

Jornada de Nuevos Hormigones

Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario
12 de agosto de 2004

“Hormigones Coloreados: propiedades y aplicaciones”

María Josefina Positieri

GINTEMAC

Grupo de Investigación en Tecnología de Materiales y Calidad

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba. Argentina.

12 de Agosto de 2004

1

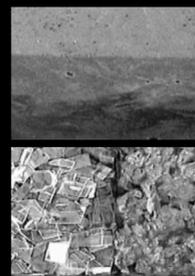
Hormigones Coloreados

¿Qué es el hormigón coloreado?

El *hormigón coloreado* es un tipo de hormigón especial que contiene una adición que le confiere la característica de tener un color distinto al “ceniza” habitual.



Se le añaden factores estéticos (colores, tonos y texturas) y de mantenimiento



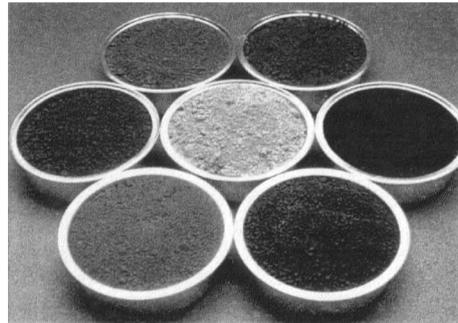
12 de Agosto de 2004

2

¿Cómo se obtiene el hormigón coloreado?

Pigmentos naturales

Pigmentos sintéticos

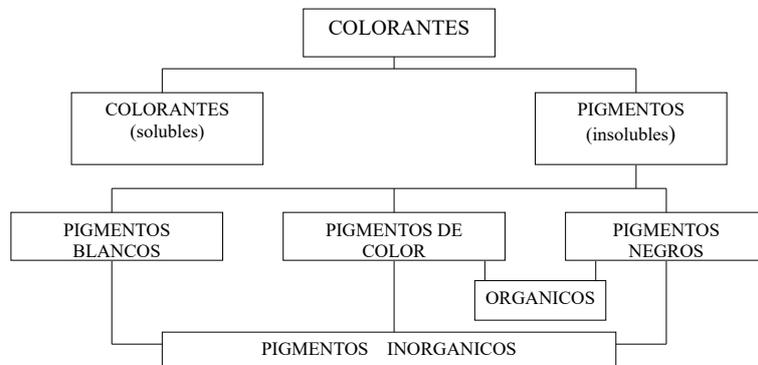


Aditivos multicomponentes colorantes y morteros colorantes que contienen además de los pigmentos agentes de humectación y fillers inertes (RAMACHANDRAN, V.S., 1995).

12 de Agosto de 2004

3

¿Qué son los pigmentos y qué diferencia hay entre colorantes y pigmentos?



TEBBE (1992)

12 de Agosto de 2004

4

¿Los pigmentos son aditivos?

Son considerados aditivos químicos según norma ASTM C 979 (1999) en la que se indican los requerimientos básicos, como:

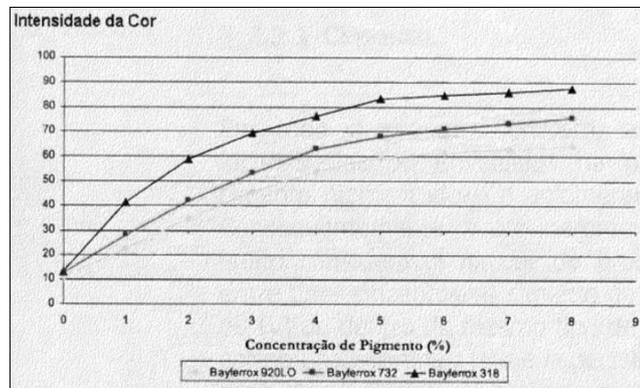
- ✓ estabilidad en agua
- ✓ resistencia a los álcalis
- ✓ resistencia a la luz
- ✓ efectos en el hormigón, entre otros.

El ACI 212.3R (1991) también considera su uso.

12 de Agosto de 2004

5

¿Cómo se agregan al hormigón?

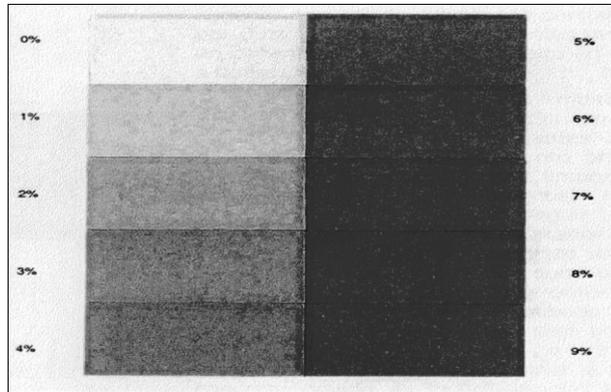


(BAYER, Soluções construtivas, 1999)

12 de Agosto de 2004

6

¿Cual es el efecto del porcentaje de pigmento?

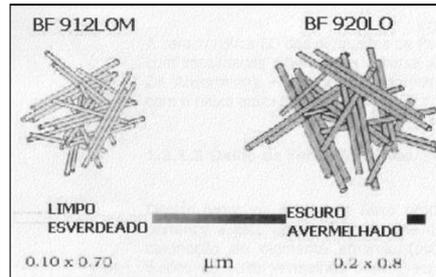
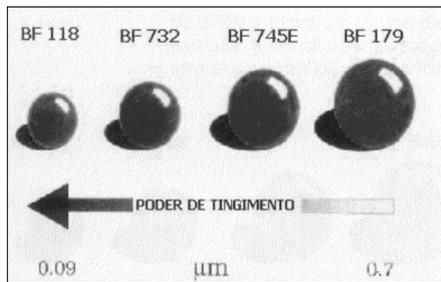


(BAYER, Soluções construtivas, 1999)

12 de Agosto de 2004

7

¿Qué características de forma y tamaño tienen?



(BAYER, Soluções construtivas, 1999)

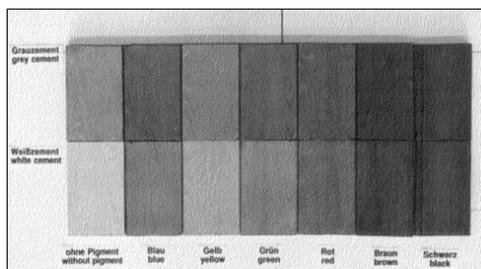
12 de Agosto de 2004

8

¿Influyen los materiales componentes y su dosificación?

Cemento: Normal

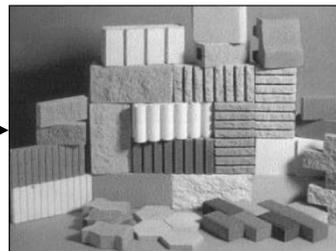
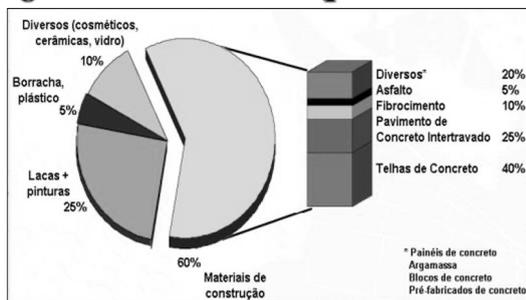
Blanco



12 de Agosto de 2004

9

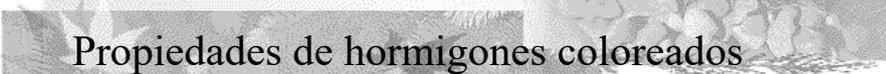
¿Cuáles son las aplicaciones?



(BAYER, Soluções construtivas, 1999)

12 de Agosto de 2004

10



Propiedades de hormigones coloreados

Plan Experimental

**Presentación de algunas propiedades de
una familia de hormigones
convencionales**

Aplicaciones

**Hormigones estructurales
Bloques y adoquines
Tejas**

12 de Agosto de 2004

11

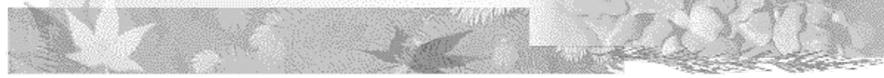


**CONSIDERACIONES PARA DOSIFICAR Y
ELABORAR LA FAMILIA DE HORMIGONES:**

- Tipo de cemento
- Tipo y color de pigmento
- Porcentaje de pigmento
- Asentamiento
- Edades de ensayo
- Total áridos/cemento en peso

12 de Agosto de 2004

12



ENSAYOS EN ESTADO FRESCO:

- **Exudación**
- **Tiempo de fraguado**
- **Peso de la unidad de volumen**

ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO:

- **Resistencia a compresión**
- **Módulo de elasticidad**
- **Permeabilidad al agua**
- **Absorción capilar**
- **Abrasión**
- **Efecto de la luz en el color**

12 de Agosto de 2004

13

Materiales, caracterización del hormigón

Caracterización de los materiales componentes

Agregado fino

Módulo de fineza	Peso espec. s. s. s.	Peso espec. seco	Absorción
	[g/cm³]	[g/cm³]	[%]
3,20	2,63	2,60	0,80

Resumen de los resultados de ensayos realizados al agregado fino

Agregado grueso

Tamaño máximo	Peso espec. s.s.s.	Peso espec. seco	Absorción
mm	[g/cm³]	[g/cm³]	%
19	2,70	2,67	1,00

Resumen de los resultados de ensayos realizados al agregado grueso

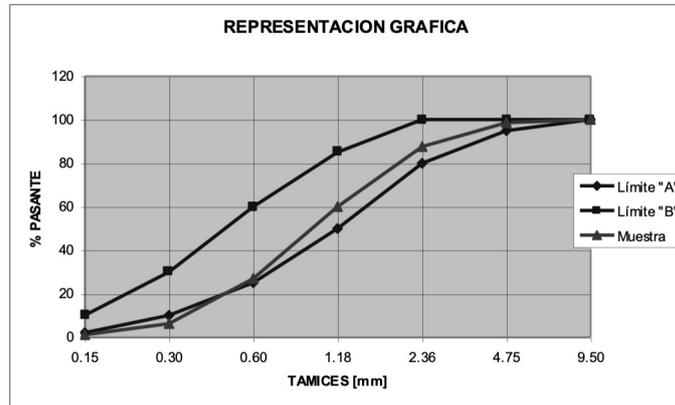
12 de Agosto de 2004

14

Materiales, caracterización del hormigón

Caracterización de los materiales componentes

Agregado fino



La curva granulométrica es continua, presentando una granulometría típica para las arenas de Córdoba, ligeramente gruesas.

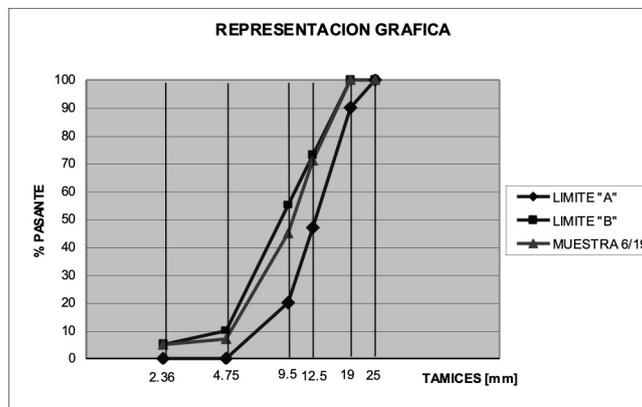
12 de Agosto de 2004

15

Materiales, caracterización del hormigón

Caracterización de los materiales componentes

Agregado grueso



La curva granulométrica es continua y está comprendida entre las curvas límites.

12 de Agosto de 2004

16

Materiales, caracterización del hormigón

Pigmentos

Nombre común	Fórmula	Denominación química	Color
Óxido de hierro rojo	Fe ₂ O ₃	Óxido férrico	Rojo
Óxido de hierro amarillo	Fe (OH) ₂	Hidróxido ferroso	Amarillo
Óxido de hierro negro	Fe ₃ O ₄	Óxido ferroso-férrico	Negro

Identificación de los pigmentos utilizados

Agua :

Se utilizó agua potable, que cumple con los requisitos establecidos en el reglamento CIRSOC 201 y en la Norma IRAM 1601.

12 de Agosto de 2004

17

Materiales, caracterización del hormigón

Cemento pórtland

CEMENTO PORTLAND CON FILLER CALCÁREO- CPF 40			
ENSAYOS FÍSICOS	Unidades	RESULTADO	Requisito IRAM
Retenido tamiz 75 μ m	g/100g	1.2	<15
Superficie específica (Blaine)	m ² /kg	393.5	>250
Expansión en autoclave	%	-0.01	<1
Tiempo de fraguado inicial	h:min	02:30	>0:45
Tiempo de fraguado final	h:min	03:30	<10:00
RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN			
DÍAS	Unidades	RESULTADO	Requisito IRAM
2	MPa	20.7	>10
7	MPa	34.9	no hay
28	MPa	44.7	>40 y <60

Se indican los resultados para ensayos físicos y resistencia a compresión

12 de Agosto de 2004

18

Dosificaciones: Método USP

<p>Cada serie está compuesta por cuatro tipos de hormigones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • un H patrón sin pigmento identificado como G • un H con pigmento rojo, identificado como R • un H con pigmento negro, identificado como N • un H con pigmento amarillo, identificado como A 	Hormigón	Color	Relación cemento/áridos
	G4	Gris	1:4
	R4	Rojo	
	N4	Negro	
	A4	Amarillo	
	G5	Gris	1:5
	R5	Rojo	
	N5	Negro	
	A5	Amarillo	1:6
	G6	Gris	
	R6	Rojo	
	N6	Negro	
A6	Amarillo		



Nomenclatura utilizada para la familia de hormigones identificando los tres grupos según el contenido de agregados y los colores de pigmentos utilizados.

12 de Agosto de 2004

19

Dosificaciones: Método USP

Relación a/c variable, trabajabilidad constante, pigmento 6%

DESIG.	A/C	A [kg/m ³]	C [kg/m ³]	A. Fino [kg/m ³]	A. Grueso [kg/m ³]	Pigm [kg/m ³]	As [cm]
G4	0.44	191	431	804	936	-	8
R4	0.45	193	433	780	939	26	7
N4	0.44	192	433	781	939	26	7
A4	0.50	210	423	763	918	25	7
G5	0.62	215	347	845	903	-	9
R5	0.55	196	356	847	929	21	7
N5	0.55	196	356	847	929	21	7
A5	0.58	204	353	840	920	21	7
G6	0.65	197	302	911	919	-	9
R6	0.59	183	309	912	939	19	7
N6	0.63	192	305	903	928	18	7
A6	0.63	192	305	902	929	18	7

Resumen de las dosificaciones considerando los agregados en estado saturado a superficie seca (sss)

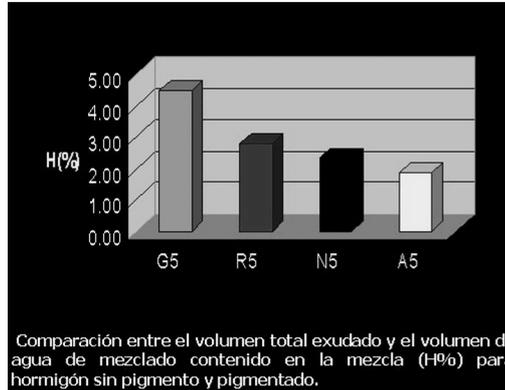
12 de Agosto de 2004

20

Propiedades en estado fresco

EXUDACION (Norma IRAM 1604)

Es una forma de **segregación** en la que el agua de mezclado tiende a subir a la superficie del hormigón recién colocado.



12 de Agosto de 2004

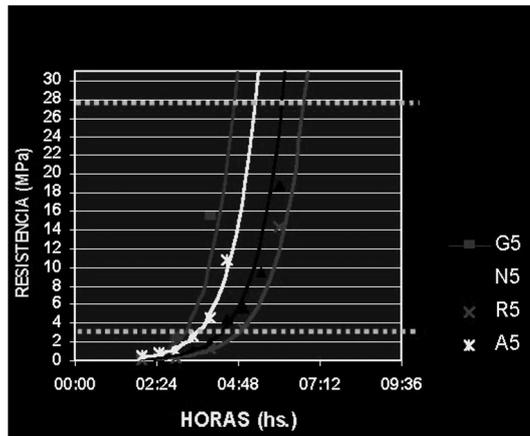
21

Propiedades en estado fresco

TIEMPO DE FRAGUADO

RAMACHANDRAN, V.S. (1995), menciona que la utilización de pigmentos puede producir diversos efectos sobre las propiedades de hormigones

Los factores que influyen son los componentes del cemento, la relación a/c y los aditivos (METHA, MONTEIRO, 2000); los pigmentos se podrían considerar como aditivos.



Efecto de la incorporación de pigmentos en la evolución de la resistencia a la penetración. Se observa el desplazamiento de las curvas y los tiempos inicial y final de fraguado.

12 de Agosto de 2004

22

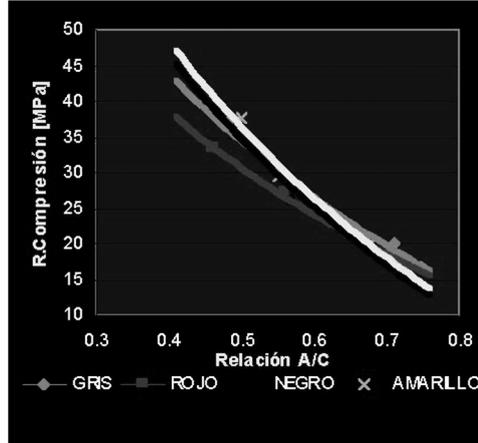
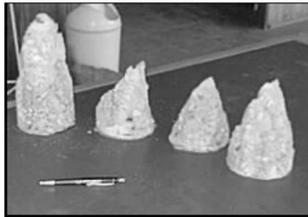
Propiedades en estado endurecido

RESISTENCIA A COMPRESION

(Norma IRAM 1546)

Probetas de 10 cm x 20 cm

Edades de ensayo 28, 91 y 182 días

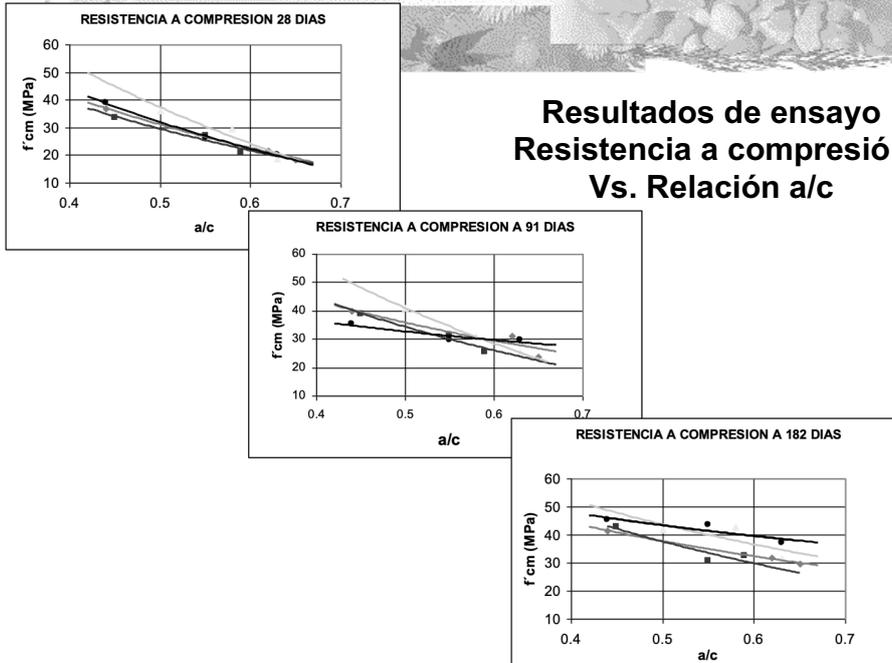


Ley de Abrams: vincula la relación del contenido en peso de cemento y los litros de agua por metro cúbico de hormigón con la resistencia a compresión.

12 de Agosto de 2004

23

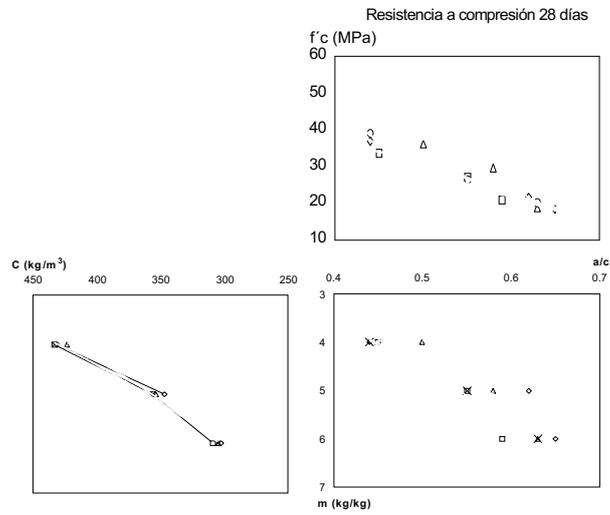
Resultados de ensayo Resistencia a compresión Vs. Relación a/c



12 de Agosto de 2004

24

Propiedades en estado endurecido



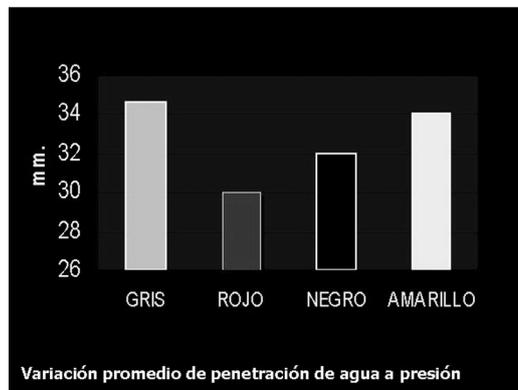
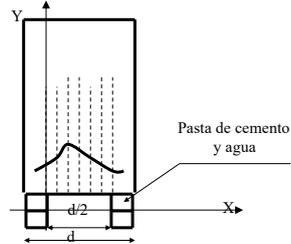
12 de Agosto de 2004

25

Propiedades en estado endurecido

PERMEABILIDAD AL AGUA (IRAM 1554)

El método de determinación de la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido permite medir un "perfil" de la penetración de agua y expresar en milímetros un valor promedio.



12 de Agosto de 2004

26

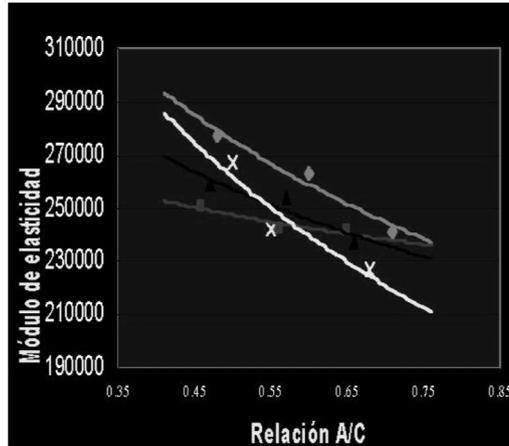
Propiedades en estado endurecido

MÓDULO DE ELASTICIDAD

(Norma ASTM C 469)

Probetas de 15 cm x 30 cm

Edades de ensayo 28, 91 y 182 días

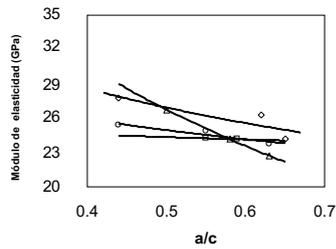


Módulos de elasticidad en función de la relación a/c (agua/cemento)

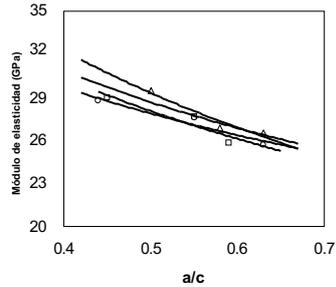
12 de Agosto de 2004

27

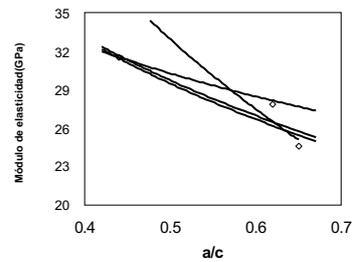
Módulo de elasticidad a 28 días



Módulo de elasticidad a 90 días



Módulo de elasticidad 180 días

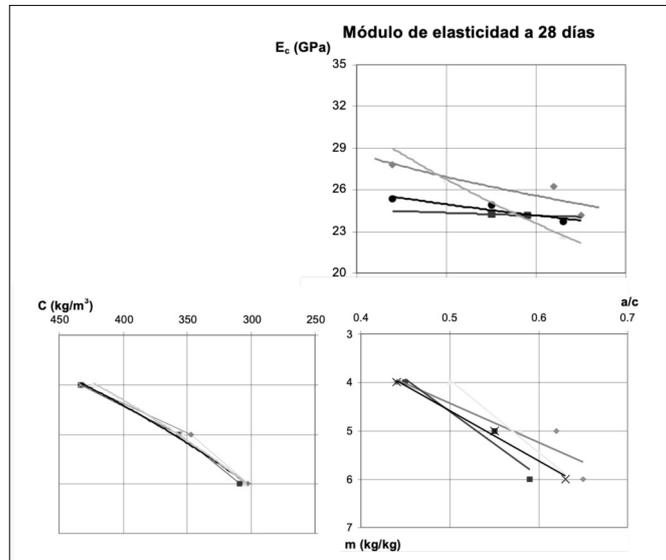


Resultados de ensayo Módulo de elasticidad Vs. Relación a/c

12 de Agosto de 2004

28

Propiedades en estado endurecido

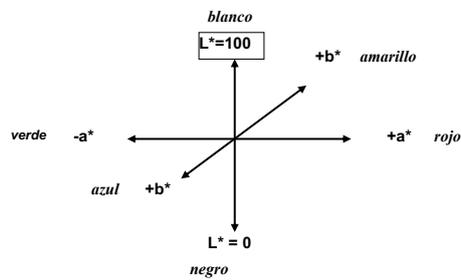


12 de Agosto de 2004

29

Medición del color

Sistema CIELAB



Esquema del Sistema CIELAB donde se indican las coordenadas cromáticas. La variación sobre el eje L corresponde a cambios en la luminosidad y el centro del diagrama es acromático

12 de Agosto de 2004

30

Medición del color



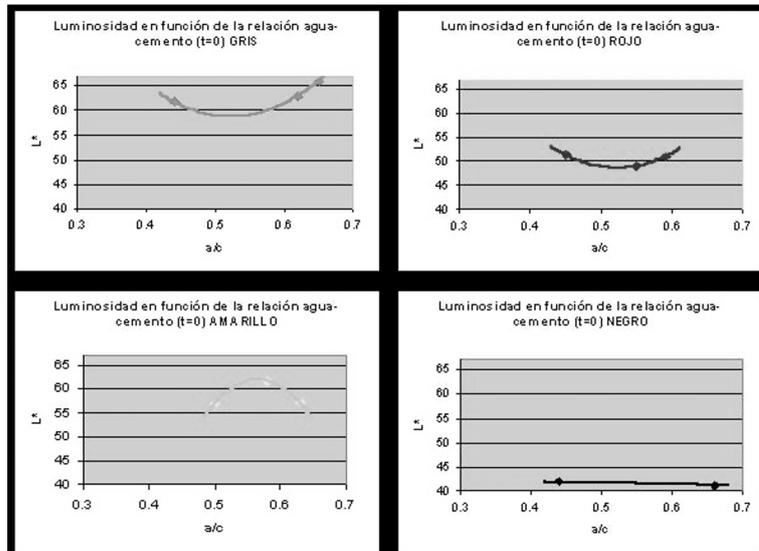
Colorimetro Micro Color II Dr. Lange



12 de Agosto de 2004

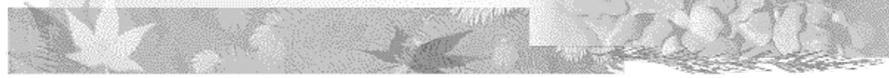
31

Medición del color



12 de Agosto de 2004

32



Los hormigones coloreados elaborados con materiales locales y 6 % de pigmento tienen:

- ✓ menor exudación,
- ✓ menor permeabilidad al agua
- ✓ niveles de resistencias ligeramente superior,
- ✓ similar comportamiento elástico,

que los hormigones de referencia, es decir que la tecnología de los hormigones convencionales es aplicable a los pigmentados.

12 de Agosto de 2004

33



Aplicaciones

12 de Agosto de 2004

34

Aplicaciones

Bloques



Sistema constructivo modular.

Economía y versatilidad.

Si a eso se le suma la posibilidad de colorearlos, las ventajas se incrementan.

Aplicaciones:

viviendas individuales, complejos habitacionales, edificios en altura, colegios y obras públicas.

12 de Agosto de 2004

35

Aplicaciones



12 de Agosto de 2004

36

Aplicaciones

Adoquines



Premoldeados Arena Hnos.

Buena alternativa para aplicaciones como plantas industriales, estacionamientos, senderos y otros.

La posibilidad de distintas formas, patrones de colocación y colores intensos, sumados a una buena terminación proporcionan una alternativa que permite satisfacer al usuario y proporcionar soluciones técnicas y decorativas.

12 de Agosto de 2004

37

Aplicaciones

Super Park (Córdoba)



Premoldeados Arena Hnos.

12 de Agosto de 2004

38

Aplicaciones

Ingreso Country (Santa Fé)



Premoldeados Arena Hnos.

12 de Agosto de 2004

39

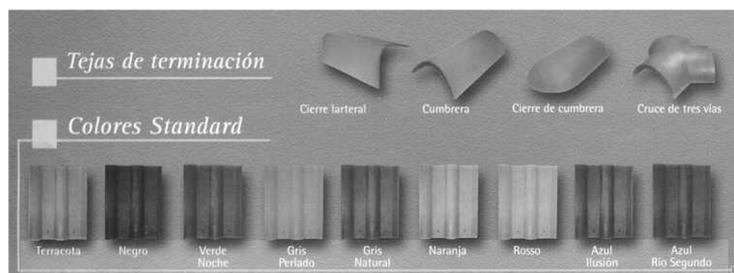
Aplicaciones

Tejas

Coloración integral o aplicando una pintura superficial que le da la terminación definitiva.

Son de fácil colocación, resistentes, impermeables y transitables.

Se proveen en una amplia gama de colores standard.

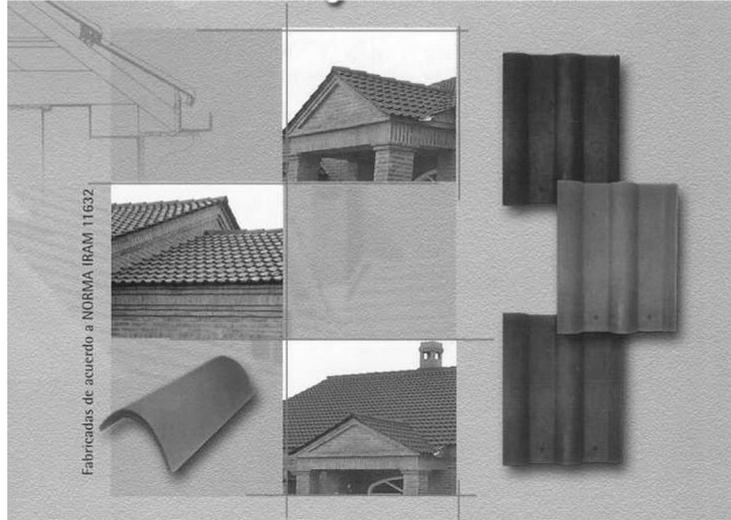


Tejalite

12 de Agosto de 2004

40

Aplicaciones



12 de Agosto de 2004

Tejalite

41

Aplicaciones



Ensayo de flexión

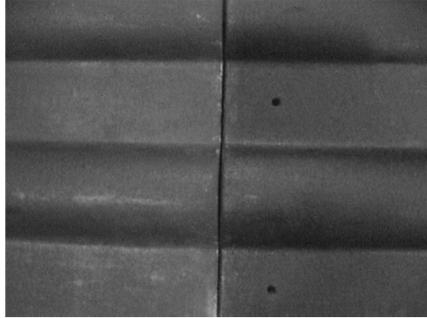


Ensayo de permeabilidad

12 de Agosto de 2004

42

Aplicaciones



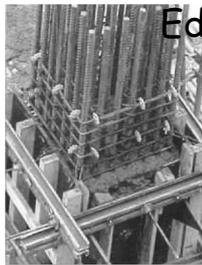
Vista de muestra patrón y muestra expuesta para ensayo de correlación entre envejecimiento acelerado y exposición natural a la intemperie

12 de Agosto de 2004

43

Aplicaciones

Hormigón coloreado estructural Edificio e-Tower. San Pablo, Brasil



Hormigón de alto desempeño coloreado.

Adiciones minerales: sílica activa y metacaolín.

Aditivos: superplastificante de tercera generación y estabilizador de hidratación.

Pigmentos: óxidos de hierro rojo y amarillo.



12 de Agosto de 2004

44

Aplicaciones

Edificio e-Tower. San Pablo, Brasil

Resistencia a compresión
media: 125 MPa a 28 días.

Módulo de elasticidad: 47,7
MPa.



12 de Agosto de 2004

45

Aplicaciones

Hotel Unique. San Pablo, Brasil

Arquitecto Ruy
Ohtake

Inaugurado en
Setiembre de 2002.

Participación de tres
elementos: madera,
cobre y hormigón.

Hormigón pretensado
de 40 Mpa.

Paneles de hormigón
coloreado de 35 MPa.

Pigmentos: terracota y
grafito.



12 de Agosto de 2004

46

Aplicaciones

Hotel Unique. San Pablo, Brasil



12 de Agosto de 2004

47

Aplicaciones

Hotel Unique. San Pablo, Brasil



La complejidad del proyecto sólo pudo ser resuelta con el uso del hormigón, material de bajo costo y gran versatilidad utilizado en todas sus funciones, ya sean estructurales o decorativas.

12 de Agosto de 2004

48

Diseñar en libertad



El sembrador
La Haya, diciembre de
1882.
Vincent Van Gogh



El sembrador (según Millet)
Arles, junio de 1888. Vincent Van Gogh



El sembrador.
Arles, noviembre de 1888. Vincent Van Gogh



El sembrador (alatorrelieve)
Rosario, Argentina, 1941-1942
Lucio Fontana y Raúl Palacios

12 de Agosto de 2004

49

En definitiva, la adición de pigmentos en los hormigones puede producir variaciones levemente favorables en las propiedades mecánicas para las condiciones estudiadas,

brindando posibilidades estéticas, de integración al medio y confort obteniendo diferentes texturas, tonos y colores,

en aplicaciones tales como elementos estructurales, bloques, tejas y adoquines, entre otros.

12 de Agosto de 2004

50