

Del Rio M (1830) Memoria sobre los conocimientos actuales de las materias propias para la formación de los morteros y argamasas calcáreas que se emplean en la construcción de las obras civiles e hidráulicas. 1830 Madrid Real Academia de San Fernando. Translation NC.

Del Rio references a number of engineers and their writings upon lime mortars – Vitruvius, Berthier, Bruyere, Caudemberg, Raucourt, Petot and De La Faye. The text makes clear that he was heavily influenced by Vicat – with whole passages from Vicat delivered almost verbatim. He shares similar prejudice against pure limes and is in general pursuit of the hardest possible mortar, favouring the use of hydraulic limes in the air, as well as underwater and underground.

P12
Seccion II

(Five categories of lime):

- 1) Las cales grasas; 2) las cales aridas o secas; 3) las cales medianamente hidráulicas; 4) las cales hidráulicas; 5) las cales eminentemente hidráulicas.

1. Fat limes; 2} arid or dry limes - lean limes; 3) moderately hydraulic limes; hydraulic limes; eminently hydraulic limes. (*Moderately denotes feebly in this hierarchy*).

Las cales grasas son aquellas que adquieren por la extincion ordinaria un doble volume, que su consistencia después de muchos anos de inmersión continua en el agua pura, es aun la misma o casi la misma que en el primer día, y que se disuelven hasta la ultima particular en un agua frecuentemente removida.

Fat limes are those which acquire upon ordinary slaking twice their volume; their consistency after many years of continual immersion in clean water, and remains the same , or almost the same, as on the first day, and it will dissolve completely in frequently changed water.

Las cales secas son aquellas cuyo volumen aumenta muy poco por la extinción; por lo demás se conducen en el agua poco mas o menos como las cales grasa, con solo diferencia que no se disuelven en ella sino parcialmente dejando un residuo sin consistencia.

The dry (lean) limes are those the volume of which increases very little on slaking, otherwise they behave in water more or less the same way as fat limes, with one difference - that they don not dissolve in water without leaving an inconsistent residue.

Las cales medianamente hidráulicas fraguan a los quince o veinte días de inmersión y continuar endureciéndose...al cabo de un ano su consistencia es igual a la del jabon duro.

Moderately hydraulic limes set on the 15th or 20th day after immersion and continue to harden...after one year their consistency is like hard soap.

(Hydraulic limes, set up in 6 to 8 days; eminently hydraulic 2 to 4 days. This is directly from Vicat. Chapter on artificial hydraulic limes, including discussion of Vicat factory on outskirts of Paris).

p20 Seccion V De la estincion de la cal.

La cal viva se apaga por tres metodos o procederes diferentes:

1. **por aspersion que es el modo ordinario**
2. por inmersión; y
3. espontaneamente

Quicklime is slaked by three different methods or procedures:

1. **by aspersion - which is the ordinary method**
2. **by immersion**
3. **spontaneously.**

p21. Se toma la cal viva al salir del horno y se echa sobre ella una cantidad de agua conveniente...la cal se hunde y abre desde luego con ruido, se llena de grietas por todas partes, despide un humo acuoso y muy caliente, ligeramente cáustico, y en muy poco tiempo la cal se halla reducida a moléculas tan finas que forman un polvo impalpable: acompaña a estos efectos un calor muy grande. La cal apagada de este modo la llaman indiferentemente *cal fundida*, cal precipitada, y mas generalmente *cal apagada o cal muerta*.

One takes the quicklime as it leaves the kiln and one throws upon it a convenient quantity of water...The lime sinks and opens after a time with noise, and entirely cracks, gives off steam and becomes very hot and slightly caustic, and in very little time it is reduced to molecules so fine they form an impalpable powder; as well as producing great heat. Lime slaked in this manner is called, variously *molten lime; precipitated lime and most commonly slaked (switched off; extinguished) lime or dead lime.*

Este proceder es el mas generalmente seguido, mas se abusa de el extraordinariamente, pues la reducen a consistencia de lechada en una alberca de donde la pasan a otra para hacer las mezclas, resultando entonces una pasta blanca, que aunque muy fina y pegajosa hasta cierto punto, sin embargo, no tiene la misma especie de ductilidad que las arcillas. La cal apagada así pierde la mayor parte de sus cualidades ferruginosas.

This procedure is the most commonly followed, moreover, they abuse it extraordinarily, reducing it to the consistency of grout in a tank (or pit) from where they pass it to someone else with which to make the mortars, resulting in a white paste which, although very fine and sticky up to a point, nevertheless, it has not the same kind of ductility (workability) as the clays. Lime slaked in this way loses the majority of its ferruginous qualities.

Las cales grasas apagadas en polvo producen de dos a tres volumenes por uno. Las cales secas, la mayor parte de las hidráulicas, y todas las eminentemente hidráulicas, no producen en las mismas circunstancias sino a uno y medio cuando mas.

Fat limes slaked as powder produce between 2 and 3 volumes to one. The lean limes, most of the hydraulic limes and all of the eminently hydraulic limes, in the same circumstances, from no to 1 1/2 times increase.

La cal grasa al momento de la extinción con mucha agua se funde algunas veces en seco en ciertos puntos de la alberca, en donde el agua no ha podido llegar sino en pequeña cantidad: si se le echa de pronto mas agua sobre las partes que se funden así, produce un silbido semejante al de un hierro hecho ascua que se temple; y es cosa de notar que la cal asombrada, digámoslo así, por esta aspersion subida se divide en (p22) seguida muy mal, y permanece granujienta: cuanto mas fría es el agua que se echa, mas sensible es el efecto, particularmente en las cales muy grasa: cuando se quiera obtener una cal en pasta muy fina para blanquear las paredes, es preciso **echar desde el principio bastante agua para no verse precisados a tener que hacerlo de nuevo en el momento de la efervescencia**, o bien conducirla insensiblemente al rededor de las partes secas que se la absorben espontáneamente por aspiración.

During slaking with a surplus of water, fat lime sometimes melts to dryness in parts of the tank or pit, where the water has not run or has not been sufficient; if one throws more water too quickly upon these parts, it hisses like the quenching of a hot iron, indicating the burning the lime, and they tell us, that this lime will then divide very poorly and remain permanently grainy. The colder is the water when you throw it, the more pronounced will the effect, particularly the fattier limes; when you want to obtain a very fine lime in paste to lime wash walls, it is essential to throw enough water at the beginning to effect the slake without the need to add more water during slaking.

Toda cal se hace perezosa o lenta a apartarse cuando ha sido antes aventada: este efecto es mas notable en las cales hidráulicas, que terminan entonces por disolverse en el agua sin manifestar otra cosa que un ligero desprendimiento de calor.

All lime is lazy or slow to move away (?) before sifting: this effect is more pronounced in the hydraulic limes, which finally dissolves in water without showing any but a slight heat.

Segundo proceder

Second Procedure.

La cal viva sumergida en el agua durante algunos segundos, y retirada antes de empezar la fusion, silva, astilla con ruido, estarse vapor ardiente y se deslance en polvo (estos fenómenos pueden ser mas o menos manifiestos); en este estado se la llama *cal apagada por inmersión*. Se la puede conservar mucho tiempo en este estado con tal que se ponga al abrigo de la humedad; y no se recalienta cuando se la deslíe.

(Notes that de la Faye promoted this method for building mortars in 1777)....

Quicklime plunged into water for some seconds, and withdrawn before the onset of the effusion (or slake), silva (?), splinters with noise, emits a steam, and breaks to powder (these phenomena could be more or less manifest): in this state it is called

'switched off' or extinguished lime - *cal apagada*- by immersion. One can conserve it a long time in this state, so long as it is protected from humidity/moisture. It does not become hot again when later dissolved (made into a paste).

p23 Cien partes de cal grasa apagada por inmersión no retienen regularmente mas que diez y ocho partes de agua, mientras que las cales hidráulicas contienen de veinte a treinta y cinco: este sucede en un sentido inverso con la extinción ordinaria.

Ten parts of fat lime slaked by immersion do not usually retain more than 18 parts of water, whilst the hydraulic limes contain from 20 to 35: this happens in an inverse relationship with the ordinary method of slaking.

Las cales muy grasas si solo se las quebranta groseramente antes de la inmersión, y se las deja en seguida de ella, fundir sobre el terreno, se dividen difícilmente en polvo muy fino; **mas de la mitad se queda en pequeños fragmentos sonidos del tamaño de un garbanzo**, y estos fragmentos, una vez enfriados pueden estar mucho tiempo en el agua sin desleírse. **Se vence esta dificultad reduciendo primero las piedras de cal viva antes de sumergirlas al tamaño de un huevo, y sobre todo acumulándolas inmediatamente después de la inmersión en gran pipas, toneles o cajones; entonces el calor se halla concentrado, y una gran parte del agua evaporada en el principio, no pudiendo escapar, es absorbida por la misma cal, que por este medio llega a dividirse de una manera satisfactoria.**

Very fat limes only will break coarsely before immersion, and if they are left will divide on the ground but with difficulty to a fine powder: more than half remains in small fragments the size of a chickpea, and these fragments, once chilled, will remain for a long time without dissolving. To overcome this difficulty first reduce the lump lime to the size of an egg and, above all, collect it immediately after the immersion in large pipes, barrels or troughs, as a result of which the heat will be concentrated and a large part of the water evaporates at the start and cannot escape but is absorbed by the same lime, and hereby it is divided (reduced) in a satisfactory manner.

Un volumen de cal viva grasa medida en polvo no produce mas que 1.5 a 1.7 en polvo apagado.

One volume of fat quicklime measured in powder does not produce more than 1.5 to 1.7 in slaked powder.

Las cales hidráulicas producen en las mismas circunstancias de 1.8 a 2.8.

Hydraulic limes produce in the same circumstances from 1.8 to 2.8.

Tercer proceder

Third procedure.

La cal viva sometida a la acción lenta y continuada de la atmosfera se reduce a polvo **muy fino**. Durante esta extinción natural hay ligero desprendimiento de calor, mas sin vapores sensibles.

The quicklime is submitted to the slow and continuous action of the atmosphere and reduces to a very fine powder. During this natural slaking there is a slight release of heat, but without perceptible vapour.

Las cales grasas aumentan $\frac{2}{5}$ de su peso y producen (p24) en volumen hasta 3.52 por uno (medida en polvo). Las cales hidráulicas no absorben regularmente mas que $\frac{1}{8}$ de agua.

Para obtener estos resultados es preciso esperar a que se haya completado la reducción, y **no operar en una atmósfera cargada de humedad.**

The weight of fat limes augments by $\frac{2}{5}$ and increases by volume up to 3.52 times for one (in powder). The hydraulic limes don't usually absorb more than $\frac{1}{8}$ of water and will be inert in a damp atmosphere.

La extinción ordinaria es de las tres la que mejor divide las cales grasas y las cales hidráulicas de todos los grados, por consiguiente lleva la fusion al mas alto termino: en segundo lugar, y bajo las mismas relaciones, la extinción espontánea conviene mejor a las cales grasas que a las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, y vice-versa en la extinción por inmersión.

Ordinary slaking is the one of the three that most divides the fat limes and the hydraulic limes of all kinds, due to its bringing the fusion to its highest degree; in second place and under the same conditions, spontaneous slaking is better for fat limes than for hydraulic and eminently hydraulic limes, and conversely in slaking by immersion.

Toda cal respuesta viva al contacto de aire en un lugar abrigado, recupera insensiblemente el ácido carbónico que es necesario a su saturación. El tiempo necesario para esto vaya según la naturaleza y **el volumen de la cal** : si es grasa bastan diez meses cuando se ha apagado en capas o tongas de una pulgada de espesor reduce to a solamente.

All reactive limes placed in contact with the air in a sheltered place, imperceptibly regain the carbonic acid necessary for their saturation. The time necessary for this depends upon the nature and the volume of the lime: if it is fat, it takes 10 months when it has been slaked in layers of an inch thickness.

p35

Las arcillas.

Clays

Las arcillas son unas sustancias terrosas diversamente coloreadas, finas, suaves al tacto, que se deslicen en el agua con bastante facilidad; y se reducen a una papilla que conducida a cierta consistencia es untuosa, tenaz, y se deja alargar y comprimir sin quebrarse. La pasta arcillosa desecada conserva cierta tenacidad y se endurece al fuego, etc...

The clays are earthy substances variously coloured, fine, soft to the touch, that dissolve in water with relative ease: and reduce to an unctuous, tenacious paste

which can be extended or compressed without breaking. A drier clayey paste retains tenacity and endures in the fire.

p36 Las arcillas se distinguen en cuatro clases, que son 1. las arcillas aspíres, que resisten sin fundirse el calor de los hornos de porcelanas; 2. las arcillas fósiles; 3. las arcillas efervescentes, o margas arcillosas; y 4. en fin las arcillas ocreosas coloreadas de rojo, o amarillo puro por el óxido de hierro.

Clays are divided into four classes, which are, 1. aspiring clays, which resist without disintegrating in the heat of a pottery kiln; 2. fossiliferous clays: 3. effervescent clays, or clayey marls and 4. finally, ochreous red or yellow clays coloured by iron oxides.

p38...Las Puzzolanas artificiales

Artificial pozzalans

Bajo de esta denominación comprenderemos las arcillas, las arenas, las sammitas y los chistes convenientemente calcinados; las escorias de las herrerías, las cenizas de la combustión de las turbas y del carbón de piedra, en fin los desperdicios de los tejares y alfarerías.

Under this heading we understand clays, sands, the sammites and wastes conveniently calcined: iron scales, peat and coal ash and lastly the waste from potteries and brickworks.

Tal es el cuadro sucinto de las sustancias que concurren con la cal para la formación de las argamasas calcáreas; mas estas sustancias, aunque generalmente compuestas de sílice y de alumina, no se conducen todas de la misma manera: las unas se unen bien con las calces grasas, las otras con las calces medianamente, o eminentemente hidráulicas, y entre estas dos diferentes aleaciones las unas resisten bien al aire, a las intemperie y a la acción de las aguas; las otras no se mantienen sino por una inmersión continua en el agua, aquellas en fin pierden toda su adherencia desde que se las sumerge etc etc.

Such is the summary of the substances which concur (agree) with lime in the formation of calcareous mortars; moreover, these substances are generally composed of silice and alumina, but don't all behave in the same way: some unite well with fat limes, others with moderately or eminently hydraulic limes, and between these two 'alloys' some offer good resistance in the air, outdoors as well as to the action of water; some will at last lose all adhesion when submerged in water.

p39. Section VIII *De las cualidades de las diversa materias que concurren con la cal para la formación de los morteros y argamasas.*

p43 Section IX

De la fabricación de las puzzolanas artificiales.

Entre las rocas o tierras esencialmente compuestas de sílice y de alumina, las que se eligen porque se presentan mas fácilmente a esta transformación, son 1. las arcillas; 2. las sammitas schistoides, pardas y amarillas, que forman pasta arcillosa con el agua; 3. las arenas abundantes en arcilla; 4. en fin algunas especies de chistes.

Among the rocks or earths essentially composed of silica and alumina, those are chosen which most easily transform: 1. clays; 2, brown or yellow schist sammites, which will form a clayey paste with water; 3. sands rich in clay; 4. various types of waste.

El fuego es el agente que se emplea y las condiciones de la transformación son: 1. que la materia puede adquirir bastante cohesión para no formar pasta con el agua; 2. que tenga el mínimo de pesadez específica y el máximo de facultad absorbente; 3. que se haga más accesible a los agentes químicos, tales es como los ácidos debilitados que lo eran anteriormente.

Fire is the agency employed and the conditions of transformation are: 1. that the material acquires enough cohesion without forming a paste with water; 2. that has the minimum specific gravity and the maximum porosity; 3. that which is most accessible to chemical agents, such as weak acids.

Se llenan estas condiciones por medio de una cocción muy moderada, dirigida de manera que el aire pueda (p44) alcanzar a todas las partes de la materia en escandescencia.

These minimum conditions are met by way of a moderate heat, directed in a manner by which air can bring all parts of the burn to incandescence.

El primero y el mejor método consiste en pulverizar primero la arcilla, la sammita o la arena que se ha elegido, estendiéndola en seguida en una capa o tonga de cinco a seis líneas de espesor sobre unas planchas de hierro hecho ascua, se deja enrojecer la materia al mismo grado durante un tiempo que varía en cada una de veinte a veinte y cinco minutos. Se tiene cuidado de remover continuamente el polvo con una espátula, a fin de que todas las partes sean uniformemente calcinadas. Las arcillas o sammitas ocreas de un rojo obscuro o anaranjado que tira a sanguíneo muy pronunciado, exigen un fuego mayor y más durable que las otras; veinte minutos y una escandescencia más inmediata del rojo a estirar que del rojo cereza son los términos que la conviene. Este método de cocción no ha sido aun ejecutado en grande por las muchas dificultades que presenta.

The first and best method is to first pulverise the chosen clay, sammite or sand, laying it out in a container or pit in 5 or 6 lines of thickness over red hot iron grilles, leaving it for from 20 to 25 minutes, depending upon its nature, taking care to continually stir and agitate the powder with a spatula, until all parts are evenly calcined. Clays or dark red or orange ochreous sammites require a hotter fire for longer than the others; 20 minutes and a strong red incandescence tending to cherry red is the minimum required. This cooking method cannot be performed on a large scale due to its many difficulties.

El segundo método consiste en hacer la materia extremadamente porosa y penetrable al aire, si no lo es ya, y en cocerla en seguida como el ladrillo; más en la parte más elevada del horno, en donde el calor no es nunca bastante fuerte, no solo para vitrificar, más ni aun para dar al ladrillo fusible el grado de cocción que se exige en el comercio.

The second method consists in making extremely porous materials and cooking them like bricks; moreover, in the highest parts of the kiln, where the heat is never so strong, not only to vitrify, but also to give to the brick the extent of cooking which is necessary for commerce.

Se hace la materia porosa amasando con igual volumen de sílice cuarzosa, después de lo cual se divide en panes o prismas que se dejan secar y endurecer convenientemente....

The porous material is kneaded in equal volumes with quartz sand, after which the mixture is formed into briquettes or prisms which are left to dry and harden.

p45 Los hornos de cal que sirven al mismo tiempo para la cocción del ladrillo, facilitan bastante el paso del aire, y por lo tanto convienen perfectamente para la cocción de las puzzolanas artificiales.

Lime kilns which also serve as brick kilns, allow the passage of sufficient air, and serve very well for the calcination of artificial pozzalans.

Toda arcilla, principalmente compuesta de sílice y de alumina fina y suave al tacto, que tiene poco o mucho óxido de hierro, y poco o nada de carbonato de cal, dará una puzzolana **muy enérgica**, si es cocida por uno de los métodos primeros.

All clay, principally composed of silica and alumina, fine and soft to the touch, which contain a little or a lot of iron oxide, and little or no calcium carbonate, will give a very energetic pozzalan, if it is cooked by one of the first methods.

p47 De la combinación de las diversas cales con los materiales propios para la formación de los morteros y argamasas.

Caso Primero.

Para obtener los morteros o argamasas capaces de adquirir una gran consistencia y dureza en el agua, or bajo de tierra, o en lugares constantemente húmedos, es necesario combinar:

First case.

To obtain mortars or plasters capable of acquiring a good consistency and hardness in water, or below ground, or in constantly wet places, it is necessary to combine:

Con las cales grasas

Las puzzolanas naturales o artificiales muy enérgicas

With fat limes

Very energetic natural or artificial pozzalans

Con las cales medianamente hidráulicas

Las puzzolanas naturales o artificiales simplemente enérgicas o las puzzolanas naturales o artificiales muy enérgicas, templadas por una mezcla próximamente de la mitad (p48) de sílice u otras materias inertes; o las arenas y las semitas enérgicas.

With moderately hydraulic limes

Simply energetic natural or artificial pozzalans or very energetic natural or artificial pozzalans mixed in equal parts with sand or other inert materials; or with sands or energetic sammites.

Con las cales hidráulicas

Las puzzolanas naturales o artificiales poco enérgicas o las puzzolanas naturales o artificiales enérgicas, templadas por una mezcla de la mitad próximamente de sílice o las arenas y las sammitas poco enérgicas

With hydraulic limes

Little energetic or energetic natural or artificial pozzalans, tempered into a mixture with an equal measure of silica sand or sand and slightly energetic sammites.

Con las cales eminentemente hidráulicas

Las materias inertes, tales como los sílices cuarzosos o calcáreos o forge scales.

With eminently hydraulic limes

Inert materials, such as quartz or calcareous sands or forge scales.

Caso Segundo.

Second case.

Para obtener los morteros o argamasas capaces de adquirir una gran dureza al aire libre, y de resistir a las lluvias, a los calores y a las fuertes heladas, es necesario combinar

To obtain mortars or plasters capable of acquiring a great hardness in the air and to resist rains, heat and freezing, it is necessary to combine:

Con las cales grasas

Ningun ingrediente puede llenar el objeto.

With fat limes

No ingredient can achieve this objective (*repeating Vicat*)

Con las cales medianamente hidráulicas

Ningun ingrediente puede llenar completamente el objeto.

With moderately (feebly) hydraulic limes

No ingredient can achieve this objective.

p49 *Con las cales hidráulicas*

Los silices cualquiera bien puros o los polvos cuarzosos o los polvos que provienen de las piedras calcáreas duros o de otros materias inertes.

With hydraulic limes

Pure silica sands or quartz powders or the powders that come from hard calcareous stones or other inert materials.

Con las cales eminentemente hidráulicas.

Los silices cualquiera bien puros o los polvos cuarzosos o los polvos que provienen de las piedras calcáreas duras y de otra materias inertes.

With eminently hydraulic limes

(as for hydraulic limes).

p51 *Eleccion de los procederes de extinción.*

Choosing the method of slaking.

La naturaleza de las cales y de los ingredientes empleados, regla la elección del proceder de extinción. Los hechos nos conducen a esta observación general.

1. Que para todas las argamasas posibles de cales grasas...el orden de preferencia de los tres procederes de extinción es i) la extinción espontánea; ii) la extinción por inmersión; iii) la extinción ordinaria.
2. Para todas las argamasas y morteros posibles de cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, es i) la extinción ordinaria; ii) la extinción por inmersión; iii) la extinción espontánea....

The nature of the lime and the ingredients employed determines the choice of slaking procedure. The facts lead us to these general observations:

1. That for all fat lime plasters, the order of preference of the three procedures is i) spontaneous slaking; ii) slaking by immersion; iii) ordinary extinction.
2. For all hydraulic or eminently hydraulic plasters and mortars, i) ordinary slaking; ii) immersion; iii) spontaneous extinction.

La diferencias de dureza que resultan de emplear tal o cual proceder de extinción son muy variables: llegan al máximo en las cales grasas mezcladas con materias inertes, y son casi insensibles cuando se mezclan con puzzolanas muy enérgicas. Entre estos límites estas diferencias están sometidas a una marcha progresiva que se arregla sobre la energía variable de los ingredientes.

The difference in hardness which results from the employment of this or that slaking procedure is very variable; it arrives at its maximum with the fat limes mixed with inert materials, and is almost imperceptible when these are mixed with very energetic

pozzalans. Between these boundaries, the differences are subject to progressive variation according to the energy of the ingredients.

Esta gran cuestión del mejor medio de extinción ha sido agitada hace mucho tiempo entre los Arquitectos, no siendo extraño que haya sido resuelta por los unos en favor de la inmersión, y por otros en favor del proceder ordinario; cada uno se ha servido para ello de los materiales que ha tenido mas a mano, sin conocer que el resultado que se iba a obtener solo convenia a aquella materia. Faujas es el único que previo (p52) que la cal según su naturaleza se prestaba con preferencia a tal proceder de extinción, mejor que a tal otro, según puede verse en una de las notas de su Memoria sobre la inmersión.

This big question of which method of slaking is the best has preoccupied architects for a long time, not surprisingly leading to some in favour of immersion, others in favour of the ordinary method, each one having served for the materials to hand, without knowledge of the result from the use of these materials....

Las cales hidraulicas o eminentemente hidráulicas, pueden apagarse por inmersión o por el proceder ordinario, sin que resulte grandes diferencias en los morteros o argamasas en que intervengan estas cales; mas no sucederá lo mismo con la extinción espontánea, cuya influencia sera tanto mas perjudicial, cuanto las cualidades de las cales a que se aplique sean mas eminentemente hidráulicas.

The hydraulic or eminently hydraulic limes can be slaked by immersion or by the ordinary method without showing great difference in the mortars or plasters; but the same is not so of spontaneous slaking, the effect of which will be much more harmful, and the more so the more eminently hydraulic they are.

Nos hemos limitado en la sección segunda a solo dar una definición de la cal árida y seca (lean limes?), y después no hemos vuelto a hablar de ella: la razón es muy sencilla, **porque esta cal no se emplea sino rara vez en falta de otras**, porque **tiene todas las cualidades negativas de las cales grasas**, para ello es preciso modificar las proporciones de los ingredientes teniendo presente que estas cales contienen mas oxido terroso o metálico que las cales medianamente hidráulicas, a quien se asemejan. En las experiencias que se han hecho en Brest con estas cales por el Ingeniero De-Laroche se ha hallado que el precepto de *vale mas pecar por defecto que por exceso de cal*, no se verifica en estas cales.

We have limited ourselves in the second section to just giving a definition of the lean limes, and we will talk no more of them: the reason is very simple - for this lime is only used when no others are available, because they have all the negative qualities of fat limes...

De la manipulation o fabricacion.

La fabricación comprende la extinción de la cal y su mezcla con los ingredientes que se unen con ella para la composición del mortero o argamasa.

De cualquiera manera que la cal haya sido apagada es necesario reducirla al estado de pasta homogénea (p53) para que pueda recibir en seguida los ingredientes con que ha de mezclarse.

By 'Manufacturing' is understood, the slaking of the lime and its mixture with the ingredients with which it will unite to make a mortar or plaster

Esta pasta debe ser tan dura como sea posible, siempre que haya de construirse como ganga entre granos duros y palpables, que conservan entre si una cierta distancia apreciable, o al lo menos sensible. En este caso se hallan los morteros o mezclas de cal y sílice.

La fuerza de los morteros considerada como agregados, reside exclusivamente en la de los hidratos de cal o ganga, que envuelve los granos de sílice, siendo evidente que cuanto mas densidad tenga el hidrate, tanta mayor sera la resistencia de la mezcla.

La pasta podrá tener una consistencia mas o menos blanda, cuando haya de formar con una materia pulverulenta de granos impalpables y absorbentes un todo en apariencia homogéneo, donde la simple vista no pueda discernir ninguno de los elementos constitutivos. En este caso se hallan las argamasas calcáreas o mezclas de cal, puzzolanas, arenas, arcillas o sammitas. Mas en todos los casos posibles el resultado de la mezcla debe presentarse bajo de una buena consistencia arcillosa, igual a la que digamos al tratar de los hidratos.

La cal apagada por inmersión o espontáneamente, se puede reducir al estado de pasta dura o de puchada cuando se la toma en un estado pulverulento; mas esto no es posible cuando se trata de cal apagada por el proceder ordinario, si esta ha sido ahogada desde el principio en una gran cantidad de agua; por eso es preciso no emplear en este método de extinción sino es el agua absolutamente necesaria para que puede pasar la cal del estado de piedra viva al estado de pasta dura. Hay siempre tiempo de anadirla agua si fuese necesario en el momento de usarla.

Las cales hidraulicas....(p54) ofrecen con respecto a esto algunas dificultades. Vamos a exponer detalladamente el proceder que debe seguirse cuando se aplique la extinción ordinaria.

La cal viva en piedra se echa con la pala en una alberca impenetrable al agua, hecha para el efecto, en la que se extiende por capas iguales de tres a cuatro pulgadas de grueso; sobre esta capa se echa agua de tal manera que puede circular y penetrar con facilidad en los vacíos que dejan entre si los pedazos de la cal viva. La efervescencia no tarda casi nada en manifestarse, se continua echando alternativamente la cal y el agua, cuidando de no remover la materia ni de reducirla a lechada (**segun la costumbre de los albañiles**); solamente cuando por casualidad algunos pedazos de cal se funden en seco, se dirige el agua hacia aquella parte por unas regatas que se hacen ligeramente en la pasta, y de tiempo en tiempo se introduce una vara puntiaguda en los puntos donde se sospeche que el agua no ha podido llegar; si el palo o vara al sacarle sale cubierto de una cal glutinosa la extinción es buena, mas si solo se levanta un humo farinoso es una prueba de que la cal se funde en seco, entonces se agranda el agujero, o se hacen otros al lado, y se dirige allí el agua.

No se debe apagar así mas que la cantidad de cal que se necesite para el consumo de uno u dos días a lo mas. Dos albercas separadas, o dos de capacidades en la

misma son indispensable. Se empieza a llenar la una cuando la otra esta próxima a vaciarse; por este medio la cal tiene a lo menos veinte y cuatro horas para trabajar, y los fragmentos perezosas se dividen todos igualmente.

La cal apagada de este modo es ya bastante dura al día siguiente, es necesario cavarla, o a lo menos cortarla con una pala de hierro para extraella. En este estado parece que no puede ser ya reducida al de pasta (p55) blanda sin mas adición de agua; mas esto es un error, se la hace fácilmente blanda por medio de unas mazas de hierro con su mango de madera. La rastra o batidera jamas podrá trabarla, pero si se la golpea y comprime con las mazas, no tarda casi nada en regoldar el agua que conserva empapada y formar una pasta suficientemente blanda para recibir el sílice.

P59 Influencia del tiempo.

p60 El tiempo del fraguado al principio no puede ser un pronostico exacto de la dureza futura, sino cuando se comparan dos argamasas o morteros de una misma especie. ...

Las observaciones siguientes se deducen de los resultados obtenidos hasta el día:

1. El excess de cal grasa o medianamente hidráulica en una argamasa retarda el fraguado; las proporciones mas favorable a este son las que le dan mayor dureza.
2. El segundo y tercer proceder de extinción parecen generalmente mas propios para acelerar el fraguado que el primero.
3. Los progresos de las argamasas de cales grasas y puzzolanas enérgicas o muy enérgicas, son aun sensibles durante el tercer ano que sigue a la inmersión.

p61

4. Los progresos de los morteros de cales hidraulicas, o eminentemente hidráulicas, y de silices cuarzosos o calcáreos, no son mas sensibles después del segundo ano de inmersión.

5. El tiempo modifica, mas no destruye las relaciones de dureza que derivan de la comparación de los tres procederes de extinción, esto es, que el orden de preeminencia observado al fin del primer ano es el mismo al fin de tercero, y así sucesivamente.

(Then whole sections almost verbatim from Vicat about sands and limes)

p63 Influencia del tamaño de los sillines.

...Los silices cuarzosas o calcáreos guardan, con respecto a cada especie de cal, el orden de superioridad siguiente:

Para las cales eminentemente hidráulicas, y simplemente hidráulicas: 1. los silices finos; 2. los silices de grano desigual, que resultan de la mezcla del silice grueso con el fino; el silice grueso.

Para las cales medianamente hidráulicas: 1. los silices de granos desigual mezclado como arriba; los sillines finos; 3. los silices gruesos.

Para las cales grasas: 1. los silices gruesos; 2. los silices de grano desigual; 3. los silices finos.

(To some extent based on investigation of Roman mortars in Spain).

p65

La resistencia de los morteros de cales muy grasas apagadas por el proceder ordinario crece desde 50 hasta 240 partes de sílice por 100 de cal en pasta dura, y después decrece indefinidamente.

La resistencia de los mismos morteros, cuando la cal ha sido apagada por inmersión o espontáneamente, crece desde 50 hasta 220 partes de sílice por 100 de cal en el pasta dura, y después decrece indefinidamente.

La resistencia de los morteros de cales hidráulicas apagadas por el proceder ordinario crece desde cero hasta 180 partes de sílice por 100 de cal en pasta dura, y después, etc

La resistencia de los mismos morteros cuando la cal ha sido apagada por inmersión o espontáneamente crece desde cero hasta 170 partes de sílice por 100 de cal en pasta dura...

Estos resultados bastan para establecer que las mejores proporciones están subordinadas, no solamente a la naturaleza de la cal empleada, sino también al proceder de extinción a que la cal ha sido sometida: se vera después que aun hay otras consideraciones de que dependen también.

p66 Ya hemos dicho, hablando de las argamasas y morteros sumergidos, que la manera de apagar la cal ejercía sobre su dureza una influencia muy notable: esta influencia de la extinción no es con mucho tan pronunciada en los morteros expuestos a la intemperie.

De la formación o manipulación

Hay varios autores que aseguran que los morteros ganan mucho con estar amasados largo tiempo; mas esta opinion carece de fundamento.

Las sustancias cuarzosas y calcáreos se conducen generalmente mejor en el estado de sílice, que en el estado de polvo con toda especie de cal; el efecto mecánico de una trituración laboriosa, y sostenida mas allá del tiempo necesario para su perfecta mezcla, no puede menos de ser danosa; mas hay otro punto de vista bajo del cual la cosa debe mirarse, este es la influencia atmosférica sobre los principios de los morteros y favorece por la frecuente renovación de los contactos.

Se ha visto que las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, **respuestas al aire pierden una parte (p67) de sus calidades, mientras que las calas grasas adquieren nuevas:** de aquí resulta que el mortero de cal grasa es el único que tiene que ganar alguna cosa con estar largo tiempo amasado, y esto es también lo que prueban las experiencias que se han hecho: en efecto ellas han hecho ver que una mezcla de 150 partes de sílice y de 100 partes de esta cal apagada por inmersión y medida en pasta, habiendo sido amasada y vuelta a amasar con adición de agua de ocho en ocho días durante cinco meses seguidos, llego un ano después a adquirir un resistencia representada por 5.43, mientras que en el caso de una manipulación ordinaria esta misma mezcla no pudo llegar mas que a 4.14; mas aunque sensible esta diferencia no corresponde con mucho al trabajo que costo; así pues solo a los morteros de cal grasa

podrá ser útil este método, con lo que en cierto modo se halla justificado el sistema Leones...

Todo lo que hemos dicho sobre la extinción de la cal y la consistencia de la mezcla con respecto a las argamasas y morteros sumergidos, se aplica exactamente a los morteros expuestos al aire: sin embargo hay 4/10 de pérdida sobre la resistencia ulterior que pueden adquirir los morteros de cal hidráulica, cuando en lugar de la fuerte consistencia de que hemos hablado se atiende a la generalmente adoptada por los albañiles por efecto de una práctica rutinaria, y sin examen ni conocimiento.

El mortero en todas las estaciones debe estar fabricado (p68) en cuanto sea posible a cubierto, ya para evitar la desecación rápida del estío, ya para obviar los inconvenientes aun más graves de la estación de las lluvias. En este último caso es preciso separarse un poco de los principios establecidos, y preferir la cal hidráulica apagada por inmersión a la que resulta de la extinción ordinaria, para por este medio poder absorber el agua que el sílice mojado puede contener, sin lo que no es posible obtener un buen mortero.

En el estío, al contrario, la cal en pasta no es siempre suficiente para remojar el sílice que algunas veces esta, digámoslo así, hirviendo y es indispensable andar agua, más gradualmente y con la mayor precaución. No se podrá creer sin haberlo visto cuando poco se necesita para ahogar la mezcla,

Empleo de los morteros

Es de toda evidencia, que un mortero duro no puede ser empleado con materiales secos y absorbentes. Cuando hay semejantes materiales es preciso mojarlos sin cesar para tenerlos siempre en un estado de humedad: el secreto de una buena manipulación consiste enteramente en este precepto, 'mortero duro y materiales mojadas', más nuestros albañiles al contrario parece han tomado por divisa *materiales secos y mortero anegado*.

Las manos del operario no hay duda que con este método no tardaran en hacerse una llaga, si no toma al mismo tiempo algunas precauciones para defenderse de la acción de la cal. El alquitrán líquido es un remedio eficaz; para esto basta frotarse los dedos con él varias veces al día; la ligera capa que queda adherida a la piel equivale a un guante impenetrable.

p69 Precauciones

Los morteros se hacen generalmente pulverulentos cuando son expuestos después de empleados a una desecación rápida: la influencia de semejante desecación se hace **tanto más funesta cuanto las calces empleadas en ellos son más eminentemente hidráulica**: los morteros pueden entonces perder los 4/5 de la fuerza que habrían adquirido por una desecación lenta. Así conviene regar la fábrica cuando se hace durante la estación del estío o de los grandes calores, y de tal manera que el mortero no pueda perder el agua necesaria a su solidificación.

La influencia de la desecación lenta sobre la bondad de los morteros hace mucho tiempo que es conocida en Italia...(for bridges in various places there) emplean una cal hidráulica sacada de las cercanías de Casal, que apagan según el proceder ordinario, y cuando tiene de cinco a seis días de apagada se la coloca en el centro de

una fosa (pit) de sílice de granos desiguales, desde el grueso de sílice ordinaria hasta el de la grava gruesa. Este sílice es eminentemente cuarzoso y contiene algunos residuos de cal, se hace en seguida la mezcla, en la cual se pone mucho cuidado: se prepara antes de emplearla un foso prismático triangular de una longitud arbitraria en un terreno de nivel, y al abrigo de las inundaciones: se igualan las paredes con la llana y el agua, y se forman los prismas (breakwaters?) por capas sucesivas, introduciendo en el mortero guijarros (pebbles) de igual tamaño distribuidos con igualdad.

p70 *Influencia del tiempo.*

‘Un mortero de cien años es aun niño’ dicen los albañiles con frecuencia, como resultado de las observaciones diarias que están a su alcance hacer sobre las demoliciones: efectivamente solo en los fundamentos o macizos de edificios de 400 a 500 años es en donde se encuentran buenos morteros de cales grasas....que es muy fácil de concebir es que un mortero que no esta duro hasta después de cien años, es **para nosotros como si no lo fuese jamás.**

En cuanto a los morteros de cales hidráulicas, o eminentemente hidráulicas, las numerosas experiencias que se han hecho y hemos reunido prueban que expuestos al aire bajo un pequeño volumen llegan en muy poco tiempo (de 18 a 20 meses) si no al ultimo grado de dureza; de que son susceptibles, a lo menos a un termino que difiere muy poco para que se pueda conocer con certeza lo que llegara a ser en lo sucesivo.

(Section XIV - mostly Vicat's observations on curing time and frost resistance).

p75 En las partes cubiertas de los edificios los morteros de cales grasas no tienen que sufrir todas estas vicisitudes, mas no se hacen mejores por eso. Los límites máximos de las proporciones del sílice que les conviene entonces son de 55, 125 o 175 partes por 100 de cal en pasta según provenga de la extinción ordinaria, la extinción por inmersión, o la extinción espontánea.

Acordandonos de los límites máximos que se han asignado para los casos de las intemperie, concluiremos fácilmente que estas mismas intemperie favorecen los morteros cargados de sílice, y al contrario perjudican a aquellos en que domina la cal.