materiales crudos a la disposición más ventajosa, desde el punto de vista económico, y más exitosa desde el punto de vista de calidad, para producir cemento blanco.

**MAQUINARIA.**—La maquinaria para una futura industria de cemento blanco y gris, de producción moderada, en la región de Azogues, debe ser calculada adecuadamente a las exigencias de calidad de las materias primas y combustible: al factor de molienda de la caliza y lignito, a la salida diaria, etc., y a los diseños más modernos de maquinaria, para asegurar buen funcionamiento de la fábrica, al objeto de una probable alternabilidad de productos.

Los carbones de Biblián usados como combustible, por sus cenizas (1), que demuestran un alto contenido de azufre, exigiría un horno rotativo con ciertas modificaciones en la construcción del mismo. La llama del horno debe ser oxidante ya que la reductora forma sulfuros. El carbón debe ser finamente pulverizado y desecado, por lo tanto un molino desecador de carbón para moler lignito se incluiría en la maquinaria.

**FUERZA.**—La fuerza motora para la maquinaria de la fábrica se obtendría de una planta hidro-eléctrica potente. Esta planta sería fácil instalar aprovechando las buenas cantidades de agua y con caída suficiente que tenemos en los ríos de la región. En un futuro plan de electrificación del País se debe incluir una potente planta hidroeléctrica de aproximadamente 5.000 K. W., en esta región.



SITIO.—El lugar donde se localizaría la fábrica depende de una combinación concebible de circunstancias. El sitio sería donde ofrece las mejores ventajas técnicas y económicas. Los alrededores inmediatos de la cantera de Guapán ofrecen lugares apropiados para la instalación de la planta de cemento, es decir a unos 2 Km. al Norte de Azogues.

TRANSPORTE.—La localización de la fábrica y el transporte de las materias primas y productos elaborados son interdependientes en un considerable campo económico.

La ubicación de los depósitos de los materiales crudos y combustible, y la localización de la fábrica requerirán gastos mínimos por transporte, ya que en el mismo sitio de la fábrica, en Guapán, tenemos la cantera de caliza, la travertina de Mangán habría que transportarlo desde unos 14 Km. por camiones de la mina a la fábrica, el caolín Abuga de unos 7 Km. y el lignito de unos 10 Km. Como vemos el transporte de materiales crudos no presenta mayores problemas ya que las distancias son cortas.

La distribución del cemento blanco y gris del centro de producción a los centros de consumo industrial y comercial del País se haría por los medios viables existentes, y el costo de fletes de transporte podrá soportarse en vista del bajo precio del cemento. Los fletes estarían en relación directa a las distancias. Las distancias que separan a Azogues de los principales centros de consumo dentro del País son:

de Azogues a Riobamba	240 Km.
Azogues      Ambato	310 Km.
Azogues      Quito	440 Km.
Azogues      Durán-Gquil.	250 Km.
Azogues      Cuenca	30 Km.

Los fletes de transporte marítimo, para una posible exportación de Cemento Blanco a otros países, sería objeto de un estudio de los mismos.

MANO DE OBRA.—En la región Interandina y en especial en esta zona sur hay abundante mano de obra lo que permite disponer continuamente de fuerza de trabajo. Necesariamente esta fuerza de trabajo en estado potencial in-



tervendría activamente en la producción trayendo como consecuencia por un lado la solución de un problema social y por otro el incremento de la riqueza nacional. Por lo tanto, la mano de obra y las condiciones de trabajo en esta región del País reúnen posibilidades económicas favorables, por el estado de desarrollo industrial embrionario de la región, lo que contribuiría a la producción de cemento a un bajo costo de elaboración.

MERCADO Y CONSUMO.—Fuera de la producción del cemento gris, también la producción de cemento blanco, de excelente calidad, de una futura planta, encontrará mercado dentro y fuera del País. Fuera del País, porque no se conoce que en la costa del Pacífico de Sud América haya una planta de cemento blanco, de modo que podría proveerse esta región con fletes marítimos bajos. Dentro del País, porque incrementaría el desarrollo de las industrias derivadas del cemento blanco existentes y sus aplicaciones se extenderían muchísimo, aumentando por consiguiente el consumo de cemento blanco. El consumo del cemento blanco aumentará consecuentemente al precio bajo de venta del mismo.

Como todo el cemento blanco que se consume en el País se importa de Europa y Estados Unidos de Norte América, y con la instalación de una planta de cemento blanco evitaríamos la salida de divisas al exterior, y al contrario introduciríamos divisas. Esto permitiría que nuestra balanza comercial incrementase su activo, que beneficiaría al País.

Los siguientes datos nos demuestran la cantidad de divisas que salen del País por concepto de importación de cemento blanco. Datos obtenidos del Boletín Comercio Exterior Ecuatoriano, que publica el Banco Central.

Reembolsos y pagos por créditos confirmados de cemento blanco.

Año 1948	Enero – Diciembre	\$ 13.553	\$ 205.327,95
1949	Enero – Diciembre	\$ 26.135	\$ 395.945,25
1950	Enero – Diciembre	\$ 11.561	\$ 175.149,15
1951	Enero – Diciembre	\$ 26.616	\$ 403.232,40
1952	Enero – Noviembre	\$ 36.397	\$ 551.414,55

(\$1 a \$15,15).

Tomando en cuenta que el costo de producción del ce-



mento blanco será sólo poco más alto del cemento gris, el precio de venta del cemento blanco está cotizado a 4 veces más que el precio de venta del cemento gris.

### Referencias.

1. J. G. Larsen, Ing. (F. L. Smidth & Co.)

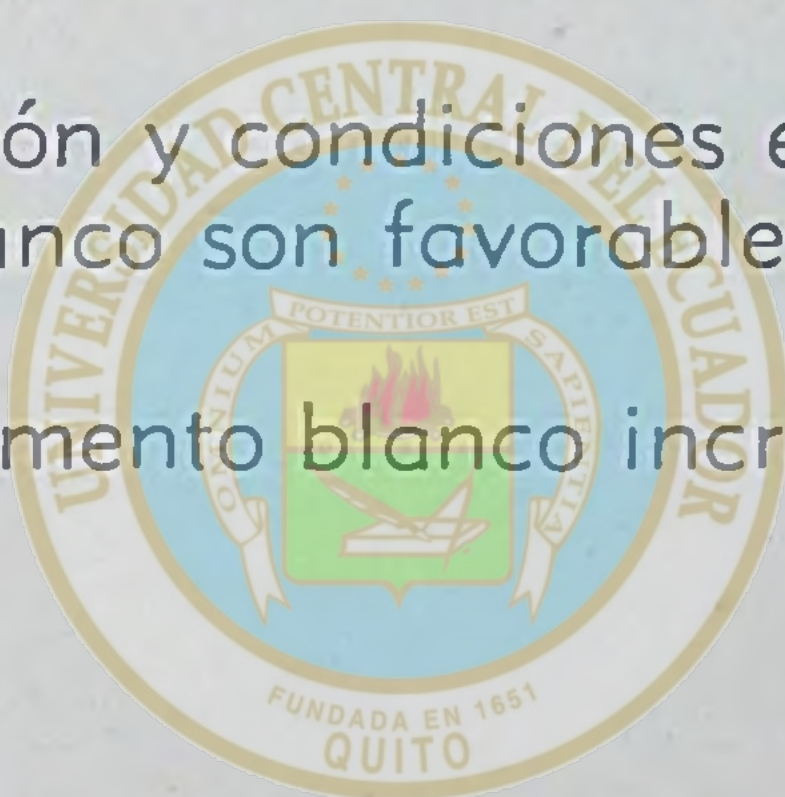
### CONCLUSIONES:

La industria del cemento blanco en el Ecuador a base de las materias primas de la región de Azogues es posible.

La fabricación de cemento blanco se basará sobre la existencia de materias primas de excelente calidad y en cantidades suficientes, en las vecindades de la planta.

El costo de producción y condiciones económicas de la industria del cemento blanco son favorables.

La producción de cemento blanco incrementará la economía nacional.



ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL