

DISEÑO DE PISOS Y REVOQUES CON EMPLEO DE TIERRA TOSCA ESTABILIZADA. BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Rodolfo Rotondaro*, Juan Carlos Patrone* y Alex Schicht*

Resumen

En este trabajo se resumen avances de la investigación sobre componentes básicos y elementos constructivos para pisos, revoques y terminaciones de superficie que se lleva a cabo en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, con apoyo de dos lugares de experimentación de campo ubicados en el Gran Buenos Aires (en el barrio Bancalari, y en la localidad de Florencio Varela). Su objetivo principal es la producción de prototipos alternativos de pisos, revoques y terminaciones de superficie con empleo de tierras estabilizadas, para transferir a la población bajo la Línea de Pobreza en el área metropolitana de Buenos Aires. Se sintetiza información sobre los materiales empleados, las características técnicas en los prototipos (contrapisos, carpetas, baldosas y revoques), los ensayos de resistencia a la flexión de series de baldosas, y el procedimiento constructivo empleado para fabricar baldosas y revoques. Se brinda también información sobre el dispositivo de ensayo basado en la Norma IRAM N° 1522. El material base empleado es la tierra denominada "tosca", obtenida en una tosquera de Brandsen, en el Gran Buenos Aires. Se presentan conclusiones preliminares a partir de las observaciones sobre los ensayos realizados y las resistencias obtenidas, y de la evaluación de las técnicas constructivas, así como también se enuncian consideraciones generales sobre la posible aceptación social de los prototipos.

Palabras clave: habitat social, tecnología de tierra cruda, elementos constructivos

Introducción

Los resultados obtenidos mediante el ensayo de prototipos de pisos y revoques brindan información parcial interesante desde el punto de vista de la resistencia de algunos de los materiales en ensayo, a base de tosca estabilizada, así como también en cuanto a las técnicas que exigen los prototipos, comparadas con las del mercado convencional de la construcción. La técnica del contrapiso de suelo-cemento apisonado, así como la del baldosín fabricado con la bloquera del tipo CINVA-RAM presentan algunas complejidades de producción que habrá que analizar en forma comparativa y contrastada en costos con las similares que ofrece el mercado. En el caso de los revoques monocapa y bicapa con tosca estabilizada, aplicados sobre sustratos de BTC y de tapial, presentan resultados importantes tanto en Florencio Varela como en Bancalari, en cuanto a durabilidad, adherencia y fisuración.

* Arquitectos. Programa ARCONTI, Instituto de Arte Americano, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, FADU, UBA. Proyecto PIP 5408 CONICET. Pabellón III, 4to piso. (1428), Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Tel. (54.11) 4789 6270 E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

Los dispositivos de ensayo diseñados que se están empleando han producido información sobre resistencias de dureza y a flexión importante para la evaluación entre prototipos y materiales fabricados por el proyecto, restando aún su evaluación comparativa con las resistencias exigidas por la normativa vigente.

La participación de mano de obra local y de un centro vecinal (en Bancalari) permiten una aproximación a contextos socioeconómicos significativos para la investigación, inclusive en las prácticas de construcción de prototipos y la expectativa que éstos generan en la población de cada barrio.

Esta investigación forma parte del Proyecto PIP 5408 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Argentina (CONICET), titulado *Tecnología con tierra estabilizada para la vivienda de interés social. Componentes y elementos constructivos para pisos y terminaciones de muros* (Rotondaro et al,2004,2005,2006;Schicht et al,2004,2005). El Proyecto es dirigido por uno de los autores (Rotondaro) y tiene sede en el Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas “Arq. Mario J. Buschiazzi”, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA). Se desarrolla en tres ámbitos: la FADU-UBA, en la Ciudad de Buenos Aires; la Asociación Civil El Nuevo Progreso, en el barrio Bancalari, en el Norte del Gran Buenos Aires; y en el municipio de Florencio Varela, en el Sur del Gran Buenos Aires.

Objetivos.

El objetivo general del Proyecto es generar soluciones constructivas para pisos y terminaciones de muros con tecnología de tierra estabilizada, de baja complejidad técnico-constructiva y bajo costo, para su posible transferencia y desarrollo en el ámbito de la vivienda de la población bajo la Línea de Pobreza. El objetivo específico es construir series de prototipos y evaluar las resistencias mecánicas, la complejidad constructiva y los costos de los mismos, mediante ensayos físico-mecánicos simples y normalizados y evaluaciones comparativas.

Aspectos metodológicos.

Se puso en práctica una estrategia de gestión interinstitucional con el fin de permitir la vinculación del sistema científico-tecnológico oficial (CONICET y FADU UBA) con una organización barrial de base (el centro vecinal de Bancalari) y con un municipio de la zona Sur del Gran Buenos Aires (Florencio Varela), estos últimos representativos de sectores poblacionales bajo la Línea de Pobreza del Gran Buenos Aires. Este modo de gestión apunta a posibilitar la transferencia de resultados en dichos ámbitos poblacionales, con la participación de organismos intermedios y de población beneficiaria directa. Se fabricaron diferentes materiales y se diseñaron y construyeron series de prototipos de componentes básicos, sobre sustratos tapial de suelo-cemento y de BTC tipo CINVA-RAM de suelo-cemento. Se realizaron ensayos de resistencia a la rotura por flexión de varias series de baldosines y baldosas en laboratorio de la FADU-UBA, y el monitoreo técnico del comportamiento físico-mecánico de los revoques construidos en Bancalari y en Florencio Varela, que aún continúa. La mano de obra incluye a los investigadores y a albañiles y ayudantes locales que fueron contratados para el trabajo específico.

Materiales y técnicas.

Para los prototipos se emplea una tierra denominada *tosca*, que es adquirida en una tosquera de Brandsen en actividad; arena fina de corralón; cemento tipo Pórtland; cal hidratada y agua de red. La tosca se tamizó con tamices de 5 mm y de 1,5 mm de abertura de malla y las herramientas y equipos utilizados son los tradicionales de la construcción civil, salvo la bloquera del tipo CINVA-RAM. Los prototipos incluyen a componentes básicos: y elementos constructivos: baldosas, balsosines, paño de contrapiso, paño de carpeta, paño de piso (contrapiso y carpeta de terminación), paño de revoque y paño de terminación superficial sobre pared de tierra. En el Anexo I se resumen las características en cuanto a materiales, espesores, dimensiones principales y técnica constructiva (tablas 1 a 4). En los cuadros siguientes se reseña en forma gráfica el procedimiento constructivo básico para fabricar las baldosas y los revoques, de acuerdo con los prototipos construidos en la FADU UBA, en Bancalari y en Florencio Varela.

Cuadro 1: Secuencia constructiva de las baldosas de 25x25x2 cm (Florencio Varela)

 <p>Preparación de la tierra y las mezclas</p>	 <p>Relleno en molde de 5 baldosas</p>
 <p>1ra capa alisada a regla</p>	 <p>Relleno de capa final a cuchara</p>
 <p>Alisado a cuchara</p>	 <p>Terminación con lana metálica</p>

Cuadro 2: Secuencia constructiva de revocos bicapa en Bancalari







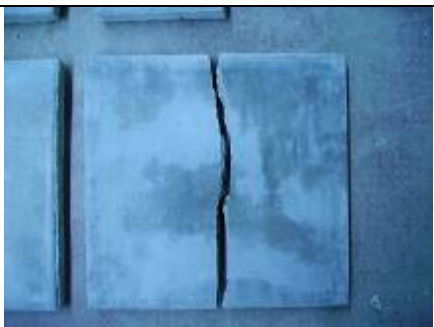



Cuadro 3: Secuencia constructiva de los revocos bicapa en Florencio Varela



En cuanto a los componentes básicos prefabricados (de suelo-cemento comprimido en bloquera y colado en moldes, en dos capas de material diferente), se han construido series de baldosines y baldosas, variando materiales, espesores y técnica constructiva, con fines comparativos entre sí y para buscar su correlato con las resistencias exigidas por norma. Estas series se están ensayando para evaluar sus aspectos dimensionales y de resistencias mecánicas, entre ellas la de flexión (cuadro 4) siguiendo las especificaciones de la Norma IRAM 1522.

Cuadro 4: Ensayo a rotura por flexión de baldosas y baldosines (FADU UBA)

 <p>Baldosín bicapa de 14x29x2,4 cm con cuerpo de s-cemento</p>	 <p>Baldosa bicapa de 30x30x4,5 cm con cuerpo de s-cemento y s-cemento-cal</p>
 <p>Aplicación de carga</p>	 <p>Ensayo terminado</p>
 <p>Baldosín ensayado</p>	 <p>Ensayo de 12 piezas por prototipo</p>
 <p>Baldosa bicapa de 25x25x2,4 cm</p>	 <p>Ensayo de 12 piezas por prototipo</p>

Conclusiones preliminares.

Observaciones sobre los ensayos y las resistencias obtenidas.

Los resultados heterogéneos obtenidos a través de los ensayos de Rotura por Flexión, y en menor medida los de Impacto por Choque y Desgaste por Abrasión, indican que las resistencias características de los Prototipos son insuficientes aún con respecto a las normas nacionales, y también alertan sobre la necesidad de un número mayor de probetas ensayadas (más de doce por material o prototipo).

La carencia de equipos apropiados para realizar los ensayos según protocolos establecidos por normas oficiales, dificulta la obtención de información totalmente confiable, y restringe estos datos a la eficacia limitada lograda con los dispositivos caseros fabricados en la universidad. De todos modos, orienta en forma satisfactoria sobre las limitaciones de estos dispositivos y si vale la pena optimizarlos, y genera información básica comparativa entre materiales, que es valiosa en esta etapa del trabajo.

Los resultados generales sobre las resistencias físico-mecánicas de los prototipos de carpetas (CA 01 y 02) son mejores en comparación con las de los baldosines comprimidos (BCR 01, 02 y 03). Los Baldosines tienden a ser elementos frágiles que deben ser manipulados con cuidado para evitar rotura de vértices y aristas, además de que con frecuencia sus bordes se desgranar con facilidad.

En los baldosines el aumento en la cantidad de cemento en la mezcla utilizada para la Capa de Desgaste produce mejoras significativas en la resistencia al desgaste por abrasión; sin embargo un incremento similar de cemento en la mezcla utilizada para el Cuerpo de los baldosines no produce mejoras tan evidentes en la resistencia a la flexión y a la rotura por choque. La heterogeneidad en los resultados obtenidos por los ensayos de Flexión, y en menor medida los de Choque y Abrasión, parecería deberse a la falta de homogeneidad propia de la tosca utilizada, y no a una falta de cuidado en la elaboración de las probetas o en la ejecución de los ensayos, ya que los mismos se hicieron siempre de igual forma y por la misma persona, y las probetas fueron construidas con la misma mezcla y por la misma persona.

A pesar de que los prototipos aún se hallan en una fase experimental, en el caso de las carpetas se han obtenido buenas terminaciones, con bordes firmes que no se desgranar. La terminación superficial es lisa y pareja, y su resistencia al Desgaste por Abrasión es bastante homogénea. Para los baldosines los resultados son aún prematuros, pero la terminación de la superficie es lisa y estéticamente agradable; resta por mejorarse la calidad de las aristas, ya que aunque no tienden a desgranarse sí tienden a romperse al momento del desmolde. También resta asegurar una homogeneidad en el espesor de los baldosines, que aunque es aceptable, eventualmente presenta diferencias de espesores y alabeos en el cuerpo de los mismos. Si se comparan los resultados de los ensayos realizados a los Baldosines con la norma IRAM 1522 se puede concluir lo siguiente:

a) Para el ensayo de Desgaste por Abrasión no es posible establecer comparaciones con la norma IRAM, ya que no hay seguridad en poder homologar el dispositivo de ensayo empleado.

b) Para el ensayo de Flexión los resultados están por debajo de las exigencias de la norma (valores mínimos establecidos para baldosas calcáreas 25 daN/cm² y para baldosas graníticas 35 daN/cm²) ya que los valores para la resistencia media β cm están comprendidos desde 3.33 daN/cm² a 6.51 daN/cm², y los valores para la resistencia media β cm obtenidos están comprendidos desde 0.60 daN/cm² a 3.51 daN/cm².

c) Para el ensayo de Rotura por Choque también los resultados están por debajo de las exigencias de la Norma IRAM, que establece que las probetas no deben romper a una altura menor a 70cm, y los resultados de los ensayos realizados a los Baldosines rompieron a alturas comprendidas entre 30 y 40cm.

Evaluación de las técnicas constructivas.

La técnica del compactado manual con pisón, en dos capas, empleada para construir el contrapiso (P CCom), exige mayor trabajo que la técnica de colado utilizada en el sistema de construcción tradicional. A esto se suma el incremento de tiempo en el zarandeo de la tosca, y la complicación en el preparado de la mezcla, ya que la misma no puede realizarse mecánicamente con una mezcladora tradicional (“trompito” o “perita”) y la incorporación de agua a la misma debe hacerse cuidadosamente de manera más lenta y uniforme.

Aunque la técnica constructiva de las Carpetas de Suelo-cemento aún debe mejorarse, es más sencilla que la de los Baldosines de Suelo-cemento, exige menor cuidado y es similar a la de una carpea tradicional de cemento alisada. La técnica constructiva de los Baldosines es más compleja debido a que:

- la técnica en general requiere de una mayor cantidad de horas-hombre por metro cuadrado y de un mayor cuidado, debido a esto la mano de obra debe ser mínimamente calificada.
- el empleo de dos mezclas con diferente dosificación (una para la capa de desgaste y otra para el cuerpo del baldosín) requiere de mayor trabajo, ya que no solamente agrega complejidad a la construcción del elemento sino también a la de la preparación de las mezclas (por que es necesario disponer simultáneamente de dos mezclas diferentes).
- todavía quedan por resolverse problemas que ocurren en el momento del desmolde, ya que muchas veces la capa de desgaste tiende a pegarse al contra-molde.
- al ser un elemento frágil, exige mucho cuidado en el desmolde, traslado y almacenamiento, de lo contrario tiende a romperse. De todas maneras y a pesar de los cuidados extremos en el laboratorio, muchas veces las aristas de los baldosines se rompen en el momento del desmolde.

Estas complicaciones generan una técnica constructiva de baja productividad.

Reflexiones sobre la aceptación social de los prototipos.

Para todos los prototipos, los resultados obtenidos por los ensayos como así también las particularidades constructivas, son estrictamente dependientes para el tipo de suelo utilizado en las mezclas y los mismos deberían ser ajustados de acuerdo a la disponibilidad del suelo que se utilice.

Ya que los prototipos tienden a tener mayor complejidad constructiva, y que esto implica un aumento en las horas-hombre necesarias para su construcción, podría concluirse que el ámbito más adecuado para la transferencia tendría que ser aquél en el cual se disponga de mano de obra de muy bajo costo, ya sea porque se ejecuten por un sistema de autoconstrucción o por disponer de mano de obra desocupada. Así como es conveniente tener en cuenta la posibilidad de disponer de bajos costos de la mano de obra empleada, también es posible la obtención de la tosca sin costo en otros ámbitos, ya sea porque su obtención es gratuita, proveniente de alguna excavación, o porque se la extrae directamente a pie de obra.

En el caso de los Baldosines, además de la complejidad constructiva, la mano de obra necesita ser mínimamente calificada y cuidadosa en la ejecución. Se requiere de controles en obra. También hay que tener en cuenta que la inversión inicial necesaria para la compra de la prensa tipo Cinva-Ram justifica la misma en el caso de tratarse de una producción importante, o bien en centros vecinales, cooperativas o programas de ayuda donde ya se disponga de una prensa. Particularmente, el costo del contramolde de chapa plegada para el fondo de la caja de la prensa es bajo (dólares u\$8.- aproximadamente) y lo puede fabricar un herrero mínimamente calificado.

Reconocimientos.

El trabajo es financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICET, y cuenta con el apoyo institucional y material de la FADU UBA; de la Asociación Civil El Nuevo Progreso, de Don Torcuato; y de la Municipalidad de Florencio Varela, organismos de actuación en el Gran Buenos Aires.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- BERRETTA, Horacio. Vivienda y promoción para las mayorías. Ed. Humanytas. Buenos Aires, Rep. Argentina. 1987.
- CASTAGNINO, Raúl; BRANDER, Claudio; y otros. Introducción a la Construcción. Buenos Aires, Rep. Argentina. Ed. El Politécnico. 1994.
- ENTEICHE G., Augusto. Suelo-cemento. Su aplicación en la edificación. Bogotá, Colombia. Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. 1963.
- HERNANDEZ RUIZ, Luis; MARQUEZ LUNA, José. Cartilla de pruebas de campo para la selección de tierras en la fabricación de adobes. México D.F., México. Oficinas Editoriales Conescal. 1983
- ICPA, Instituto del Cemento Pórtland Argentino. Suelo-cemento. Un material con muchas aplicaciones. Boletín ICPA N° 139. 1991.
- IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Norma N° 1522. Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana. Buenos Aires, Rep. Argentina. 1971.
- KRUK, Walter; DI PAULA, Jorge. La transferencia tecnológica. Revista Vivienda Popular 6:4-10. Montevideo, Uruguay. 2000.
- MARTINEZ CORBELLA, Carlos. Algunas teorías sobre la Vivienda de Interés Social. Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 2002.
- ROTONDARO, Rodolfo; SCHICHT, Alex. Muros y pisos de suelo-cemento para mejorar la vivienda social. Zonas urbanas del Gran Buenos Aires, Argentina. En: TERRA em Seminario.IV Seminario Ibero-Americano de Construcao com Terra:43-45. Monsaraz, Portugal. 2005.
- SCHICHT, Alex; PATRONE, Juan C; ROTONDARO, Rodolfo. Pisos y solados con tierra estabilizada, Prototipos para la vivienda de bajo costo. En: Memoria del 3° SIACOT:205-213. Tucumán, Rep. Argentina. Proyecto XIV.6 Proterra. CYTED-HABYTED. 2004.
- SOSA, Mirta. Procedimiento de Identificación de la tierra. Pruebas preliminares y análisis de laboratorio. Tucumán, Rep. Argentina. Publicaciones LEME/CRIATIC, FAU-UNT. 2001.

ANEXO I

Tabla 1: Prototipos de contrapisos

NOMBRE	DOSIFICACIÓN (partes en volumen)												ESPESOR (cm)	DIMENSIÓN (cm)	DESCRIPCIÓN
	SUSTRATO								CAPA DESGASTE						
	CEMENTO	CAL	ARENA	TAMIZAD	EN TERNON	CASCOTE	PIEDRA PARTIDA	CEMENTO	CAL	ARENA	TAMIZAD				
P C ap 001	1		2	4									10 a 15	110x180	Contrapiso compactado a mano con pisón, en dos capas.
P C co 101	1/4	1	3		10		2						12		Contrapiso de suelo-cal y cemento colado y regleado sobre un film de nylon
P C co 102		1			10								12		Contrapiso de suelo-cal colado y regleado sobre un film de nylon
P C co 103	1/8	1	3	7			2						12		Contrapiso de suelo-cal y cemento colado y regleado sobre un film de nylon
P C ap 101	1			11									12		Contrapiso de suelo-cemento apisonado en dos capas construido sobre tosca apisonada
P C co 002 *	1/4	1	4				8						12	100x200	Objetivo: Contrapiso tradicional. Evaluar como Patron de comparacion con los Prototipos del proyecto.
P C co 003	1/4	1	2	2	8								12	100x200	Objetivo: Evaluar compartivamente (resistencia y costo) con el contrapiso tradiciona en igual dosificacion de aridos y aglomerante

Tabla 2: Prototipos de carpetas de terminación

NOMBRE	DOSIFICACIÓN (partes en volumen)												ESPESOR (cm)	DIMENSIÓN (cm)	DESCRIPCIÓN
	SUSTRATO								CAPA DESGASTE						
	CEMENTO	CAL	ARENA	TAMIZAD	EN TERNON	CASCOTE	PIEDRA PARTIDA	CEMENTO	CAL	ARENA	TAMIZAD				
P CA 001	1		1½	1½				1					3 - 4	120x140	Carpeta de suelo-cemento alisada a la llana con una lechada cementicia.
P CA 002	1		2	4				1					3,0	110x180	IDEM
	1		2	2											
P CA 101	1	1	3	1				1	1/2				5,2		Carpeta de suelo-cemento alisada a la llana
P CA 102	1	1	1/3	1/3			2/3	1	1	2½	1		5		IDEM
P CA 103	1	1	2½	1/2				1½	1	3½	1/2		3,5		IDEM
P CA 003	1		3					1					3-4	100x200	Objetivo: Carpeta tradicional. Evaluar como Patron de comparacion con los Prototipos del proyecto.
P CA 004	1		1	2				1					3-4	100x200	Objetivo: Evaluar comparativamente (resistencia y costo) con el P CA 003 al reemplazar arena por tosca
P CA 005	1		2	4				1					3-4	100x200	Objetivo: Obtener un prototipo de bajo costo, tecnica constructiva sencilla y resistencia aceptable.

Tabla 3: Prototipos de baldosines bicapa de tierra comprimida (bloquera CINVA-RAM)

NOMBRE	DOSIFICACIÓN (partes en volumen)								ESPE- SOR (cm)	DIMEN- SIÓN (cm)	DESCRIPCIÓN			
	SUSTRATO				CAPA DESGASTE									
	CEMENTO	CAL	ARENA	TOSCA TAMIZADA	TOSCA EN TERRONE S	CASCOTE	PIEDRA PARTIDA	CEMENTO				CAL	ARENA	TOSCA TAMIZADA
P BCR 001	1		2	4				1		1		2,3	14x29 x2,4	Baldosín comprimido en prensa CINVA-RAM con contramolde de chapa plegada. Primero se coloca el mortero de la capa de desgaste en el fondo de la caja.
P BCR 002	1		3	3				1		1/2		1,8	14x29 X2,4	IDEM
P BCR 003	1		2	4				1		1		2,5	14x29 X2,4	IDEM
P BCR 004	1		2	8				1		2		3,5	14x29 X2,4	IDEM
P BCR 005	1		1/ 2	3				1		1		3,5	14x29 X2,4	IDEM
P BCR 006	1		2	5				1		1		3,5	14x29 X2,4	IDEM
P BCR 007	1		2	4				1		1		3,5	14x29 X2,4	Objetivo: Prototipo que apruebe IRAM1522 Rotura por Impacto y sea económico.

Tabla 4: Prototipos de baldosas bicapa de tierra colada (25x25 y 30x30 cm)

NOMBRE	DOSIFICACIÓN (partes en volumen)								ESPE- SOR (cm)	Espesor Desgaste	DIMENSIÓN (cm)	DESCRIPCIÓN	
	SUSTRATO				C/ DESGASTE								
	CEMENTO	CAL	ARENA	TOSCA TAMIZADA	TOSCA EN TERRONE	CEMENTO	CAL	ARENA					TOSCA TAMIZADA
P Ba 101	1	1	3	1		1				3,5		30x30	Baldosa colada de suelo-cal y cemento. Cemento y derrite de terminación.
P Ba 102	1	1	3	1		1	1/2	2		3,5		30x30	IDEM + biselado con cuchillo
P Ba 103	1½	1	2	2	2	1	½	2½	½	3,6	0.5	30x30	Baldosa colada de suelo-cemento-cal. Capa de desgaste llaneada, esp. aprox. = 5mm
P Ba 104	1	2	4	4	4	1	½	2½	½	3,5	0.5	30x30	Baldosa colada de suelo-cemento-cal. Capa de desgaste llaneada, arena y cemento 1 y 1 esp. aprox. = 5mm
P Ba 105	1	2	4	4	4	1	½	2½	½	3,5	0.5	30x30	IDEM terminación:1 cemento, 1arena
P Ba 106	1	2	4	4	4	2	½	2	¼	3,5	0.5	30x30	IDEM con capa de desgaste de 5mm
P Ba 107	1	2	4	4	4	1	½	2½	½	3,5	0.5	30x30	Idem 104
P Ba 108	½	4	8	8	8	1	½	2	¼	3	0.5	30x30	Idem 104
P Ba 109	1	2	3	3	3	2	1	3½	1	2,3	0.5	25x25	Idem 104
P Ba 110	1	2	4	2	4	1	1/2	2½	1/2	1,8	0.5	25x25	Idem 104
P Ba 111	1	2	3	3	3	1	1/2	2½	1/2	1,8	0.5	25x25	Idem 104
P Ba 112	1	1	2½	½	2	1	1/2	3	1/2	1,8	0.5	25x25	Idem 104