

Gres porcelánico: aplicaciones arquitectónicas, procesado y propiedades físico - mecánicas

Porcelainized stoneware: architectural, processing and physico-mechanical properties

Fecha de recepción: 17-IV-96

Fecha de aceptación: 10-V-96

T. MANFREDINI, M. ROMAGNOLI; Univ. de Modena (ITALIA)
J. M^o RINCÓN; Lab. de Materiales Vitrocerámicos (IETCC-CSIC) (ESPAÑA)

RESUMEN

El gres porcelánico es un material cerámico muy duro y homogéneo, no vidriado en su superficie, obtenido por cocción rápida de composiciones ricas en caolinita, conteniendo una gran cantidad de fundentes. Las plaquetas de pavimentos que se obtienen son de una variedad muy extensa en aspectos, diseños y colores, caracterizándose, fundamentalmente, por su muy baja porosidad ($\approx 0,3\text{wt}\%$, expresado en porcentaje de capacidad de absorción de agua). Estos materiales son ideales para tráfico pesado en áreas sujetas a intensas tensiones mecánicas y químicas. El gres porcelánico ofrece alternativas válidas (y, en muchos casos, soluciones necesarias) a los pavimentos vidriados tradicionales, en interiores o para usos exteriores, ambos con decoraciones modernas o clásicas para suelos o recubrimientos de paredes.

SUMMARY

Porcelainized stoneware is an extremely hard and homogeneous unglazed ceramic material obtained by fast-firing of kaolinitic ceramic bodies containing a large amount of fluxes. The obtained tiles, available in a large variety of colours, shape size and surface finish, are characterized by very low porosity ($\approx 0.3\text{wt}\%$ expressed as water absorption) and are ideal for heavy-traffic areas subject to mechanical and chemical stresses. Porcelainized stoneware tiles offer alternative valid (and in many cases necessary) solutions to the traditional glazed tiles either for interiors or for exteriors both in modern or classic constructions for flooring and covering.

1. INTRODUCCIÓN

Las plaquetas cerámicas se usan desde tiempo inmemorial como elementos constructivos o como materiales decorativos, como alternativa a las piedras naturales. Las plaquetas cerámicas, en muchas formas, tales como el tradicional gres rústico o "cottoforte", eran los primeros materiales usados desde fechas tan antiguas que no puede darse una fecha precisa de cuándo comenzó su utilización en la construcción. La difusión de loza de barro pintada y barnizada, y más o menos de plaquetas decoradas, se puede fechar, aproximadamente, en el siglo XI a. C. (1). El desarrollo

1. INTRODUCTION

Ceramic tiles are used from immemorial time as building or decorative materials, as alternative to the natural stones. Ceramic tiles, in many forms, such as "cotto", were first used as flooring materials in so ancient times that no precise dates can be given. The diffusion of painted and glazed earthenware, and more or less decorated tiles dates back to the XI century b.C. (1). The development of the modern ceramic industry in Europe (Italy in particular) in the last years corresponded to the introduction, as first, of the traditional double-firing techniques and, afterwards, of

de la industria cerámica moderna en Europa (en Italia en particular) en los últimos años se corresponde con la introducción, primero, de la doble cocción tradicional y, después, del proceso de monococción rápida en hornos de rodillo. Actualmente existen en el mercado toda clase de decoraciones y colores de gres porcelánico para diferentes usos (2), siendo Italia el primer país del mundo productor de este tipo de materiales.

El cambio en la tecnología de cocción tradicional de bi-cocción a monococción, ha traído consigo cambios dramáticos en las técnicas de producción. Las innovaciones tecnológicas han supuesto un cambio en la tecnología global, planta, hornos, características de las materias primas y tipologías de productos. Entre nuevos materiales cerámicos para suelos y recubrimientos, los materiales de gres porcelánico (que en inglés suelen denominarse con varias terminologías, tales como: “porcelainized stoneware”, “porcelain stoneware”, “fully vitrified stoneware”, “impervious stoneware”, etc...) emergen como una alternativa muy importante para pavimentaciones de grandes superficies y de alto tránsito, aunque, hoy en día, se está generalizado también su uso en aplicaciones domésticas. Sus características técnicas y estéticas cumplen los requisitos y normas de los clientes y del mercado. Así pues, el gres porcelánico, puede considerarse el producto que, en los años más recientes, está acaparando más esfuerzos por parte de industriales e investigadores.

El objeto de este trabajo es, pues, mostrar las propiedades físico- químicas de estos productos de la construcción, a fin de discutir sus aplicaciones arquitectónicas óptimas en nuevas construcciones o en reparaciones de antiguas edificaciones.

2. EL GRES PORCELÁNICO

Los materiales de gres porcelánico son productos de muy baja porosidad, usados para aplicaciones en interiores y exteriores y resistentes a la helada. Se usan en grandes cantidades y en muchos tipos de aplicaciones. La Figura 1 muestra las tendencias en la producción de gres porcelánico en Italia (fuente: “Assopiastrelle”).

La cocción de plaquetas altamente sinterizadas es debido, principalmente, a la reactividad de la metacaolinita (obtenida por la deshidroxilación de los minerales del caolín) y a la acción de fusión de los feldespatos a las temperaturas aptas para que haya reacciones de los componentes que producen la fase líquida. Durante la cocción, las fases cristalinas principales, que corresponden a la presencia de minerales en el material en crudo, desaparecen, y son

the rapid single-firing through single-layer roller kilns. Nowadays many typologies of tiles are available on the market (2) for different uses and, at the present time, Italy is the main producer country of ceramic tiles of the world.

The change in firing technology from the traditional two-fire process to the fast one-fire process has brought about dramatic changes in production techniques. Firing innovations have enhanced global technology, plants, kilns, characteristics of the raw materials and typologies of products. Among new ceramic materials for flooring and covering the porcelainized stoneware (fine porcelainized stoneware, fully vitrified stoneware, impervious stoneware) is emerging as an important opportunity. Its technical and aesthetical characteristics are completely satisfying requirements of customers and market. Porcelainized stoneware can be considered the product on which, in recent years, the main efforts of industrial ceramists and plant-producers have been centered.

Aim of the present paper is to show the physico-chemical properties of porcelainized stoneware tiles, in order to give informations for its optimal architectural applications in new constructions or re-building.

2. THE PORCELAINIZED STONWARE

Porcelainized stoneware tiles are very important low-porosity products used for interior and exterior applications and as frost-resistant materials. More are being used in larger quantities and in ever wider fields of applications. Figure 1 shows the production trend of porcelainized stoneware tiles in Italy (source “Assopiastrelle”).

The so called “firing” of high-sintered tiles (i.e. porcelainized stoneware tiles) is principally due to the reactivity of the metakaolinite (obtained after the dehydroxylation of kaolinitic minerals) and to the melting action developed by the feldspars at the appropriate temperatures which control the body component reactions producing the liquid phase. During firing the main crystalline phases corresponding to the minerals present in the green

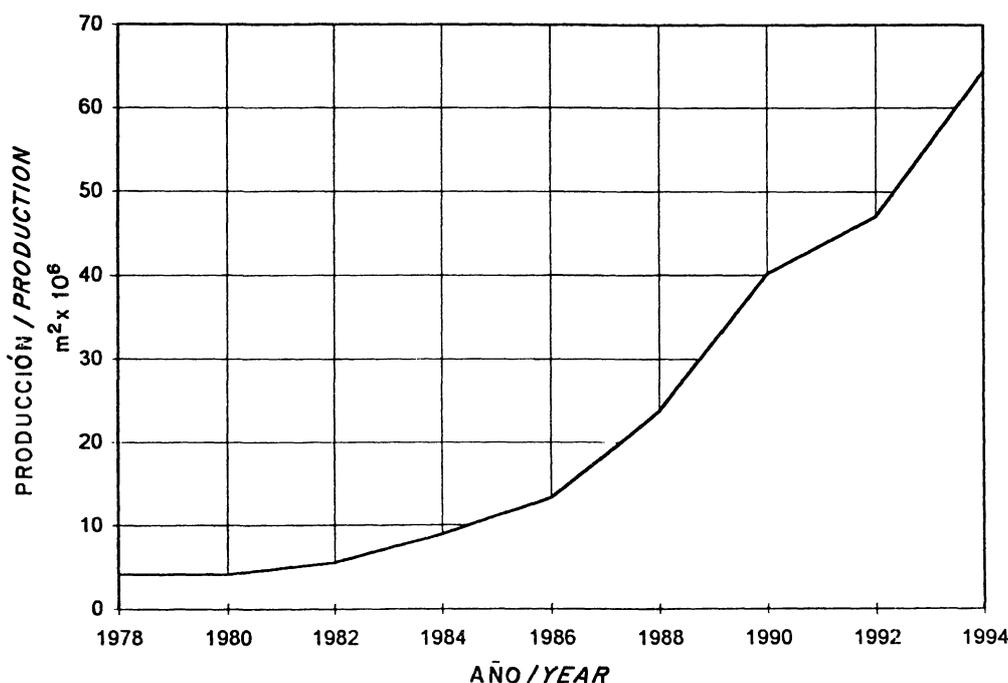


Fig. 1.- Producción de plaquetas de gres porcelánico en Italia. (Fuente: Assopiastrelle).

Fig. 1.- Production of porcelainized stoneware tiles in Italy. (Source: Assopiastrelle).

reemplazadas por nuevas fases. La comparación de los diagramas de DRX de polvo de composiciones industriales muestra que los minerales del caolín desaparecen cerca de los 600°C y los feldespatos desde los 1.100-1.150°C respectivamente. La Mullita es la fase principal que se forma en plaquetas prensadas a altas temperaturas por la reacción del metacaolín, que se forma por la deshidroxilación de los materiales caoliniticos (3).

Las fases cristalinas principales en todas las muestras cocidas a temperaturas cercanas a los 1.200 -1.220°C son: cuarzo (cuando hay un residuo de excesivo cuarzo presente en la composición) y mullita. Como está registrado en la literatura, se forma un nuevo compuesto que corresponde a la composición eutéctica $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ y que se forma a temperaturas altas como producto final de las transformaciones topotácticas del metacaolín, obtenido después de la etapa de la deshidroxilación.

La alta densidad de la microestructura de las plaquetas después de la cocción se ha obtenido como consecuencia de la sinterización de las partículas. En la Figura 2 (mostrando una densidad aparente desde 2,35 a 2,45 g/cm³), y también en la Figura 3, aparece un material que se caracteriza por tener un número muy pequeño de poros y la presencia de cristales muy pequeños de cuarzo y mullita, embebidos en una fase vítrea amorfa (4). Esta microestructura es la

body disappear and are replaced by development of new phases. Comparison of the XRD powder patterns of the industrially fired body composition along with the green state shows that kaolinitic minerals disappear near 600°C and feldspars from about 1.100 - 1.150°C respectively. Mullite is the main phase formed in pressed tiles at high temperature by the reaction of the metakaolinite provided by the dehydroxylation process of the kaolinitic materials (3).

The main crystalline phases in all the sample fired at temperature ranging from 1.200 - 1.220°C are quartz (as the unreacted residue of excess quartz present in the body) and mullite. As reported in literature, this new compound corresponds to eutectic composition $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ and is formed at high temperatures as the final product of the topotactic transformations of metakaolinite obtained after the dehydroxylation step.

The dense microstructure of the fired tiles obtained as consequence of the particle sintering, Figure 2 (apparent density ranging from 2.35 to 2.45 g/cm³), as shown in Figure 3, is characterized by a very small number of pores and the presence of small, strongly interlocked crystals of quartz and mullite embedded in an amorphous glassy phase (4). This dense microstructure is responsible for the peculiar abrasion resistance and hardness characteristics of the fully

responsable de la peculiar dureza y resistencia de las plaquetas totalmente vitrificadas de gres porcelánico. Con respecto a las normas de control de calidad, los diferentes tipos de plaquetas, totalmente vitrificadas, disponibles en el mercado, presentan calidades mecánicas y técnicas muy buenas. Todas estas características evidencian, claramente, que estos materiales son muy apropiados para baldosas de pavimentos en los que se requieren propiedades mecánicas más estrictas.

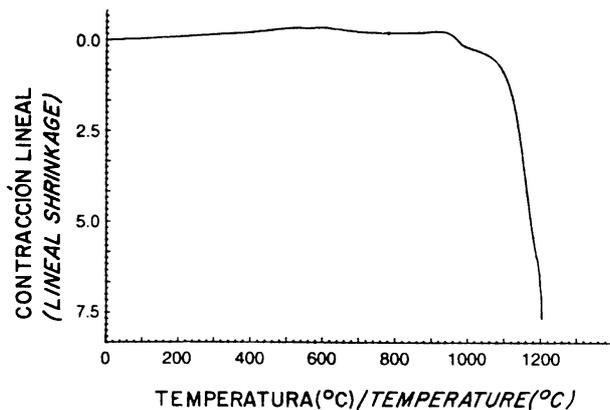


Fig. 2.- Curva de sinterización de plaquetas crudas.

Fig. 2.- Sintering curve of the unfired tiles.

3. PROCESADO INDUSTRIAL

El bajo valor de porosidad es el parámetro más importante y difícil de controlar en la producción de plaquetas de gres porcelánico. Este valor depende de las materias primas, así como también de los parámetros de producción, tal y como pueden ser la composición de la pasta, la molienda, el prensado y la cocción (5).

Los parámetros del proceso, así como también las composiciones químicas y mineralógicas son las características esenciales para la producción del gres porcelánico. Con el fin de ayudar a la vitrificación y a la densidad después de la cocción del producto, el residuo de barbotina, tras la molienda en húmedo, debe ser menor con respecto al residuo de plaquetas vitrificadas. Estos valores bajos ayudan a aumentar la superficie específica de las partículas y, consiguientemente, la reactividad durante la cocción. Para alcanzar la máxima compacidad del producto antes de la cocción, de acuerdo con los problemas de eliminación de gases, la presión durante el prensado es usualmente de 350-400 kg/cm². La temperatura y el tiempo de la cocción deben estar en los valores óptimos de absorción y contracción. La cocción es la fase del

vitrified stoneware tiles. With respect to the standards, the different kinds of fully vitrified stoneware tiles available on the market, present high mechanical and technical qualities. All these characteristics clearly evidenciate that these materials are most suitable for floor tiles in which enhanced mechanical properties are required.

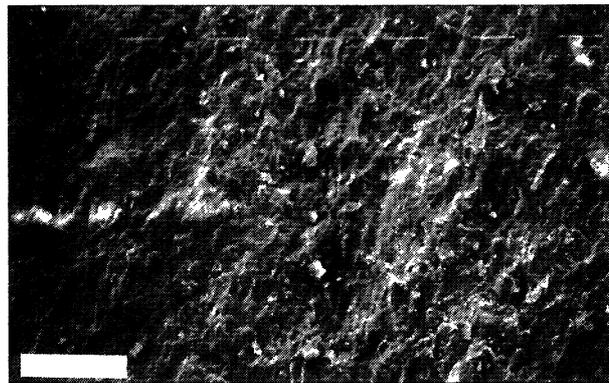


Fig. 3.- Sección de fractura de una plaqueta de gres porcelánico (barra = 250 µm).

Fig. 3.- Fractured section of porcelainized stoneware tile (bar = 250 µm).

3. THE INDUSTRIAL PROCESSING

The low porosity value is one of the most important and difficult parameter for the porcelainized stoneware tiles production. This value depends on the raw materials as well as on the production process such as batching, grinding, pressing and firing (5).

The following processing parameters as well as the chemical and mineralogical characteristics are essential for the production. In order to help the vitrification and the fired product density, the residue of the slip after wet grinding must be lower with respect to the residue of glazed stoneware tiles body. These low values help to increase the specific surface of the particles and consequently the reactivity during firing. To reach the maximum compactness of the unfired product, in line with the problems of gas elimination, the pressure during pressing is usually of 350-400 kg/cm². The temperature and the time of firing must be so as to reach the optimal values of absorption and shrinkage. The firing is the most difficult processing phase, the temperature and the cycles generally used are respectively of 45-60 minutes and of 1.200-1.220°C. It is important to underline that

proceso más difícil, la temperatura y los ciclos térmicos generalmente usados son respectivamente de 45-60 minutos y de 1.200 -1.220°C. Es importante señalar que la producción de todas las fases no deben considerarse separadamente, sino que deben tomarse en cuenta de modo interdependiente.

El gres porcelánico de alta calidad se presenta finamente pulido, operación que resalta sus cualidades estéticas, pero que reduce las características técnicas de la superficie.

4. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

El gres porcelánico es un material que, históricamente, procede de una gran experiencia acumulada en años anteriores en el campo de los productos vitrificados. La definición del producto explica por sí misma sus características, ya que, en argot cerámico, "gres porcelánico" significa que la composición es un compromiso entre la presencia de fases vítreas para alcanzar una porosidad residual cercana a cero (característica de una porcelana). Además de una porosidad muy baja, otras características, de acuerdo con la norma EN 176, clasifica a estos productos como se indica en la Tabla I (2). En dicha Tabla es posible ver, también, la comparación entre los valores requeridos por las normas y los valores del mercado. Además, la microdureza Vickers de las plaquetas debe oscilar, generalmente, entre los 4,90 a 6,10 MPa, siendo el módulo de Young entre los 65 y 75 GPa (4).

Muchos tamaños, formas y colores están actualmente disponibles en el mercado (Figura 4). Las plaquetas de gres porcelánico están generalmente libres de barnices o vidriados y están constituidos por un material muy duro, cuya apariencia es consecuencia de la composición. Por esto, las características de estas plaquetas permanecen intactas frente al tráfico intenso y al desgaste producido por abrasión. En materiales sin decoración se pueden volver a obtener las características superficiales del producto por un pulido posterior.

5. APLICACIONES ARQUITECTÓNICAS (6)

5.1 Areas comerciales de tránsito intenso

Desde ámbitos modernos a estilos tradicionales, las plaquetas de gres porcelánico han sido siempre aptas para conseguir la elegancia y la belleza de todos los edificios y hogares.

Así, los pavimentos y recubrimientos de gres porcelánico:

all the production phases must not be considered separately; they must be taken into account as interdependent.

The fine porcelainized stoneware may be polished. This operation underlines its aesthetical qualities but it reduces the surface technical characteristics.

4. THE CHARACTERISTICS OF THE PRODUCT

Porcelainized stoneware proceeds by a great experience in the field of vitrified products. The definition of the product explains its characteristics since in the ceramic jargon "porcelainized stoneware" means that the body is compact and vitrified by the presence of glassy phases to reach a residual porosity near to zero (characteristic of the porcelain). In addition to the very low porosity previously reported, other characteristics, in compliance with the EN 176 standard, classify the products as indicated in Table I (2). In the Table, it is possible to see also the comparison between the values required by the standard regulations and the actual market values. In addition the measured Vickers microhardness of the tiles ranges generally from 4.90 to 6.10 MPa, Young's modulus from 65 to 75 GPa (4).

Many sizes, shapes and colours light resistant are available on the market (Figure 4). Porcelainized stoneware tiles are free from glaze and are formed from a very hard material, the colour of which is part of the body. For this reason, the tile characteristics remain perfect: traffic and abrasion will not damage them but actually bring a new work surface to light, a surface that is identical to the previous one.

5. THE ARCHITECTURAL APPLICATIONS (6)

5.1 Heavily trafficked areas

From modern settings to traditional furnishing styles, porcelainized stoneware tiles are always able to bring elegance and beauty to all buildings and homes.

The porcelainized stoneware tiles:

TABLE I (TABLE I)

Características técnicas de las plaquetas de gres porcelánico*
(*Technical characteristics of the porcelain stoneware tile*)*

Característica (<i>Feature</i>)	Norma (<i>Standard</i>)	Valor de la Norma (<i>Value prescribed by the standard</i>)	Valor de los productos obtenidos (<i>Real value of the obtained products</i>)
Absorción de agua (%) <i>Water absorption (%)</i>	EN 99	< 0.5	< 0.2
Resistencia a la flexión (N/mm ²) <i>Bending strength (N/mm²)</i>	EN 100	≥ 27	> 50
Resistencia a la abrasión (mm ³) <i>Abrasion resistance (mm³)</i>	EN 102	≤ 205	< 130
Resistencia a la helada <i>Frost resistance</i>	EN 202	Sin defectos <i>No defects</i>	Sin defectos <i>No defects</i>
Coefficiente de dilatación lineal (°C) <i>Linear coefficient of thermal expansion (°C)</i>	EN 103	≤ 9 · 10 ⁻⁶	7 · 10 ⁻⁶
Resistencia al ataque químico <i>Resistance to chemical attack</i>	EN 106	Sin variación visible <i>No visible variation</i>	Sin variación visible <i>No visible variation</i>
Resistencia al choque térmico <i>Thermal shock</i>	EN 104	Sin alteración <i>No alteration</i>	Sin alteración <i>No alteration</i>
Dureza Mohs <i>Mohs hardness</i>	EN 101	≥ 5	> 5
Resistencia al impacto <i>Spot resistance</i>	EN 122	Sin variación visible <i>No visible variation</i>	Sin variación visible <i>No visible variation</i>

* Obtenido en horno de rodillos industrial
(* *Obtained in the industrial roller kiln*)

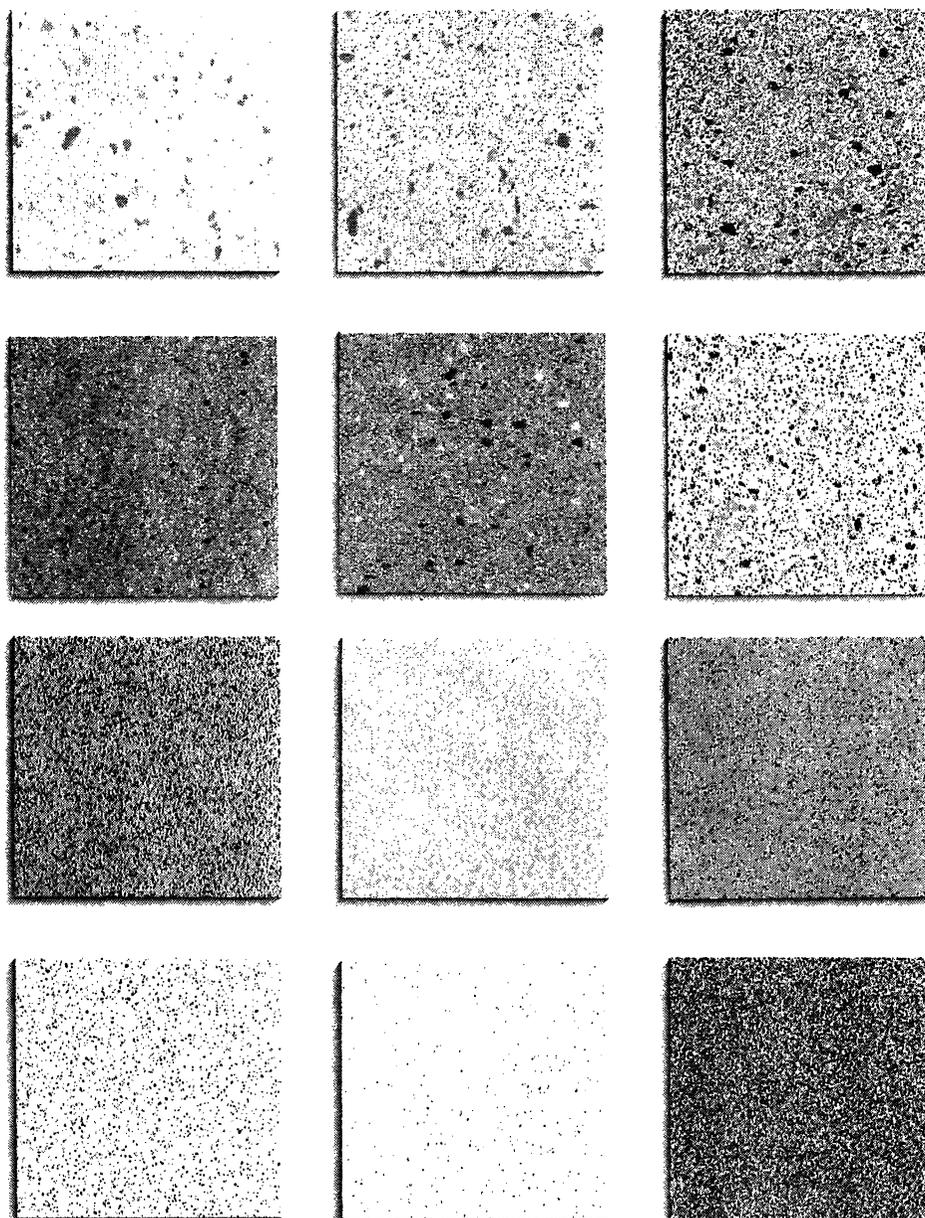


Fig. 4.- Plaquetas típicas de 33 x 33 cm de gres porcelánico.
 Fig. 4.- Typical 33 x 33 cm porcelainized stoneware tiles.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · son apropiados para recubrimientos de pisos y paredes; · son ideales para tráfico o tránsito pesado en áreas sujetas a tensiones mecánicas y químicas; · son apropiados, con el acabado adecuado de su superficie, para el tránsito en condiciones secas y húmedas; · ofrecen una gama amplia de apariencias y tamaños; · están disponibles con diferentes acabados de su superficie: desde aspecto de pizarra a texturas altamente brillantes; · presentan ilimitados aspectos, tamaños y combinaciones, ofreciendo soluciones válidas para | <ul style="list-style-type: none"> · are suitable for both floor and wall covering; · are ideal for heavy-traffic areas subject to mechanical and chemical stresses; · are suitable, with proper surface finish, in dry and wet conditions; · offer a wide range of colours and sizes; · are available with different surface finishes ranging from slate to highly glossy textures; · allow limitless colours, size and surfaces combinations so offers therefore valid solutions |
|---|--|

interpretaciones modernas en arquitectura o para remodelar edificios viejos y clásicos.

En edificios públicos, en donde las áreas de tránsito están sujetas a intensas tensiones y tráfico peatonal por encima de lo requerido por las normas, y que necesitan de soluciones especiales con buena técnica y diseño, el gres porcelánico ha demostrado ser un material sumamente funcional, fuerte e higiénico en edificios públicos, tales como hospitales, estaciones de ferrocarril, aeropuertos, edificios oficiales, escuelas, áreas comerciales de grandes superficies y edificios comunes, especialmente cuando el servicio que se requiere del pavimento es verdaderamente intenso. En todas estas aplicaciones, el gres porcelánico supera, con holgura, las exigencias que se requieren para estas aplicaciones.

Incluso en el caso de usos en lugares públicos, tales como: restaurantes, bares, discotecas, supermercados, oficinas, teatros, centros deportivos y culturales, el gres porcelánico permite crear escenas decorativas originales, debido a su infinita modularidad y riqueza de aspectos.

5.2 Aplicaciones industriales

Las características y propiedades tecnológicas del gres porcelánico lo hacen especialmente apropiado para su uso en aplicaciones industriales. En áreas donde los pisos están sometidos a tensiones severas, debido a cargas pesadas, ataque químico, choque térmico, presencia de agentes contaminantes, aceites y grasas; el gres porcelánico encuentra su campo de aplicación perfecta y natural.

Pero otro factor que, en este caso, viene en ayuda del arquitecto, es su espesor (11/12 mm; 14/15 mm), y una gran variedad de formatos diferentes y piezas auxiliares como son bordillos, listelos, rincones, esquinas, terminaciones...etc.

5.3 Usos domésticos

La vivienda de primer uso o segunda residencia son los lugares donde los pisos y paredes pueden expresar, de una manera más completa, las maneras y estilos diferentes de vivir. Los apartamentos, villas, bloques de apartamentos y residencias son, también, lugares muy apropiados para dar a conocer las calidades del gres porcelánico. Estilos clásicos o rústicos y modernos, pulidos o mate, en ambientes estructurales neutros o con "leitmotiv" arquitectónicos, cualquiera que sea la escena, el gres porcelánico siempre da soluciones para mejorar el proyecto original.

either for new and modern constructions, or for remodelling of old and classic buildings.

Public and service buildings, where the areas are subjected to physical stress and pedestrian traffic which is well above the norm, need special solution from both a technical and design aspect. Porcelainized stoneware has demonstrated to be an extremely functional, strong and hygienic material in public buildings in general, such as hospitals, railway stations, airports, schools and communities, especially when service is truly heavy-duty. In all these solutions, porcelainized stoneware effortlessly overcomes the heaviest duty stress.

Even when used in public service buildings such as restaurants, bars, discoteques, shops, offices, theatres, sports and cultural centers, porcelainized stoneware allows create original settings thanks to its infinite modularity and wealth of colours

5.2 Industrial constructions

The intrinsic technical and functional performance of porcelainized stoneware makes it particularly suitable for use in industrial constructions. It is precisely in areas where the floors can be subjected to severe stress caused by heavy loading, chemical attack, high thermal shock, presence of polluting agents, oil and grease that porcelainized stoneware finds its natural and perfect application field.

But other factor here come to the architect's aid: increased thickness (11-12 mm; 14-15 mm), a variety of different formats and special pieces such as skirting, stringers, scum troughs, corner pieces and edgings plus a series of textured non-slip surfaces

5.3 Homes

Homes are the places where floors and walls can be expressed in the most complete way and used to interpret many different styles and ways of living. Apartments, villas, blocks of flats and residences: porcelainized stoneware reveals its qualities in each of these environments. Classically elegant or sophisticated and modern, polished or matte, with a neutral background or architectural "leitmotiv": whatever the setting, porcelainized stoneware can enhance any type of project, always proposing highly original planning solutions.

Gracias a su modularidad y variedad infinita de apariencias y formatos, emergen diferentes texturas, dando al hogar un ambiente más elegante y acogedor. Es impermeable, resistente a las manchas y no resbaladizo. Su elegancia y funcionalidad garantiza el acondicionamiento del gres porcelánico a toda clase de entornos domésticos, sin necesidad de recurrir al vidriado o barnizado de su superficie.

5.4 Aplicaciones externas

El gres porcelánico es resistente a la helada y a los agentes atmosféricos, por lo que se usa, cada vez más, para recubrimiento de paredes externas, con adecuados sistemas de fijación a la estructura de la fachada. Su versatilidad y estética lo hace ideal para este tipo de aplicaciones y para dar un nuevo estilo contemporáneo a los edificios. Los resultados que pueden lograrse con este tipo de gres son espectaculares, con altos contenidos estéticos, a la vez que ofrecen buenas soluciones de aislamiento frente al aire y al ruido.

5.5 Suelos o pavimentos elevados

Los aspectos únicos del gres porcelánico (fortaleza, solidez, planaridad, mantenimiento sencillo, producto altamente higiénico y que cumple todas las normas para pavimentos y revestimientos) hacen de este producto la mejor elección para pavimentar pisos alzados (Fig. 5). Básicamente, un sistema secundario de piso consiste en la instalación del piso sobre una estructura para crear una profundidad variable, con objeto de proveer un

Thanks to its modularity and infinite variety of colours, formats and surface textures, porcelainized stoneware furnishes the home, enhancing both areas and room settings. It is waterproof, stain-proof and non-slip. Elegance and functionality: a winning combination guaranteed by the composition of porcelainized stoneware, a "full-bodied" ceramic material with no surface glaze.

5.4 External applications

Porcelainized stoneware, thanks to its frost-resistance, hardness and resistance to atmospheric agents, is increasingly used for external curtain wall cladding. Its aesthetics versatility makes it ideal for both remodelling works and new contemporary style buildings. The results that can be achieved with porcelainized stoneware claddings have high aesthetic content and, at the same time, offer increased insulation, air and noise seal performance.

5.5 Raised access floors

The unique features of porcelainized stoneware (strength, compactness, planarity, low maintenance requirements, high hygienic standards) make it the best choice for tiling raised floors (Fig. 5). Basically, a secondary floor system was installed on the structural floor to create a void of variable depth, to provide invisible space for facilitating the ever-increasing demand to distribute the electrical, mechanical and

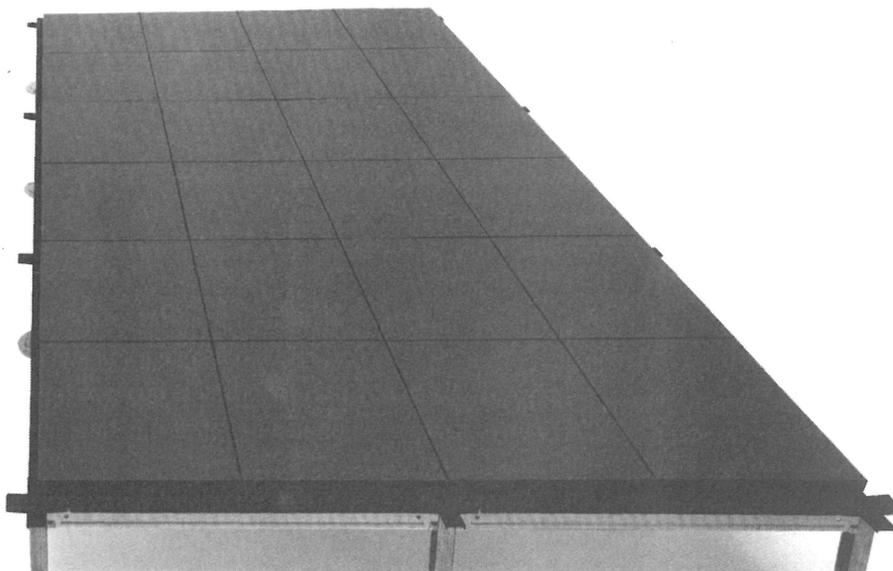


Fig. 5.- Ejemplo de suelo de acceso elevado.

Fig. 5.- Example of raised access floor.

espacio invisible para facilitar la creciente demanda de distribución de las instalaciones eléctricas, mecánicas y de servicios especiales, tanto actuales como para un futuro previsible. La accesibilidad a estos servicios es de vital importancia para las reparaciones como consecuencia de las alteraciones debidas al paso del tiempo. Otras reparaciones, mantenimiento y flexibilidad en futuros cambios, se darían tanto en la tecnología como en la disposición de oficinas. Plaquetas de 10 mm de espesor, con tamaños diferentes, están disponibles en el mercado. La Figura 5 muestra un piso alzado de acceso construido sobre una subestructura de acero galvanizado.

6. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

El éxito de una pavimentación de piso cerámico no depende solamente de la calidad de las plaquetas cerámicas. De hecho, las plaquetas cerámicas son, únicamente, la parte superior de un sistema multicapa que incluye: el sustrato de hormigón u otro material, los pegamentos o colas, las juntas de expansión, etc... Por esto, la instalación, es muchas veces tan importante como las plaquetas en sí mismas. El gres porcelánico puede instalarse como todas las plaquetas cerámicas, por lo tanto, es posible usar un mortero tradicional de cemento o sistemas conjuntos de cementos- cola. Es entonces necesario seguir la práctica normal, incluyendo la preparación del sustrato y de los adhesivos e instalar juntas de expansión para absorber las dilataciones o movimientos del piso que pueden generar rupturas de plaquetas. Una vez que la operación de alicatado se completa, se recomienda que se limpie el piso con detergentes especiales. Es importante evitar caminar sobre el piso durante un tiempo de 3-4 días para permitir el curado del sistema de multicapas. Cuando se usa un sistema de mortero de cemento sin aditivos de curado, es necesario esperar, incluso un mes, antes de someter el piso a esfuerzos con objetos pesados. El gres porcelánico, como todos los materiales cerámicos, tiene la superficie superior preparada para ser usado sin necesidad ninguna de cera o tratamientos de sellado. Para el mantenimiento diario, es suficiente lavar el área alicatada con un paño y/o un detergente normal. Merece la pena también mencionar que el gres porcelánico puede resistir cualquier ataque por productos químicos, excepto el ácido fluorhídrico, que puede atacar cualquier material cerámico de silicato.

7. CONCLUSIONES

El gres porcelánico es un material extremadamente duro y homogéneo y no vidriado. Es, además fuertemente compacto, obtenido por cocción rápida de

specialist service for today and the foreseeable future. The easy access part is vitally important for alterations, repairs, maintenance and flexibility for future changed in office layout and technology. About 10mm thickness tiles of different size can be used. Figure 5 shows a raised access floor obtained with the appropriate galvanized steel substructure.

6. INSTALLATION AND MAINTENANCE

The success of a good ceramic floor covering does not only depend from good quality of ceramic tiles. In fact, ceramic tiles are only the upper part of a multilayer system that includes substrate, bonding and grouting materials, expansion joints, etc... For this reason the installation is a much important as the tiles themselves. Porcelainized stoneware tiles can be installed like all ceramic tiles and it is therefore possible to use either the traditional cement mortar or this-set system. It is then necessary to follow the normal practice that includes preparation of substrate and of adhesives, installations of expansion joints to absorb floor movements that would generate tiles cracks. Once tiling operation is completed, it is recommended to clean the floor with specific detergents. It is important to avoid walking on the floor for 3-4 days time to allow proper curing of the multilayer system. When using the cement mortar system without curing additives it is necessary to wait even for one month before stressing the floor with weights. Porcelainized stoneware tile, like all ceramic tiles, has the upper surface ready to be used and do not need any kind of wax or sealing treatment. For daily maintenance, it is enough to wash tiled area with a cloth and normal ceramic detergent. It is also worthy to know that porcelainized stoneware can withstand any chemical substance except hydrofluoric acid which can attack any ceramic material.

7. CONCLUSIONS

Porcelainized stoneware is an extremely hard and homogeneous unglazed material, strongly compact, obtained by fast-firing of a pressed green ceramic mix

una mezcla cerámica en crudo prensada que contiene una relación adecuada de arcillas de tipo caolinítico, feldespatos y cuarzo.

Como consecuencia de la composición química y mineralógica de la pasta cerámica inicial, de la finura de las materias primas y de la temperatura de cocción cercana a los 1.220°C, la microestructura de las plaquetas cocidas se caracteriza por la presencia de cristales fuertemente enlazados de mullita y cuarzo residual, embebido en una matriz vítrea de porosidad muy baja.

Gracias a su microestructura, que le confiere propiedades mecánicas y físicas peculiares, el gres porcelánico presenta resistencias excepcionalmente altas a todo tipo de tensiones, tanto físicas como químicas: arañazos o desgaste por abrasión, choque térmico, alto tránsito peatonal y resistencia al impacto.

Un extenso número de combinaciones de aspectos y colores permiten componer innumerables atmósferas y ambientes, todo lo cual contribuye a resaltar y destacar el diseño interno. El diseño puede ser estrictamente clásico o más creativo e innovador y, gracias a las características de estas plaquetas, son muy adecuadas para el uso público en grandes superficies. El gres porcelánico se puede utilizar en acabados superficiales, brillantes o mates, diferentes colores y combinaciones de luz, tanto para interiores como para exteriores.

Para mantener la superficie en condiciones de limpieza es suficiente con agua y los detergentes habituales. Las plaquetas de este tipo de gres tienen una alta resistencia a los ácidos y álcalis.

Las plaquetas de gres porcelánico están disponibles en una amplia gama de apariencias y tamaños, ofreciendo soluciones válidas para nuevas decoraciones arquitectónicas e interpretaciones modernas, o para remodelar edificios antiguos y clásicos, tanto en pisos como en recubrimientos de paredes. Son ideales para áreas de tránsito o tráfico pesado sujetas a tensiones mecánicas y químicas.

Su baja porosidad residual y la posibilidad consiguiente de las plaquetas de ensuciarse por sí mismas ligeramente, sobre todo en las plaquetas brillantes es, en la práctica, la única desventaja en el uso del gres porcelánico, aunque actualmente ya se realizan investigaciones para obviar este efecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

(1) A. BRUSA, M. DARDI y A. BRESCIANI: *Int. Ceram. J.*, Vol. 45 (1990), pp. 22-31.

containing an appropriate ratio of kaolinite clays, feldspar and quartz.

As a consequence of the chemical and mineralogical composition of the ceramic body, of the fineness of the unfired particles, and of the firing temperature near to 1.220°C, the microstructure of the fired tiles is characterized by the presence of strongly interlocked crystals of mullite and residual quartz embedded in glassy matrix of very low porosity.

Thanks to their microstructure that confer peculiar physico-mechanical properties, porcelainized stoneware tiles, offer exceptionally high resistance to all physical and chemical stress: scratch, thermal shock, foot traffic and impact.

A large number of combinations of colours and surface finish, allows porcelainized stoneware tiles to express innumerable atmospheres and use situations all of which will underscore and highlight the interior design. The design may be strictly classical or more creative and innovative and, thanks to tile's structural characteristics, areas for large public use can combine excellent aesthetic performance with high technical variability. Porcelainized stoneware can offer, particularly in the glossy form, unexpected colour schemes and plays of light, both for interior and/or exterior.

To maintain surface in cleanliness conditions is very easy: water and ordinary detergents are needed for cleaning. Tiles have a high alkalies and acids resistance.

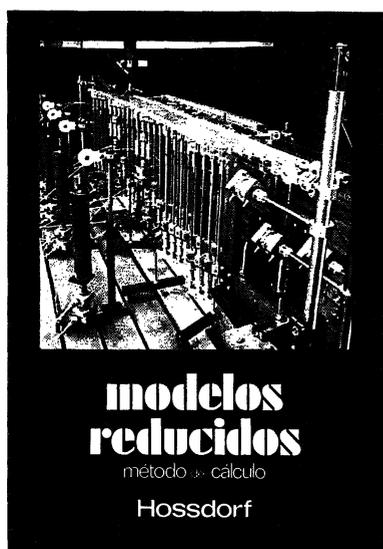
Porcelainized tiles, available in a wide range of colours and sizes, offer therefore valid solutions either for new and modern constructions, or for remodelling of old and classic buildings both for floor and wall covering. They are ideal for heavy-traffic areas subject to mechanical and chemical stresses.

The residual low porosity and the consequent possibility of the tiles to dirty oneself slightly (this is more evident in the glossy tiles) is, in practice, the only disadvantage in the porcelainized stoneware use.

- (2) T. MANFREDINI y G.C. PELLACANI: pp. 925-29, en "Cerámicas and Glasses", Redactado por A.S.M. Internacional, Metals Park, OH, 1991.
- (3) T. MANFREDINI, M. ROMAGNOLI, G.C. PELLACANI y L. PENNISI: Am. Ceram. Soc. Bull, 74(5) 1995, pp. 76-79.
- (4) L. BARBIERI, L. BONFATTI, A. M. FERRARI, C. LEONELLI, T. MANFREDINI and D. SETTEMBRE BLUNDO: Ceramics: Charting the Future pp. 99-105, Proceedings 8th Cimtech World Ceramics Congress, P. Vincenzini, Ed., Techna, Faenza (1995).
- (5) S.A.C.M.I., Informe Particular.
- (6) CASALGRANDE PADANA: Private Reports on characteristics of products.

* * *

publicaciones del IETCC/CSIC

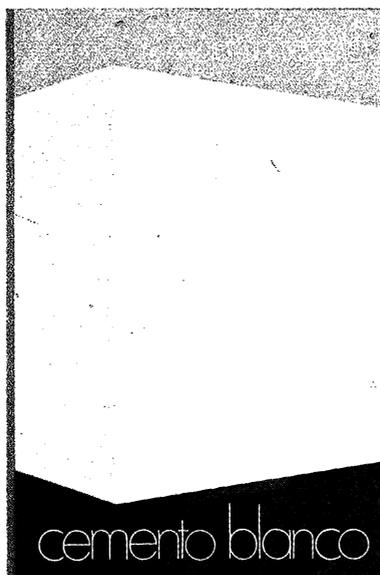


Modelos reducidos. Método de cálculo

H. Hossdorf, Ingeniero Civil

La técnica de los ensayos en modelos reducidos de estructuras sufre hoy día una decisiva metamorfosis. Hasta hace poco era un medio más bien de artesanía, que no siempre era tomado en serio por los académicos teorizantes para comprender el comportamiento resistente de las estructuras complejas y al que se acudió las más de las veces, como a un último remedio debido a sus indiscutibles insuficiencias. Sin embargo, en poco tiempo y gracias a su conexión con los ordenadores digitales, se ha transformado en un instrumento científicamente valioso, que no puede quedar a un lado en la práctica diaria del Ingeniero Projectista.

Un volumen encuadernado en cartóné plastificado con lomo de tela, de 17 x 24 cm, compuesto de 250 páginas, 158 figuras y fotografías.



Cemento blanco

Julián Rezola
Ingeniero Químico Dipl. I. Q. S.

Sabido es que existe una extensa y documentada bibliografía sobre el cemento gris; en cambio, no puede decirse lo mismo acerca del cemento Portland blanco, ya que los escritos existentes se refieren tan sólo a algunas peculiaridades que le distinguen de aquél.

El autor nos ofrece sus profundos conocimientos y su larga experiencia tanto en laboratorio como en fabricación.

La parte descriptiva del libro se complementa con gráficos, diagramas y fotografías de gran utilidad, destinados a conseguir la aplicación apropiada de este aglomerante.

Un volumen encuadernado en cartóné polícerao, de 17,4 x 24,3 cm, compuesto de 395 páginas, numerosas figuras, tablas y ábacos.



La presa bóveda de Susqueda

A. Rebollo,
Dr. Ingeniero de Caminos

El esfuerzo del constructor de presas se sitúa, por su pretensión de perennidad, a contracorriente de las tendencias de la civilización actual, caracterizada por lo fungible. Pueden evocarse las 10.000 grandes presas en funcionamiento o en construcción que están envejeciendo y reclaman los cuidados gerontológicos para mantener y perfeccionar su servicio y garantizar su inalienable pretensión de perennidad. En la medida en que todas nuevas obras, grandes o pequeñas, son portadoras de riesgos ecológicos y, a veces, catastróficos, que aumentan con el envejecimiento, la gerontología de las presas es todo un empleo. La acción adelantada de Arturo Rebollo en este terreno marca un camino a seguir para todos los que aman su propia obra con la devoción paternal que él ha puesto en Susqueda.

Un volumen encuadernado en cartóné plastificado con lomo de tela, de 18 x 24,5 cm, compuesto de 408 páginas, 330 figuras y fotografías y 39 tablas.