él, postrarse en costumbres banales, o lo que es peor todavia abandonarse por causas a veces pueriles a esa enfermedad invisible i silenciosa del desaliento, que lentamente pone su accion sobre su voluntad, sobre su enerjia física, sobre su cerebro para lanzarlo, enseguida, en la corriente banal de la vida de empleado.

La lei del trabajo lo preservará de estas miserias, lo mantendrá en una actividad sana para el cuerpo i para el espíritu, le hará la vida fácil en sus materialidades i soberbio en sus satisfacciones morales, i si, por acaso, en sus luchas por el progreso el luchador recibe el golpe de la fatalidad, no llevará sinó una honorable cicatriz de la cual se le tendrá cuenta como se le tiene al soldado por la herida recibida en el campo de batalla.

La idea del trabajo es tan grande que despues de esta todas las demas desaparecen. Termino pues, i dejo al hombre que tan elocuentemente ha hablado, a Franklin, el honor de decir las últimas palabras.

Si alguna vez alguien quiere persuadiros de que se puede llegar a la consideracion, a la fortuna, a las altas posiciones sociales, a las alegrias íntimas que constituyen la felicidad, de otro modo que por el trabajo, matadlo, es un envenador!

ENRIQUE LABATUT

Santiago, Octubre de 1895

La fabricacion de Cales i Cementos en Chile

En mi conferencia dada en Setiembre de 1893 i publicada en los ANALES DEL INSTTIUTO DE INJENIEROS en el tomo V, mes de Diciembre del mismo año, tratando este tema decia que 100,000 barriles de cemento se importaban a nuestras playas i agregaba

que esa industria habia golpeado a nuestro traspuertas preguntándome a la vez ¿la recibiremos?

No lo sabia.

Hoi por hoi puedo contestar que sí. Prometía a la vez seguir en el estudio de cales de nuestro pais para poder llegar en definitiva a una conclucion final de saber cuales eran cales hidráulicas, cuales grasas, distinguiendo entre ellas el órden correlativo de sus cualidades.

Desgraciadamente lo poco que habia hecho lo perdí en el incendio del Congreso i no deseo dar datos a esta noble institucion basados solo en el recuerdo de ellos, que no son naturalmente iguales a cifras numéricas fijas i determinadas por la misma esperiencia. Pido por esto escusa a mis consocios por no poder cumplir con lo prometido ahora dos años. Sin embargo, volveré nuevamente a la tarea.

I

Fabricacion de cales.

Debo en todo caso, referirme siempre a lo espuesto en mi conferencia sobre esta materia, insistiendo nuevamente en que la cal en piedra, *viva*, como se le denomina, adolece de muchos defectos i que si ella es buena en piedra, lo es mucho mejor apagada i cernida i mas ventajosa para el consumidor.

«Es bajo este punto de vista de la hidratacion parcial, (dice « Bonamí) la cernidura i la molienda, que pueden ser considera- « dos como un inmenso progreso realizado en el arte de fabri- « car cales hidráulicas; pues basándose en la antigua clasifica- « cion establecida i operando sobre pastas de cal en piedra (cal « viva) se puede decir con relacion de la traba con el índice « (proporcion de arcilla o cal) *que el nuevo procedimiento ha « permitido, en el caso de una fabricacion bien conducida, elevar*

« *de un rango i aun de dos, a un producto dado, aumentando aun* « *mas la resistencia final.*»

La palabra autorizada de Bonami basta para que cualesquiera se pronuncie a favor de lo espuesto i sino fuese esta suficiente, queda la esperiencia que confirma en todas sus partes lo aseverado.

En Chile la fabricacion de cales se hace observando el sistema de muchos siglos pasados, gracias a sus buenas materias primas, pero lo que es la fabricacion natural i lójica i que en todo Europa se observa, se encuentra todavia en embrion.

¿Cuál es su causa? Mui facil es decirlo. No se quiere invertir capitales en elavorar un producto mucho mejor, con los mismos elementos i materias primas, por encontrarse satisfechos con los que tienen i sin embargo no se fijan que Europa misma con materias primas mas mediocres que las nuestras, nos envia cargamentos de *cales hidráulicas* i fíjense bien, cales son las que se importan, pudiéndolas tener nosotros mejores que las importadas i a mas bajo precio.

En la construccion del Dique de Talcahuano se ha empleado cal del *Theil* (Marsella), en cantidad que no baja de 2016 toneladas, habiendo quedado un resto de 1516 toneladas sin uso, por estar averiada.

Ayer mismo hemos visto en la Esposicion de Minería espuesta cal hidráulica de *Tournay* que no desmerece a la de Theil, a un precio compatible con nuestras *cales en piedra* i que debido a los derechos de internacion de estos productos, las dejan con un valor un poco superior a las nuestras, con la diferencia que ellas son tambien superiores en calidad, gracias a su fabricacion. ¿I aquí en Chile, señores, nos contentamos con ver introducido este elemento que lo tenemos en casa i los productores de cales se contentan solo con quemar su *calsita en piedra?*

Llamo la atencion a este respecto a los productores de cal,

desde el norte al sur de la República, sin que pierdan de vista las palabras de Bonamí que he estampado anteriormente.

Ellos pueden tener la seguridad que harán no solo un bien al pais, sino que se lo harán a su propio bolsillo.

II

Cales límites.

De las cales hidráulicas deberiamos pasar a los cementos, pues unos con otros se dan la mano, pero como entre ellos hai cualidades tan notables que las diferencian, tenemos que citar un producto intermediario que no es ni cal ni cemento.

Este producto es el que *Vicat* clasificó como *Cal límite*.

La cal límite es un producto que a primera vista se comporta como cemento, pero que al cabo de 24 horas o mas, se rasga i desagrega hasta quedar algunas veces reducida a polvo.

Vicat en 1828 arribó a estas conclusiones: «*Estas cales límites son de un empleo perjudicial i deben ser prescritas en toda obra pública.*»

Ahora bien, una cal límite se produce jeneralmente cuando está en mala proporcion la arcilla con la cal o bien, con mala coccion, pudiendo elevar esta cal límite a un buen cemento *siempre que su fabricacion sea bien conducida.*

III

Cementos.

En mi conferencia pasada hablaba de los procedimientos usados para la fabricacion del cemento i ellos eran: por via húmeda (procedimiento Vicat) i por via seca.

En Chile, vistas las materias primas que se nos presentan, podemos aceptar hoi por hoi el 2.º procedimiento en combina-

cion con el 1.º: este es un procedimiento misto del natural i el artificial, o bien traducido al lenguaje vulgar del Romano al Portland.

El procedimiento Vicat por via húmeda, consiste en mezclas artificiales de arcilla con carbonato de cal en proporciones químicas determinadas de antemano, con condiciones precisas de lexivacion de la arcilla por medio del agua, para obtener una arcilla pura de elementos estraños, sean potasa i sosa soluble en el agua, o arenas que no son arrastradas por la lexivacion, quedando separada la arcilla ténua por densidad.

Solo esta operacion de lavar la arcilla para quitarle sus impurezas conduce a establecimientos i operaciones costosas.

La fabricacion natural, consiste en quemar las piedras que salen de la cantera tal como están, sometiéndolas despues a una molienda bastante fina.

Este es el cimiento denominado Romano, primer paso dado en esta Industria, de los cuales tomaron nombre los de Schepystam de Inglaterra i Gahtes de Boulogne de Francia, conduciendo los primeros como lastre de buques a Alemania para ser quemados ahí como cemento.

Ese cemento natural hoi casi no existe i solo ha quedado para la historia. La Naturaleza siendo tan sábia, indicó este camino para que el hombre tuviera conocimiento de esos hechos estudiando su composicion, poniendo al mismo tiempo en sus manos las distintas capas de arcilla i cal, protejiendo a esta lengua de tierra del Pacífico con esas sustancias casi combinadas para producir un buen cemento, dejándonos solo un pequeño esfuerzo:

Determinar sus condiciones i proceder a su ejecucion.

Por mas sábia que sea la Naturaleza, debe dejarnos algun trabajo, el cual no debemos despreciar.

En Chile encontramos capas arcillosas al lado de capas calcáreas i ninguna de ellas constituye por sí un cemento. Mezcla-

das ámbas en proporciones convenientes nos producen un buen cemento Portland.

Este es el sistema que he adoptado para producir cementos, un sistema misto de natural i artificial del cual voi a ocuparme.

Hasta la fecha, de todas las piedras calcáreas arcillosas que he podido examinar no he encontrado una que pueda prestarse a la fabricacion natural del cemento, por las razones siguientes:

1.° La cantidad de arcilla o cal no se encuentra en buenas proporciones para dar un cemento.

2.° En caso que así lo fuera o se acercara a la proporcion racional, se encuentra la cal en manchas o pecas i la arcilla a un lado, pero no se encuentran íntimamente ligadas; de gran tamaño para que una vez quemadas entren en combinacion los dos elementos escenciales de un cemento, para producir así ese doble silicato de alúmina i cal que es eminentemente hidráulico.

Esta combinacion es un principio de escorificacion, una especie de agarradura o encierro de la arcilla. Los alemanes tienen una palabra característica para espresar esta combinacion i que lleva envuelta en sí las propiedades de ella. Llaman esto *Arufschliessung des Thones.*

Es tan notable esta combinacion de cal con arcilla, que aunque se encuentren estos dos productos en buena proporcion si no han sido bien quemados, no producen cementos, lo que se manifiesta a primera vista por su color.

Puede decirse a *prima facie*, ayudado de la química, cual es cal i cual no es cemento. Basta para esto disolver un poco de esta sustancia en ácido clorhídico para decir, si se disuelve es cemento i si no, es cal. En el cemento la sílica se encuentra al estado soluble (jelatinosa), en la cal nó.

La pérdida por calcinacion tambien diferencia el *cemento* de la *cal.*

Entramos ahora a dar algunas condiciones de un buen cemento i estas son:

1.° *Composicion química*	Máximum	Mínimum
Arcilla.....	40.37	.... 26.15
Cal.....	65.59	.... 58.22
2.° *Peso específico*.....	3.144	.... 3.011
3.° *Resistencia a la traccion*		
De 25 meustras comerciales en 8 dias	21.8	12.7–15.1—16.1

Termino medio entre todas, escluyendo las dos muestras de 12.7 i 15.1; 18 kgs. por centímetro cuadrado (1 dia al aire i 8 dias en agua).

Los cementos marca White Brothers i North han dado respectivamente 18 kgs. i 22 kgs. por centímetro cuadrado.

4.° *Pérdida por calcinacion*

Mínimum	Maximum
0.79–1.06	3.37

Espresando en pocas palabras lo que es un cemento creo de mi deber entrar aquí en las mezclas que es preciso hacer con las materias primas de nuestro pais.

Segun Michaelis i Erdmanger debe haber por 1 parte al peso de F^2O^3 i A^2O^3 2.4 partes de SiO^3 i 6 de CaO.

Tomando la SiO^3, A^2O^3 i Fi^2O^3 combinados, es decir como Arcilla, i la CaO por separado, la proporcion debe ser de 1:1.8 (Erdmanger da de 1:1.9).

Ahora bien, si se considera la CaO a su estado primitivo de $CaOCO^2$(piedra caliza), se obtendria por una partede SiO^3,

A^2O^3 i Fi^2O^3(Arcilla) 3.2 a 3.3 partes de Ca O CO^2 o sea en 3 partes de arcilla, 10 de $CaOCO^2$. Si las calizas son arcillosos o la arcilla caliza, la mezcla debe estar basada siempre en estos principios.

Para reducir mas la cuestion i hacerla mas práctica debemos, conocida la naturaleza de la piedra, concretarnos a determinar el factor hidráulico: la arcilla.

Este es el principio en que me he basado para fabricar un buen cemento.

Determinada la arcilla o sea el factor hidráulico de una caliza o una arcilla, procedamos a su fabricacion.

Así, por ejemplo, tenemos en el *Cemento «North»* como composicion de las materias primas en su parte principal.

1.° Piedra caliza.

Cal	54.277
Arcilla	1.997

2.° Piedra arcillosa o arcilla.

Arcilla	90.078
Cal	0.383

Segun Michaelis, la proporcion de arcilla a cal debe ser de 1 a 1.8 o bien tomando la arcilla sola debe ser de 23%, *factor hidráulico.*

Planteando la ecuacion para estas dos sustancias que mezcladas deben darnos 23% de arcilla obtenemos:

$$23x + 23y = 2x + 90y$$

de donde:

$$21x = 67y$$

siendo X = 100 tenemos que

$$y = \frac{2100}{67} = 31$$

Esto quiere decir que por 100 partes de piedra caliza debemos agregar 31 de piedra arcillosa o arcilla para que esta mezcla nos dé 23% de arcilla.

Veámos ahora, formando la mezcla en la proporcion indicada que cantidad de cal nos dá:

100 partes de cal contienen =	54.277
31 » arcilla »	
(100: 0.383::31 : x) =	0.118
131 partes de mezcla =	54.395
100 » » =	41.5

La mezcla que hemos formado con estas materias primas contiene por consiguiente:

23% de arcilla i
41.5% de cal.

Las dos sustancias se encuentran en proporcion, entra 1 a 1.8 i 1 a 1.9 conforme a lo espuesto por Michaelis i Erdmanger. Creo inútil agregar aquí que el Cemento North es uno de los mejores que se fabrican en Europa.

Tenemos ahora materias primas de Chile mui distintas a las de que hemos tratado como ser, por ejemplo, las de la Calera que tienen la siguiente composicion:

1.º *Piedra caliza.*

Cal	43.69
Arcilla	19.62

2.º *Piedra arcillosa.*

Arcilla.....	30.75
Cal.....	37.18

Formando con estas las mismas mezclas, es decir tener 23% de *factor hidráulico*, el aljebra nos dá la ecuacion:

$$23x + 23y = 19.62x + 30.75y$$

de donde

$$3.38x = 7.75y$$

$$x = 100 \qquad y = \frac{3.38}{7.75} = 43.6$$

Es decir que a 100 partes de piedra caliza debemos agregar 43.6 partes de piedra arcillosa, para obtener una mezcla que contenga 23% de arcilla.

Haciendo aquí como con el Cemento North la mezcla i determinando la cantidad de cal que resulta, tenemos:

100 partes de piedra calisa =	43.69 Ca O
43.6..... arcillosa =	16.21
143.6 de mezcla..... =	59.90

Igual a 41.7% de cal.

En consecuencia la mezcla formada tiene:

23% de arcilla i
41.7 de cal.

Esto es: relacion de arcilla a la cal entre 1 a 1.8 i 1 a 1.9, conforme a la teoría de Michaelis i Erdmanger.

Solo la química ayudada del aljebra puede arribar a producir cementos de iguales resistencias, en condiciones tan distintas bajo igual faz de operacion, con la diferencia que las materias primas que presenta Chile son mui superiores a las materias estranjeras, agregándose a esto que podemos fabricar aquí cementos mejores que los importados i tal como lo desee el consumidor, ya sea *rápido o lento.*

Para terminar con este tema, creo de mi deber concluir con él, tal como principié, recordando siempre mi conferencia de 1893.

Decia en aquel entónces que 100,000 barriles se importaban a nuestras playas i a la vez agregaba que el cemento habia tocado a nuestras puertas. ¿Lo recibiremos? No lo sé.

Hoi, puedo contestar a esos enigmas diciendo que no son 100,000 barriles los que se importan sino que son como 250,000 o mas, habiendo consumido el dique de Talcahuano solo 10,456 toneladas en su construccion.

Contestaré tambien, que el cemento golpeará en este recinto, en que se reunen hombres de ciencia i de trabajo i que no repercutirá en vano entre los hombres patriotas que pueden ayudarnos en la tarea difícil de nuestra profesion.

El Cemento Portland verdadero es igual o quizas mejor que el estranjero, lo tenemos en casa i en pocos dias mas saldrá al mercado para abastecer nuestras plazas.

Gracias al concurso que he obtenido de los activos industriales señores Cárlos Cousiño i Rafael Gana, he podido realizar uno de mis ensueños: *Ser útil a mi patria por medio de la industria.*

VICTOR KLEIN

Santigo, Octubre 25 de 1895.