

***“ MEJORA DE LA TIERRA  
ESTABILIZADA EN EL DESARROLLO  
DE UNA ARQUITECTURA  
SOSTENIBLE HACIA EL SIGLO XXI ”***



ETSAB. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE  
BARCELONA. UPC. POR EL ARQUITECTO GABRIEL BARBETA I SOLÀ  
ABRIL 2002

Tutor. Ferran Gomà i Ginestà.

# La tierra, una alternativa a los actuales problemas ambientales y sociales que vive nuestro Planeta.



- *La búsqueda de alternativas de "Desarrollo Sostenible" pasa por concebir todos los problemas de una manera global para hallar ese equilibrio que permita la continuidad del hombre en la Tierra.*
- **“Pensar global, actuar local”**
- *He aquí la necesidad de un desarrollo tecnológico más humano, más social y más limpio, base indispensable para encontrar soluciones alternativas para el siglo XXI, como es el “Construir con Tierra”.*



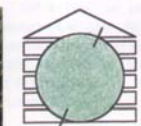
## *Objetivo de la Tesis*

*“Nueva Metodología para Construir con Tierra Estabilizada, con resistencias y durabilidad óptimas, para permitir el Desarrollo de una Arquitectura Sostenible en el Siglo XXI”.*



*Consiste en primer lugar, en definir los parámetros que rigen el Diseño Ecobioconstructivo Sostenible del proyecto arquitectónico en tierra, y en segundo lugar, dar un nuevo Método Científico-Técnico para el logro de una tierra estabilizada optimizada y de calidad, en cualquier caso y lugar de situación . Ello se efectua mediante la experimentación arquitectónica en obras a escala real y la experimentación de laboratorio.*

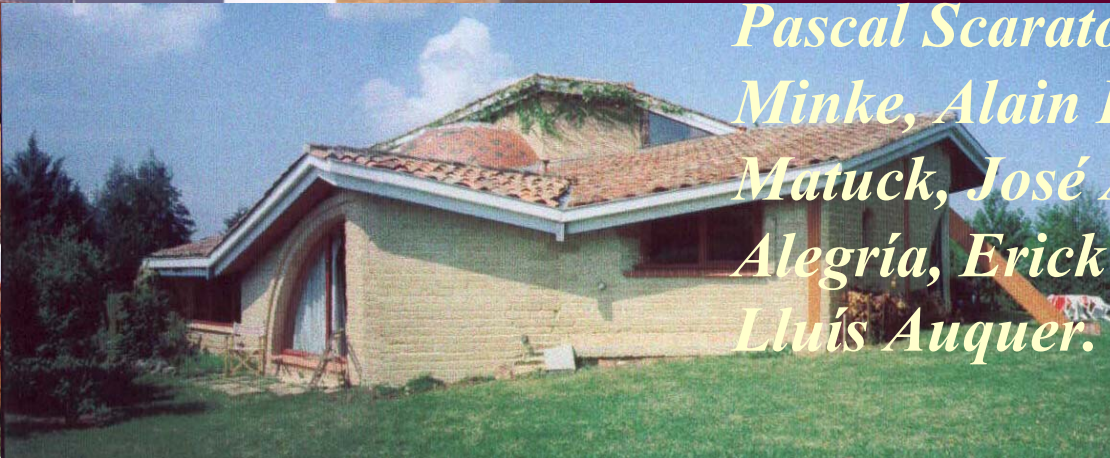




- *De este modo se facilita el control y trabajo a la multitud de técnicos que hoy en día construyen sus proyectos con tierra.*

- *Cabe citar por su proximidad geográfica:*

- *Joseph Colzany, Jacky Jeannet, Bruno Pignal, Pascal Scarato, Gernot Minke, Alain Hays, Silvia Matuck, José Alberto Alegría, Erick Gómez y Lluís Auquer.*



## **CRÍTICA DE LOS ANTECEDENTES.**

*Los parámetros que denotan la falta de método científico-técnico para la obtención de una Construcción de Tierra de calidad son :*

- ***-Inexistencia de un método identificativo no destructivo de los tipos de tierras que considere la físico-química de las arcillas.***

- *A pesar de contemplar el IP y el LL la norma ASTM D 2487-85 no considera ningún parámetro de composición química de la tierra . Con el mismo criterio se analizan las clasificaciones de Fêret, Casagrande, Manual de Construcción con Tapial del MOPU, la UNE 24 013 , o las distintas clasificaciones edafológicas expuestos todos en los Antecedentes científicos.*

- ***-Falta de correspondencia entre los estudios de laboratorio y las estabilizaciones adoptadas.***

*Atzeni, Massidda, Sanna.Dept.Ingegneria Chimica e Materiali Univ.Cagliari, Italy. Analizan SEM y fracciones solubles. Detectan presencia de Montmorillonita no se relaciona con la baja efectividad de la,estabilización con 2.5% C.P y alta con 1.5% latex acrílico.*

*La construcción con tierra estabilizada, utilización de la puzolana de síntesis. Aut. Joseph Tuset prof. Inst.Ciencias Lyon. No llega a relacionar los estudios granulométricos con los ATD y el tipo de arcilla presente.*

*“Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción”, del IETCC, Aut. J. Díaz Romeral, M<sup>a</sup> J. Guinea, E. Rohmer y J. Salas. CSIC DRX no*

*-Insuficiencia del ensayo Proctor.*

*-Insuficiencia del ensayo Granulométrico, y su contradicción con la gráfica de Plasticidad.*

*-Falta de método integral y consensuado para la obtención de los componentes químicos de la Tierra.*

*-Inexistencia de estudios integrales de durabilidad.*

*-Falta de correspondencia entre la analítica tecnológica del proceso de puesta en obra y los parámetros arquitectónicos del proyecto.*

*-Inexistencia de la utilización de pautas de diseño sostenible.*



*La Tesis propone un método sencillo, pero a la vez completo, para construir con tierra de manera efectiva y sostenible , de modo que garantice las prestaciones arquitectónicas buscadas y su durabilidad.*

*Éste se centrará en mayor grado en la ejecución de bloques de tierra estabilizada BTC , al representar estos el sistema más idóneo para llevar a cabo una evolución más rápida y profunda de la construcción con tierra, y ponerla a la altura del resto de tecnologías actuales*

a). *Ejecución en máquina a presión de compactación constante y alta = material más homogéneo.*

b). *Calidad por compactación mecánica = aristas más durables y resistentes; caras sin coqueras; altas resistencias; ahorro considerable en revocos.*

c). *Se disminuye la proporción de agua de amasado y el porcentaje de estabilizantes necesarios . Mejor comportamiento a la retracción y al agua. Menor area de fabricación y curado.*

d). *Permite un mayor grado de producción e industrialización = disminución de salarios, y mayor distribución regional . En contraposición al CRA Terre la propia experiencia en la nos ha dado rendimientos mayores que en la ejecución de tapial .*

e). Permite integrar en su proceso industrial, de forma sencilla,, el reciclaje de los derribos de construcción y de los mismos bloques defectuosos.

f). Asimismo el proceso de ejecución permite fabricar bloques con formas especiales: con huecos, machihembrados, encajes, desagües, tejas, bovedillas,...

g). Se tiene un grado de dificultad de ejecución bajo, en comparación al tapial, y al adobe en menor grado. La construcción en mampostería permite un control permanente en la ejecución de los BTC y de la elevación de los muros. También permite rectificar los errores y facilita una mayor libertad y flexibilidad en el diseño arquitectónico.



### Factores socioculturales

*Adaptar el hábitat a una manera de vivir de la gente y una tradición autónoma.*

*No a la internacionalización de la arquitectura.*

### Factores psicológicos del habitante:

*espacio-luz-color.*

*Ambiente saludable y confortable. Tener en cuenta la ergonomía y la iluminación natural*

**Equilibrio entre el hombre y su entorno. La vivienda se considera como un organismo vivo que consume aire y energía, produciendo flujos en su interior, transpira, y produce deshechos.**

## Diseño

## Ecobioconstructivo Sostenible

### Factores técnicos

#### **Materiales**

*-El uso de una fuente renovable (madera<sup>¡Error! Marcador no definido.</sup>, corcho) no puede superar sus posibilidades de regeneración.*

*-El uso de un elemento contaminante (materiales con contenido energético, o químico). no puede ser superior al ritmo de su reciclaje o absorción ambiental*

*-Autóctonos.*

*-Poco transporte.*

*-Proceso industrial nulo o no contaminante. Minimizar las materias primas, la generación de residuos o vertidos, el impacto ambiental y los consumos energéticos durante los procesos de: extracción -producción-transporte-manufactura-construcción-aplicación-utilización-deconstrucción-desecho-reciclado-reutilización.*

*-Reciclables o que provengan del reciclado.*

*-Sin cargas electroestáticas, componentes tóxicos, alergénicos, radioactivos o volátiles. Minimizar emisión o radiación sobre el ocupante.*

*-Buenas prestaciones arquitectónicas:*

*Permeabilidad al vapor y a las radiaciones naturales*

*Aislamiento : higr-térmico y acústico.*

*Autoconstrucción. Facilidad.*

#### **Tecnologías**

*Recuperar y mejorar la sabiduría tradicional autóctona.*

*Tecnologías de bajo coste apropiadas y apropiables.*

*Facilmente ejecutables sin demasiada industrialización.*

*Que permitan una fácil deconstrucción selectiva del edificio y que permita la reutilización.*

#### **Energías**

*Tecnologías de ahorro energético en todas las instalaciones. Minimizar y*

### Factores medioambientales

*El hábitat no termina en la puerta de casa:*

*-Integración en el paisaje y adaptación a la topografía.. LandArq/Paisajismo/Jardinería*

*-Uso de la Geobiología<sup>¡Error! Marcador no definido.</sup>*

*<sup>¡Error! Marcador no definido.</sup> Medir y considerar los*

*campos electromagnéticos, magnético terrestre, eléctricos y otras radiaciones. Evitar líneas de alta tensión, transformadores, alteraciones telúricas*

*-Uso de la Bioclimática, adaptándose a los vientos, orientación, vegetación, y temperaturas del lugar obteniendo la máxima eficiencia energética. Ventilación natural mínima, refrigeración y Calefacción por sistemas arquitectónicos pasivos y activos, esta última por radiación, equilibrando temperaturas superficial y del aire, y el aislamiento con la masa térmica.*

*-Uso de la Permacultura.*

*Jardín-huerto para autoconsumo.*

*Utilizar cubiertas ajardinadas y plantas de interior para absorber elementos tóxicos volátiles y conseguir equilibrio iónico.*

*Reducción del consumo (electrodomesticos de bajo consumo, monomandos con difusor, descarga controlada de inodoros, temporizadores, goteo) y reutilización del agua*

# Parte experimental GRUPO I ARCILLAS PURAS BÁSICAS

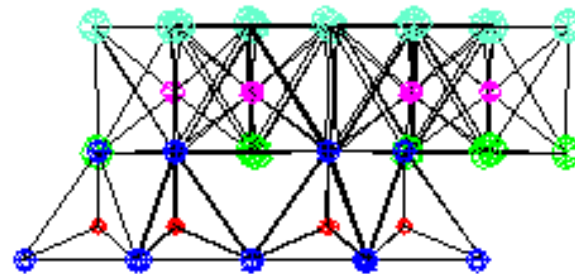
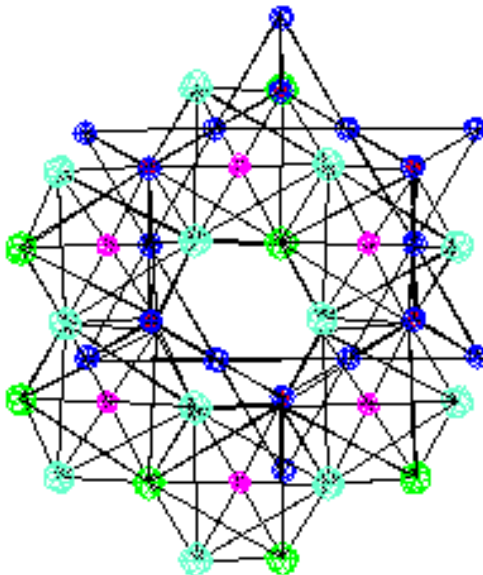
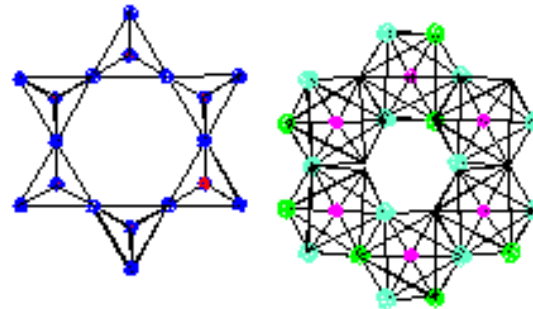
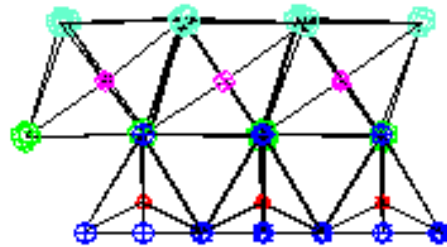
- Caolinita . Procedencia : Cañada de Verich, Matarranya ( Castellón) y WARD'S EE.UU.ref. 49H 0290.

Caracter

Tama  
inclus  
claro.  
en hie  
en un  
hidróg  
capac  
amon  
cuatro

## Haloisita

Scienc  
1μ . N  
tixotro  
mayor  
Metal  
blanco

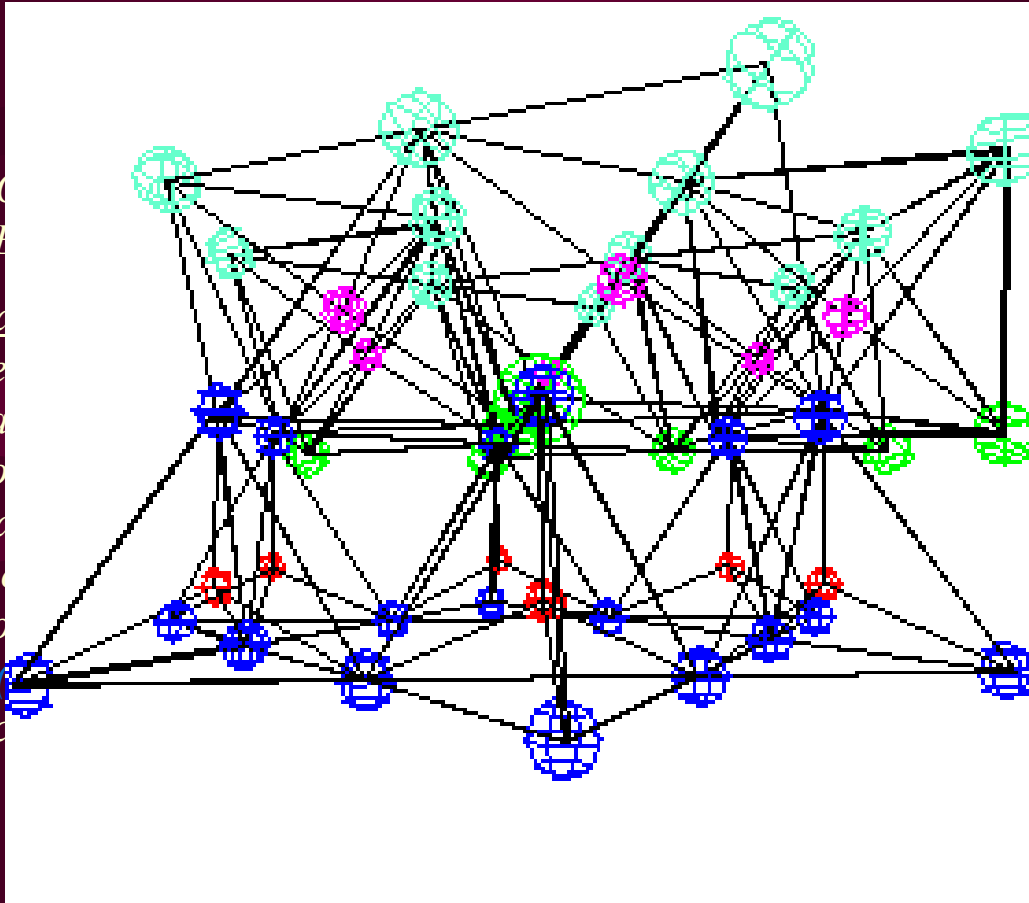


dispersión  
r marrón  
a, y bajo  
del 0.5%  
uentes de  
nsividad,  
ilidad de  
origen a

Natural  
tamaño ≅  
, límite  
rmite un  
atada, la  
as. Color

*Illita.* ( $K,H_3O$ )  
Catalog. 46b

*Es expansiva*  
*rápidamente*  
*cálcica o ma*  
*color blanco*  
*estructuras o*  
*desordenad*  
*sustituído po*  
*a las micas*  
*SO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Se enc*



*ef. Ward's*

*ye*  
*que es Illita*  
*su rayado dá*  
*to de las*  
*nita*  
*éste está*  
*en comparación*  
*presencia de*

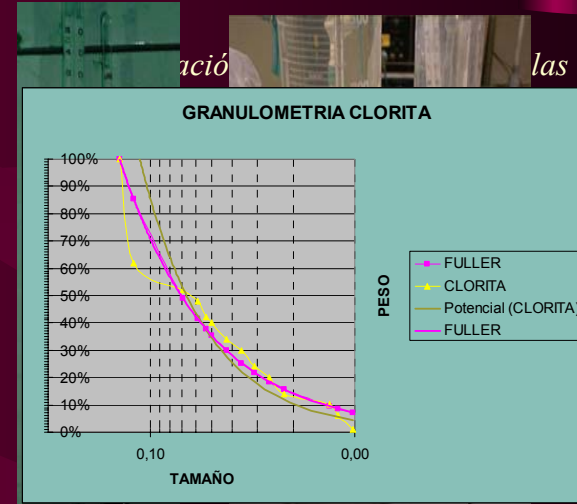
Clorita. Procedencia. Collserola, Barcelona ( Catalunya).  
Características físicas: Tamaño  $\cong 0.1\mu$  Poco expansiva, poca resistencia a cortante. Dificil dispersión en agua, incluso con ataque ácido. Color gris azulado. *Intercambio catiónico 10-40 m.e.q*  
Así de la combinación de la unidad básica cargada de Mica con la unidad cargada de Brucita resulta la estructura ideal de la Clorita  $Si_3 O_{10} Mg_5 Al_2 (OH)_8$ . Una estructura de capas séxtuple, dos triples con un puente alcalino iónico de  $K^+$  ( T+O+T. T+O+T). En ello estriba su laminación ( grosor  $\cong 0.1\mu$ ) y el no ser elásticas, también la falta de Alcalis, al tener carga – en la periferia de la capa Octahédrica ( implica buena combinabilidad con cationes exteriores), y de no ser atacadas por los ácidos.. Se encuentra en la naturaleza combinada con las Illitas.



Montmorillonita sódica, Procedencia : E.U.A Ref. Ward's Catalog 49 H2600  
Características físicas: Tamaño  $\cong 0.01\mu$  . Es muy expansiva, plasticidad alta, muy baja permeabilidad. Alto intercambio catiónico de 75-150 m.e.q, hasta 100 según ( el Mg y el Al en baja proporción al ya pertenecer a la estructura). Según el ensayo de Emersson es la de mayor dispersión en agua. Si presenta efervescencia con ataque ácido indica que es Montmorillonita cálcica o magnésica Color blanco verdoso, pulverizada mucho más blanca. así las unidades están enlazadas por fuerzas de Van der Waals. sistema de capa triple O+T+O . Está pegajosa y suave cuando se enrrolla entre los dedos. Las de alto contenido en hierro se llaman nontronitas. Las ricas en Mg y poco aluminio son las saponitas, y si tienen litio ( éste es muy poco estable) se conocen como hectoritas . Las deficitarias en silicio y ricas en aluminio se conocen como beidellita

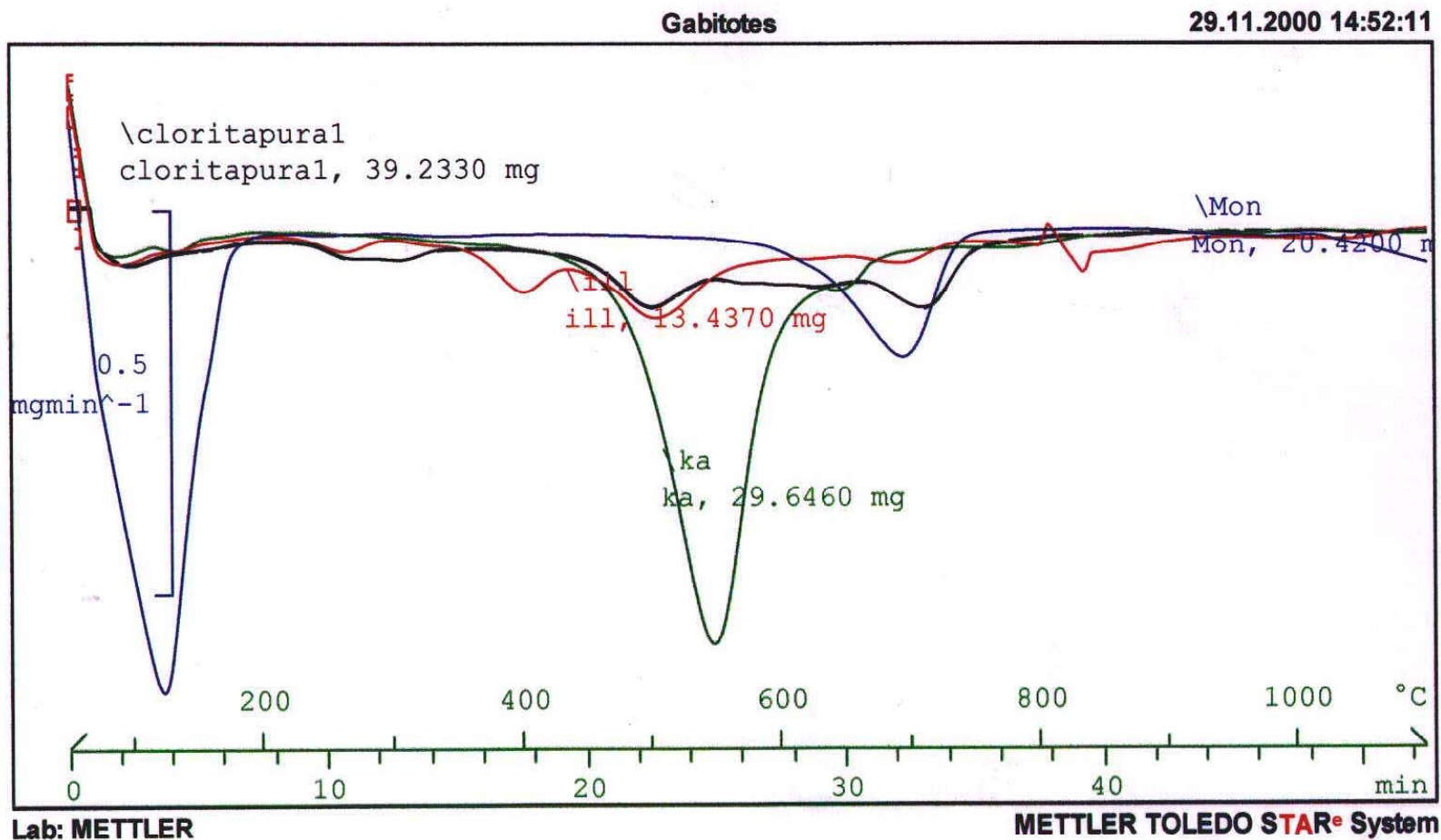
## Caracterización por el color





- *Mezclado 3 minutos con cantidad de agua optimizada.*
- *Series de 5 microprobetas de 2x2x2 cms.*
- *Rellenado molde en tres tongadas, presión manual, enrasando con cuchillo.*
- *Compactación mediante prensa manual 20Kp/cm<sup>2</sup> en 2s.*
- *Curado mediante resistencia-agitador, durante 4 horas a 60°C.*
- *Secado en condiciones de laboratorio 48h*

# ATD/ATG de las arcillas puras



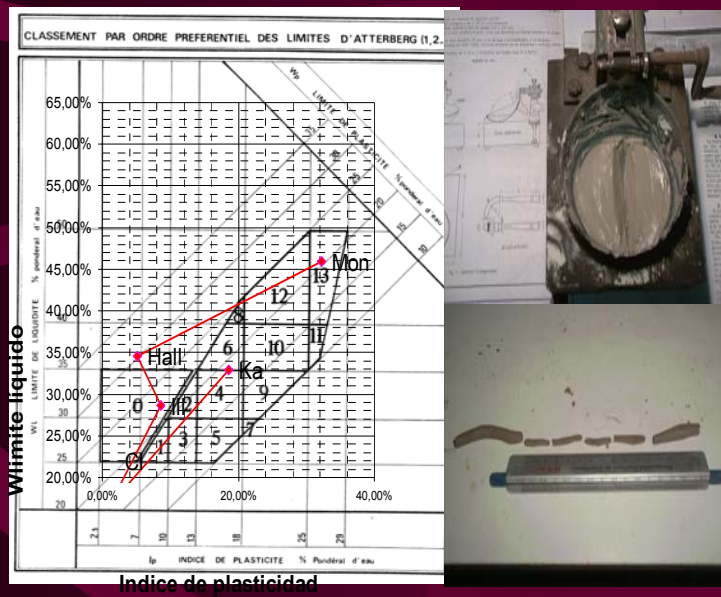
# Análisis físicos

Ref. UNE 7001

- Densidades. procedimiento de la balanza hidroestática, y del picnómetro con Cl4C
- Determinación de los límites de Atterberg. Ref. UNE 7002 ASTM D 4318
- Resistencia a Compresión Simple.

Arcillas con arena

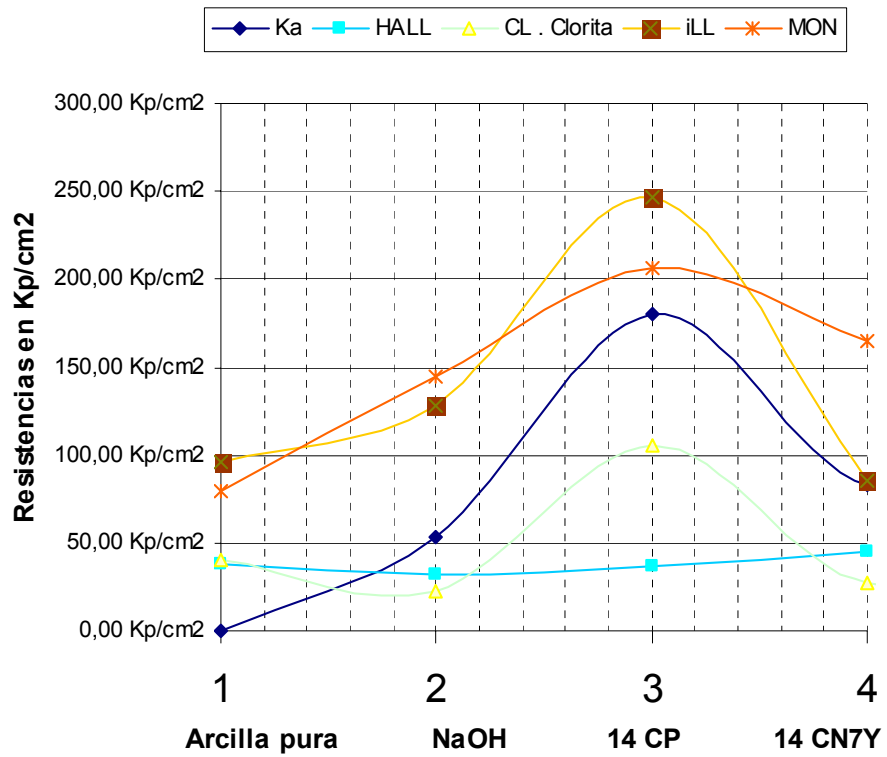
Ref. ASTM D 4832-95 PREPARACIÓN  
PROBETAS BAJAS RESISTENCIAS  
ASTM 1633-96 RESISTENCIA + EN SUELO-  
CEMENTO



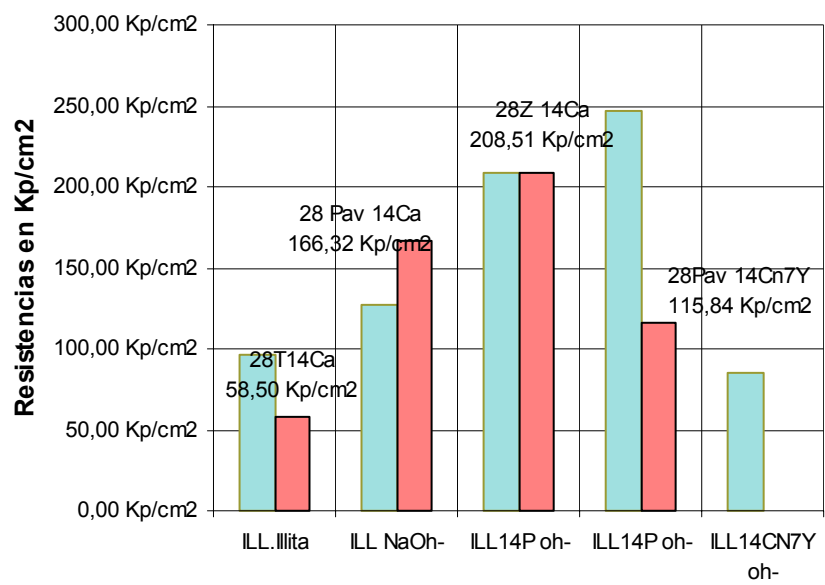
n° Muestra	arcilla	arena	cal	%	cemento gr.	%	agua a.	agua a.	relación	Fecha	Peso	Peso natural	dimensiones			Densidad	Ps.Peso seco	HR%	Y max	Prensa	ζ.Compresión
			o yeso				relación %	a/c	a/c<80μ	Fabric.	fabricación	a dos días	largo	ancho	alto	aparente			densidad seca	1,11	Kp/cm2.
P-450 Molins										respecto a todo											
CN.natural collect										1.5% en peso de NaOH											
ESTABILIZACION										ESTABILIZACION.DOSIFICACION											
48h.estufa 60°C+20' a 105°C										refA.stm C-442-81											
aparente										19.58 Kp/cm2											
coef.corrector										1,6668											
4 mmxmin										4 mmxmin											
gr/cm3										Kp/CM2											
a*										en peso											
%										a.											
grs										a/c											
%										a/c<80μ											
Pn										Δv											
Ps.										Ds											
kP										s+											
Caolinita Cañada	25	25			7	7	7				50		1,9466	0,0115748		0,6%			53,57 Kp/cm2		±1,13 kp/cm2
Ka	o	50%	50%		14%	6	9,3%			21-sep	12,2352	11,4639	2,12	2,07	1,35	1,935051	11,1983	2,32%	1,890218995	240,02	54,69 Kp/cm2
Ka	oo	50%	50%		14%	6	9,3%			21-sep	12,4674	11,6757	2,16	2,06	1,34	1,9582005	11,4063	2,31%	1,91301784	233,35	52,44 Kp/cm2
Ka	ooo	50%	50%		14%	7	12,7%			21-sep	7,5178	6,8408	2,24	2,05	0,8	1,8621516	6,6728	2,46%	1,816419861	431,70	94,01 Kp/cm2
Ka	oooo	50%	50%		14%	8	11,3%			21-sep	11,9120	10,943	2,41	2,1	1,12	1,9305544	10,704	2,18%	1,888390211	310,02	61,26 Kp/cm2
Ka NaOH-	o															1,8987	0,0168477			82,65 Kp/cm2	±4,43 kp/cm2
Ka NaOH-	oo	50%	50%		14%	4,75	8,7%			21-sep	10,8878	10,3391	2,1	2,06	1,27	1,8818825	10,0138	3,15%	1,822672651	376,6968	87,08 Kp/cm2
Ka NaOH-	ooo	50%	50%		14%	5	9,7%			21-sep	11,6362	10,9664	2,11	2,04	1,33	1,9155779	10,6053	3,29%	1,852502038	336,6936	78,22 Kp/cm2
Ka14P																1,8981	0,0555269			180,37 Kp/cm2	±10,79 kp/cm2
Ka14P1	o	50%	50%		14%	9,1%	6			05-sep	11,5453	10,8982	2,07	2,06	1,35	1,8931431	10,5841	2,88%	1,83858029	750,06	175,90 Kp/cm2
Ka14P2	oo	50%	50%		14%	8,8%	6			05-sep	11,2415	10,6228	2,06	2,04	1,26	2,0061854	10,3344	2,71%	1,951719199	808,4	192,37 Kp/cm2
Ka14P3	ooo	50%	50%		14%	9,9%	7			05-sep	11,7691	10,9988	2,15	2,06	1,26	1,9709204	10,7127	2,60%	1,919652937	858,4	193,81 Kp/cm2
Ka14P4	oooo	50%	50%		14%	9,9%	7			05-sep	11,8683	11,1135	2,08	2,04	1,3	2,0147168	10,7953	2,86%	1,957031703	733,4	172,84 Kp/cm2
Ka14P4	oooo	50%	50%		14%	9,5%	7			05-sep	12,0164	11,297	2,06	2,06	1,33	2,0015989	10,978	2,82%	1,945078551	708,4	166,93 Kp/cm2
Ka14P1'	oo	50%	50%		14%	6,8%	6			05-sep	11,5606	10,9594	2,08	2,06	1,32	1,937681	10,8263	1,21%	1,914148251	925,1	215,90 Kp/cm2
Ka14P2'	ooo	50%	50%		14%	8,3%	6			05-sep	11,4989	10,8582	2,13	2,05	1,27	1,9580359	10,6151	2,24%	1,914198204	950,1	217,58 Kp/cm2
Ka14P1	oo				14%	14%				25-jul			2,02	1,95	1,95	0				200,0	50,78 Kp/cm2
Ka14P2	ooo				14%	14%				25-jul			2,08	1,94	1,97	0				258,4	64,03 Kp/cm2
Ka14P3	oooo				14%	14%				25-jul	14,55		1,95	1,98	1,95	1,9325404					
Ka14P4	oooo				14%	14%				25-jul			2,05	2,02	2,03	0					
Ka14CN7Y																1,7521	0,1004303			124,83 Kp/cm2	±11,71 kp/cm2
Ka14CN7Y +	o	50%	50%	7%	14%	7,0%	1			09-nov	11,0012	10,6113	2,1	2,09	1,38	1,7519589	10,2801	3,12%	1,697276789	417	94,94 Kp/cm2
Ka14CN7Y ++	oo	50%	50%	7%	14%	7,7%	1			09-nov	10,5520	10,1881	2,14	2,05	1,28	1,8143271	9,7942	3,87%	1,744180248	522	118,92 Kp/cm2
Ka14CN7Y o	ooo	50%	50%	7%	14%	5,6%	1			14-oct	10,7777	10,3879	2,08	2,08	1,36	1,7654775	10,2028	1,78%	1,734018774	575	132,92 Kp/cm2
Ka14CN7Y oo	oooo	50%	50%	7%	14%	5,7%	1			14-oct	10,9569	10,5811	2,08	2,06	1,36	1,8157722	10,3645	2,05%	1,778602474	580	135,37 Kp/cm2
Ka14CN7Y ooo	oooo	50%	50%	7%	14%	1,4%	1			14-oct	10,0226	9,7188	2,09	2,08	1,28	1,7465984	9,8840196	1,70%	1,776290558	0	0,00 Kp/cm2
Ka14CN7Y oooo	oooo	50%	50%	7%	14%	6,9%	1			14-oct	11,2500	10,7414	2,08	2,06	1,36	1,8432805	10,5257	0,50%	1,806265239	608	141,99 Kp/cm2
Ka14CN7Y oooo	oooo	50%	50%	7%	14%	4,3%	1			14-oct	11,4573	10,9449	2,07	2,06	1,39	1,846543	10,9886796	0,40%	1,853929199	0	0,00 Kp/cm2
Caolinita Cañada de Verich SERIES INCORRECTAS																					
Ka14CN7Y o				7%	14%	14%				25-jul		12,8838									
Ka14CN7Y oo				7%	14%	14%				25-jul		11,6998	2,04	2,06	2,07	1,3449641				139,211136	33,13 Kp/cm2
Ka14CN7Y ooo				7%	14%	14%				25-jul		10,5457	2,07	2	2,1	1,212986				111,6756	26,97 Kp/cm2
Ka14CN7Y oooo										25-jul											27,9189

Tabla 1 Datos Experimentales Físicos Microprobetas de Caolinita

### Resistencias en función estabilizante



### Resistencias Grupo Illitas

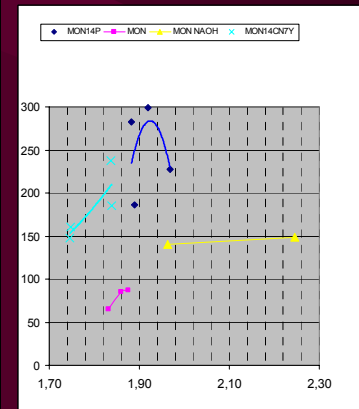
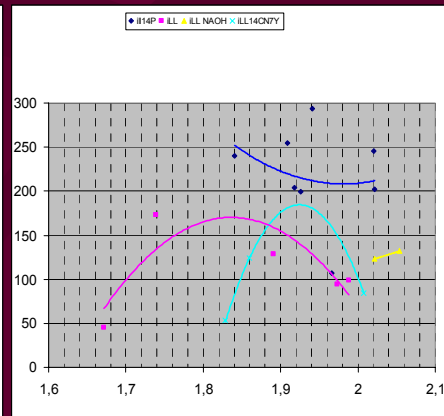
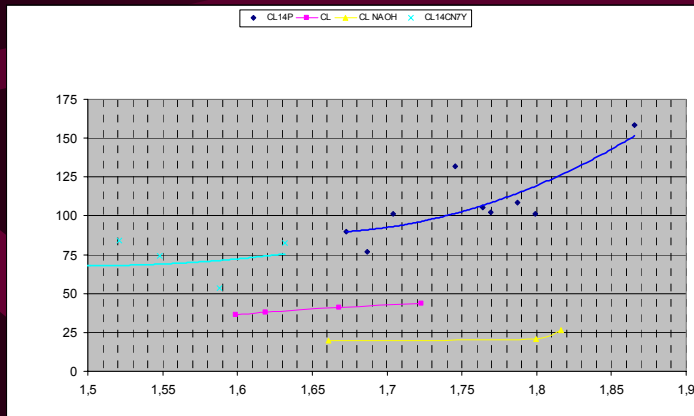


iLL Illita aditivos



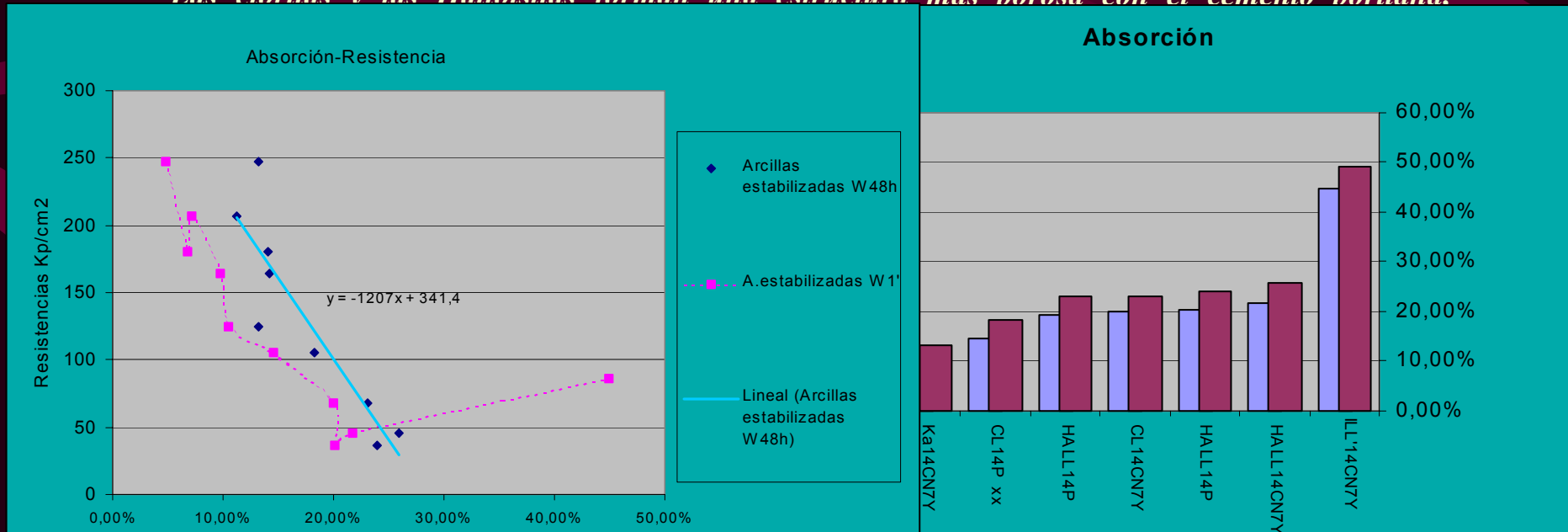
# Relación densidad-resistencia

- *La correlación es muy variable.*
- *La sosa y el C.Pórtland hacen aumentar la densidad.*
- *El Cemento Natural y el yeso la hacen disminuir en un 30%.*
- *Illitas y Montmorillonitas dan estructuras más densas.*



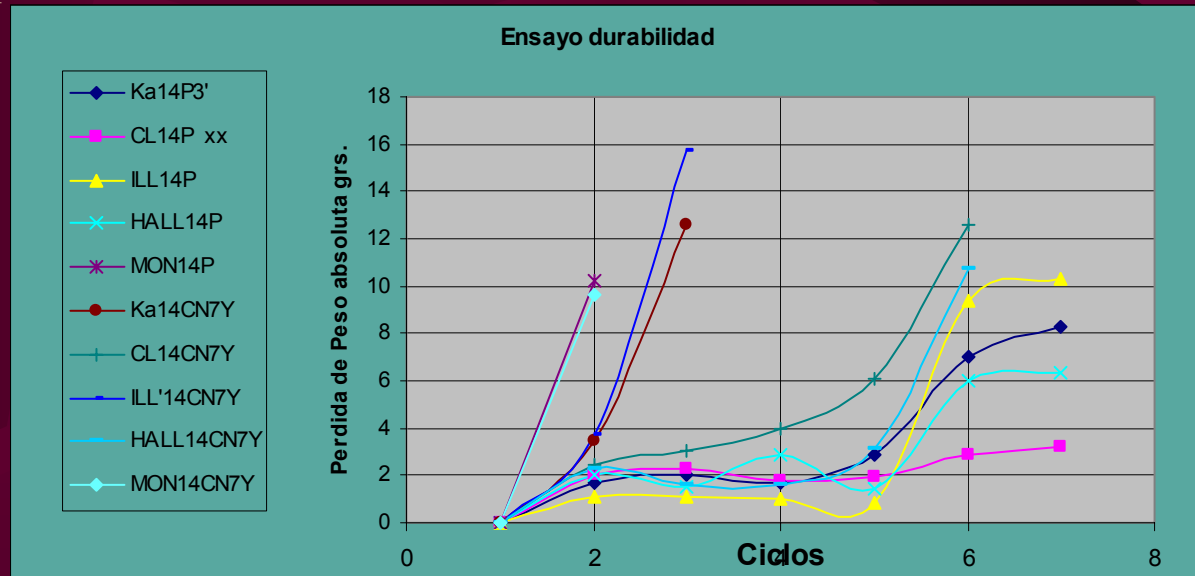
# Ensayos de Durabilidad.

- *El ensayo de Absorción nos dá información acerca de la obtención de una estructura con menores poros y de menor tamaño, lo cual la relaciona directamente con la capacidad portante de la tierra.*
- *Las illitas forman una estructura muy compacta con el cemento portland, en cambio muy porosa con el cemento natural y el yeso.*
- *Las caolinitas, siguen a la anterior por su baja porosidad en ambos tipos de estabilización, aunque la absorción total es menor con el cemento natural y el yeso.*
- *Las cloritas y las Halloisitas forman una estructura más porosa con el cemento portland.*



# Ensayo cíclico de Humectación-Helacididad-Secado

- El método de evaluación de la durabilidad de las microprobetas, combina en un solo ensayo 6 ciclos de helacididad, humectación, secado y ataque agresivo, extraído sobretudo de las ASTM D-559Y 560 -82 (ver Normas 42-43-44 anexos) NLT-303-72, y la UNE 7033 de los ensayos de helacididad, en 20 ciclos entre 10°C (1h en agua) y -15°C(4 horas).
- Las estructuras más durables en orden descendente las forman las arcillas puras estabilizadas con cemento portland: Cloritas, Halloisitas, Caolinitas, e Illitas. Tras éstas estarían excepcionalmente las Halloisitas y las Cloritas estabilizadas con cemento natural y yeso. Las Caolinitas y las Illitas estabilizadas como las anteriores ya no superan el tercer ciclo de durabilidad. Y finalmente cabe destacar la bajísima estabilidad ante el agua de las Montmorillonitas en cualquiera de los sistemas de estabilización empleados.



# Análisis químico de las microprobetas.

## • Método de determinación de la composición de las fracciones solubles

- Preparación: 2.5 gramos de muestra desleídos en 10ml agua desionizada
- 1) ataque ácido en frío 30 minutos vaso reacción / agitación magnética.
- 2) Tras 2 horas , decantado progresivo, se pasa el líquido a través de filtro de banda blanca
- 3) Se lava mínimo 5 veces /5-10cm<sup>3</sup> agua desionizada caliente, hasta eliminar los líquidos filtrados se recogen y se aforan en un matraz de 500ml. Estos contienen Alúmina y los óxidos solubles, propios de las arcillas puras , los obtenidos por los de aglomerantes estabilizadores empleados, y los provenientes de las adiciones.
- 4) Los líquidos del lavado son desecados con lampara de infrarrojos , el residuo es la parte soluble de la arcilla en ataque ácido el cual se cuantifica mediante gravimetría.
- 5) Para evitar que el fenómeno de coprecipitación invalide los resultados se trata con 25ml de sosa 0.5 molar NaOH al 2% hirviéndolo durante 5 minutos a temperatura durante 15' más. Se deja decantar y con el líquido se ataca e queda algo de arcilla.



*-Para finalizar el análisis los 250ml de los líquidos de lavado de la recuperación con sosa se dejan evaporar a 170°C en un disco de porcelana con capacidad para 400ml.*

*-El producto desecado es tratado con 5ml de ácido clorhídrico, y de nuevo se deja evaporar. Al alcanzar la muestra el estado seco, se continuará manteniendo la temperatura citada durante 30 minutos.*

*-Tras enfriar el residuo a menos de +5°C, se realiza un ataque ácido en frío, durante 20 minutos, através de 5ml ácido clorhídrico 1:1 y un cubito helado de agua destilada.*

*-Tras el ataque, se filtra el líquido en un papel de textura fina-media, lavándolo con agua desionizada hasta que los iones Cl<sup>-</sup> són eliminados, entonces se incinera, se calcina a 1200°C y se pesa.*

*-La sílice que pasa a la solución bajo estas condiciones es una cantidad mínima constante menor que 1 mg, pudiéndose contabilizar así , evitando recuperarla. La pureza de la sílice se garantiza, sin necesidad de determinar , ya que en los ataques ácidos precedentes no se ha utilizado ni sulfúrico ni fluorhídrico , en los cuales a veces existen adiciones con hierro en gran cantidad.*

# Determinación de los Óxidos Trivalentes

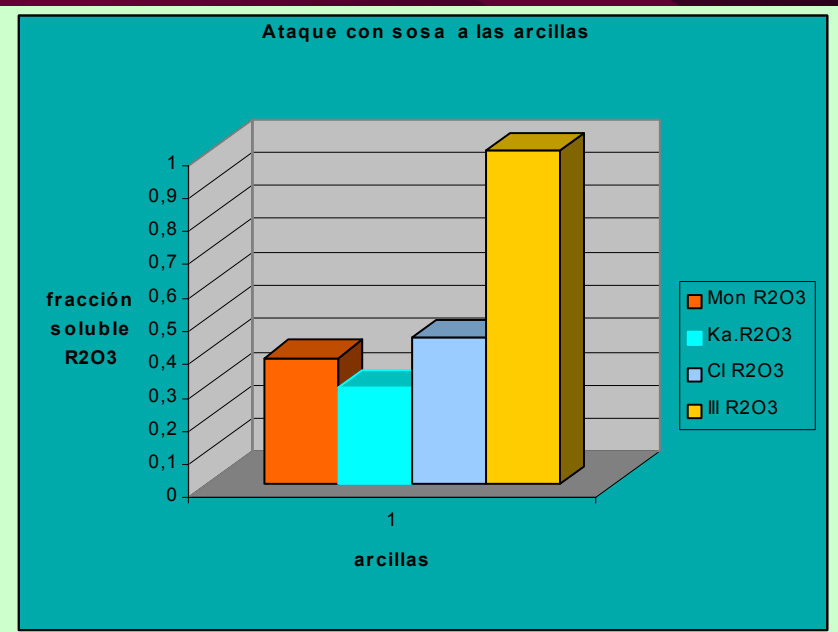
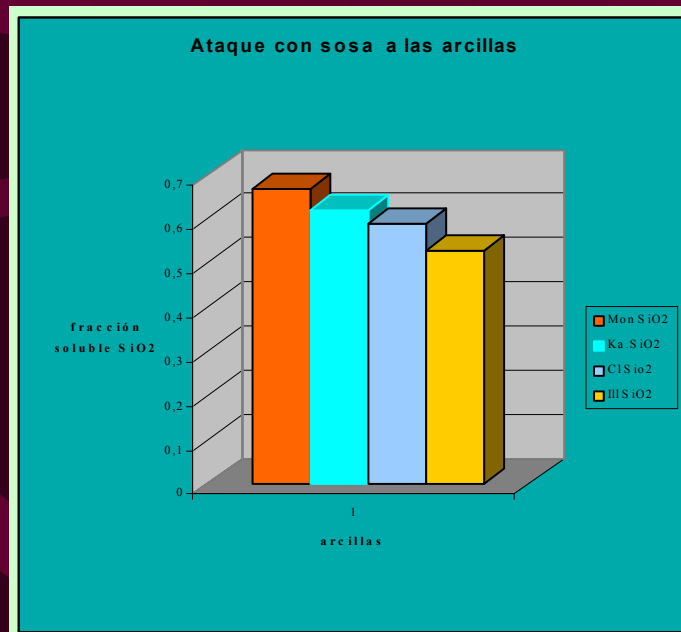
*De los 250ml sobrantes de los líquidos de la determinación de la sílice, se destinan 50ml para el CaO, 50ml para el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y 100ml para la Alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Estas determinaciones se realizaran por métodos de complexometría CEN, procesos basados en la adicción graduada de complexona al líquido hasta obtener el color indicativo de neutralización.*



n° Muestra		SiO2 en CIH	SiO2 cooprecipitada recuperada con NaOH-	SiO2 Total	Incremento relativo micro con NaOH-
M.P. probeta experimental.	Descripción	2° análisis		ataque ácido+alcali	
n°	L				
Ka	<i>Microprobeta Caolinita 50%.PF=0</i>	0,08	0,50	0,58	
Ka14P	<i>Microprobeta Caolinita 50%.14% C.Portland PF=0</i>	1,47	3,42	4,89	135,92%
Ka NaOH- <sup>o</sup>	<i>Microprobeta Caolinita 50%.1,5% NaOH PF=0</i>	0,57	1,19	2,07	259,43%
Ka14CN7y	<i>Microprobeta Caolinita con Yeso y C.Natural PF=0</i>	1,47	2,88	4,34	109,69%
CL. Clorita	<i>Microprobeta 50%Clorita PF=0</i>	0,28	0,57	0,85	
CL NaOh-	<i>Microprobeta 50%Clorita con 1,5% sosa PF=0</i>	0,31	0,64	1,12	31,92%
CL14P oh-	<i>Microprobeta 50% Clorita con 14% C.portland PF=0</i>	1,65	1,43	3,07	174,04%
CL14CN7Y <sup>o</sup> oh-	<i>Microprobeta 50%Clorita 14% C.Natural y 7%yeso PF=0</i>	1,63	1,41	3,04	-9,69%
	0				
ILL. Illita	<i>Microprobeta 50% Illita EE.UU PF=0</i>	0,27	0,76	1,03	
ILL NaOh-	<i>Microprobeta 50% illita con 1,5% sosa PF=0</i>	1,69	0,36	2,60	153,92%
ILL14P oh-	<i>Microprobeta 50% illita con 14% c.portland PF=0</i>	3,56	1,34	4,90	88,11%
ILL14CN7Y oh-	<i>Microprobeta 50% illita con 14% c.natural y 7% yeso PF=0</i>	0,95	1,63	2,57	256,74%
	0				
HALL.Halloisita	<i>Microprobeta 50% Halloisita pura Indiana. EE.UU PF=0</i>	4,39	4,47	8,86	
HALL NaOh-	<i>Microprobeta 50% Halloisita pura con 1,5% sosa PF=0</i>	4,98	10,66	16,29	83,84%
HALL14P oh-	<i>Microprobeta 50% Halloisita con 14% c.portland PF=0</i>	6,88	11,87	18,75	15,09%
HALL14CN7Y oh-	<i>Microprobeta 50% Halloisita con 14% c.natural y 7% yeso PF=0</i>	6,21	12,18	18,39	12,91%
	0				
Mon	<i>100% Mon.Montmorillonita EE.UU PF=0</i>	0,71	0,71	1,43	
Mon	<i>Microprobeta 50% Mon.Montmorillonita EE.UU PF=0</i>	0,34	0,34	0,67	
MON NaOh-	<i>Microprobeta 50% Montmorillonita con 1,5% sosa PF=0</i>	0,40	0,40	1,15	69,94%
MON14P	<i>Microprobeta 50% Montmorillonita 14% c.portland PF=0</i>	1,19	2,38	3,57	211,71%
MON14CN7Y	<i>Microprobeta 50% Montmorillonita 14% c.Natural y 7% yeso PF=0</i>	1,69	1,62	3,30	213,61%

SILICE SOLUBLE ARCILLAS GRUPO I , REFERENCIADAS PERDIDA AL FUEGO=0

	Ataque patrón NaOH 0,5M 1% SiO2	Ataque patrón NaOH 0,5M 1% R2O3	Ataque patrón NaOH 0,5M 1% Al2O3	Ataque patrón NaOH 0,5M 1% Fe2O3
Ka Ka50p	0,62	0,29	0,12	0,17
Ka14P				
CL . Clorita CL14P	0,59	0,44	0,19	0,25
ILL Illita ILL14P	0,53	1	0,48	0,55
Mon	0,67	0,38	0,27	0,125

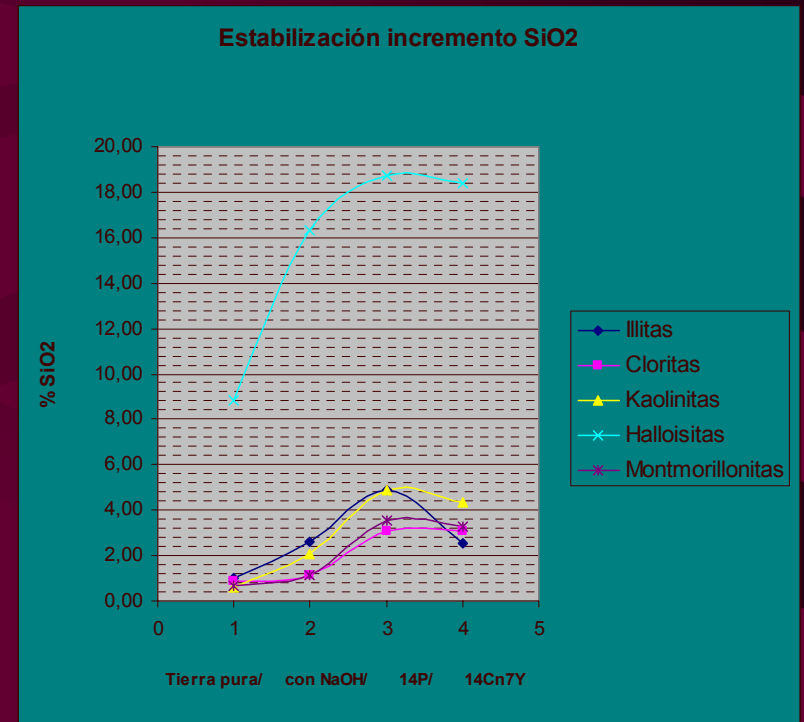
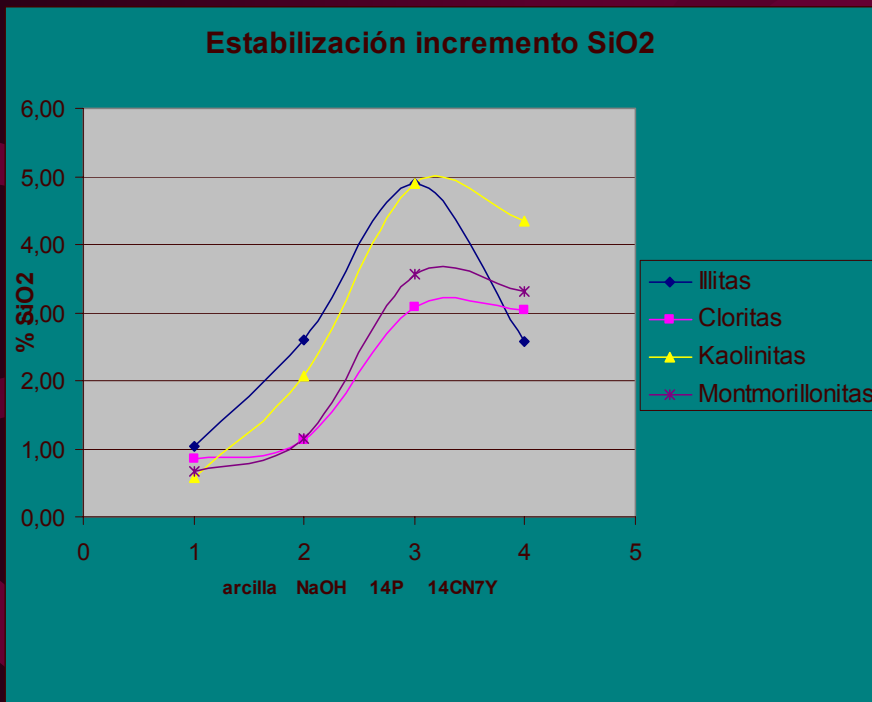




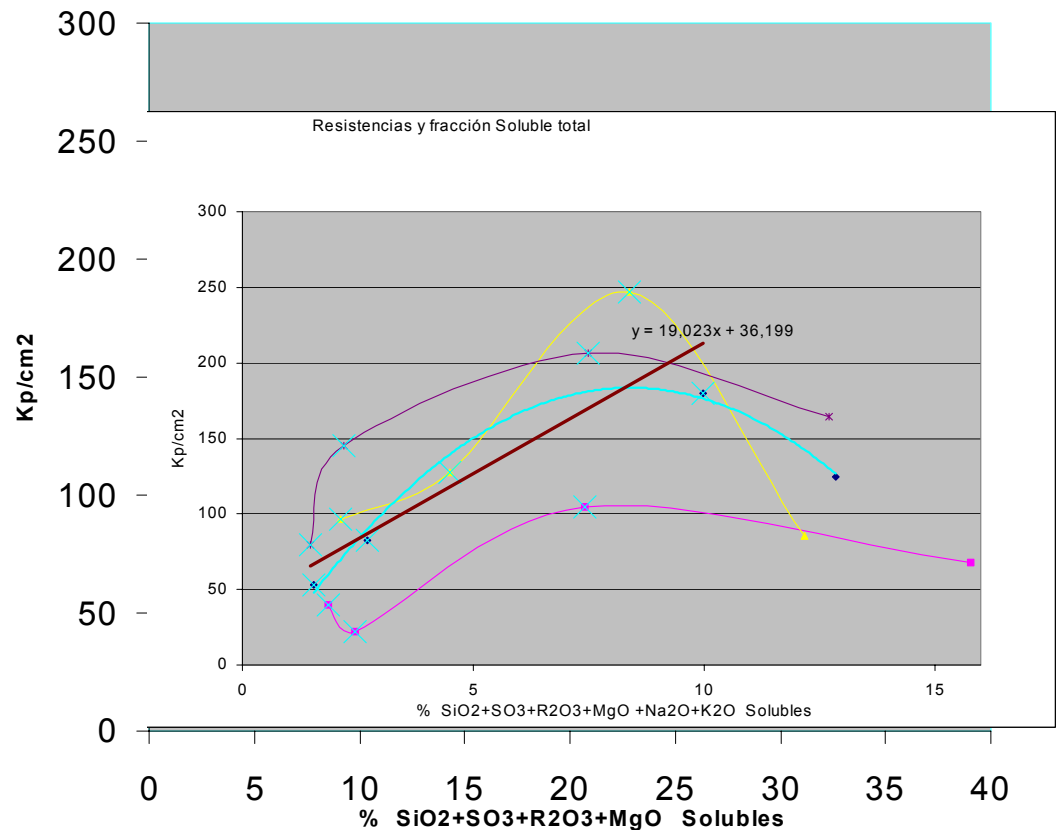
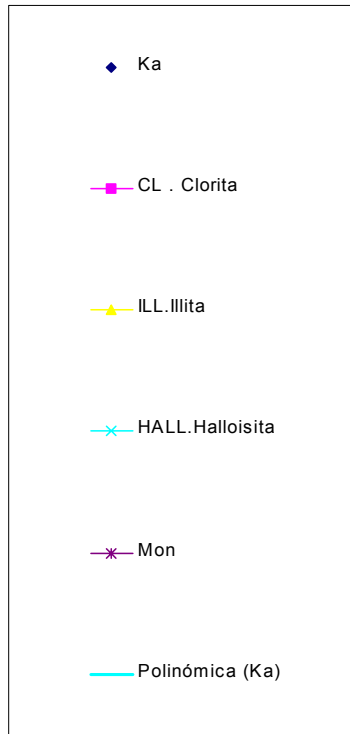
-Las arcillas puras en estado natural que poseen un porcentaje mayor de sílice soluble Halloisitas, el están en un orden parecido .

-El ataque alcalino y la acción defloculante de la sosa es máximo sobre las Montmorillonitas, Illitas y las Caolinitas , ya que multiplica por seis el contenido de  $\text{SiO}_2$ . En las Cloritas se duplica .

-El incremento de sílice soluble posibilita la formación de fases resistentes SCH, lo cual se relaciona con el incremento de resistencia, tal como se demuestra en la gráfica inferior.



# Resistencias y fracción Soluble total



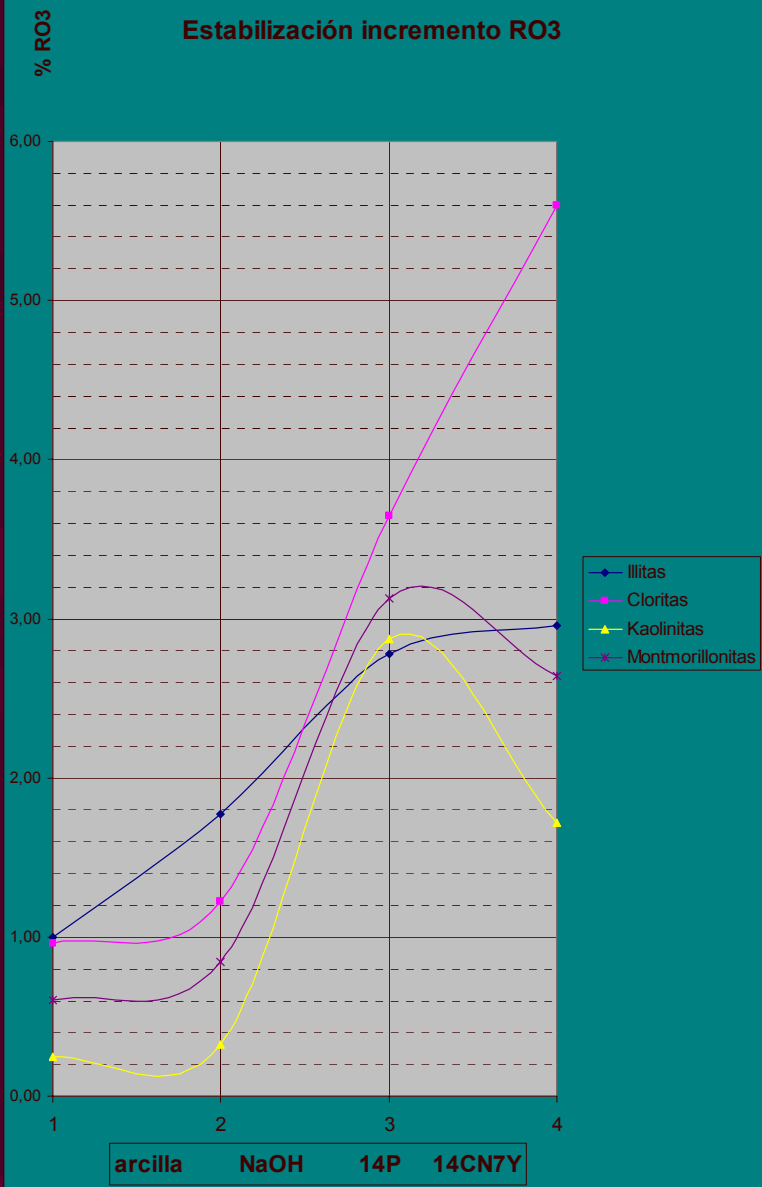
Como conclusión de éste apartado se puede afirmar que el porcentaje de SiO<sub>2</sub> presente es directamente proporcional a la resistencia de la microprobetas según:

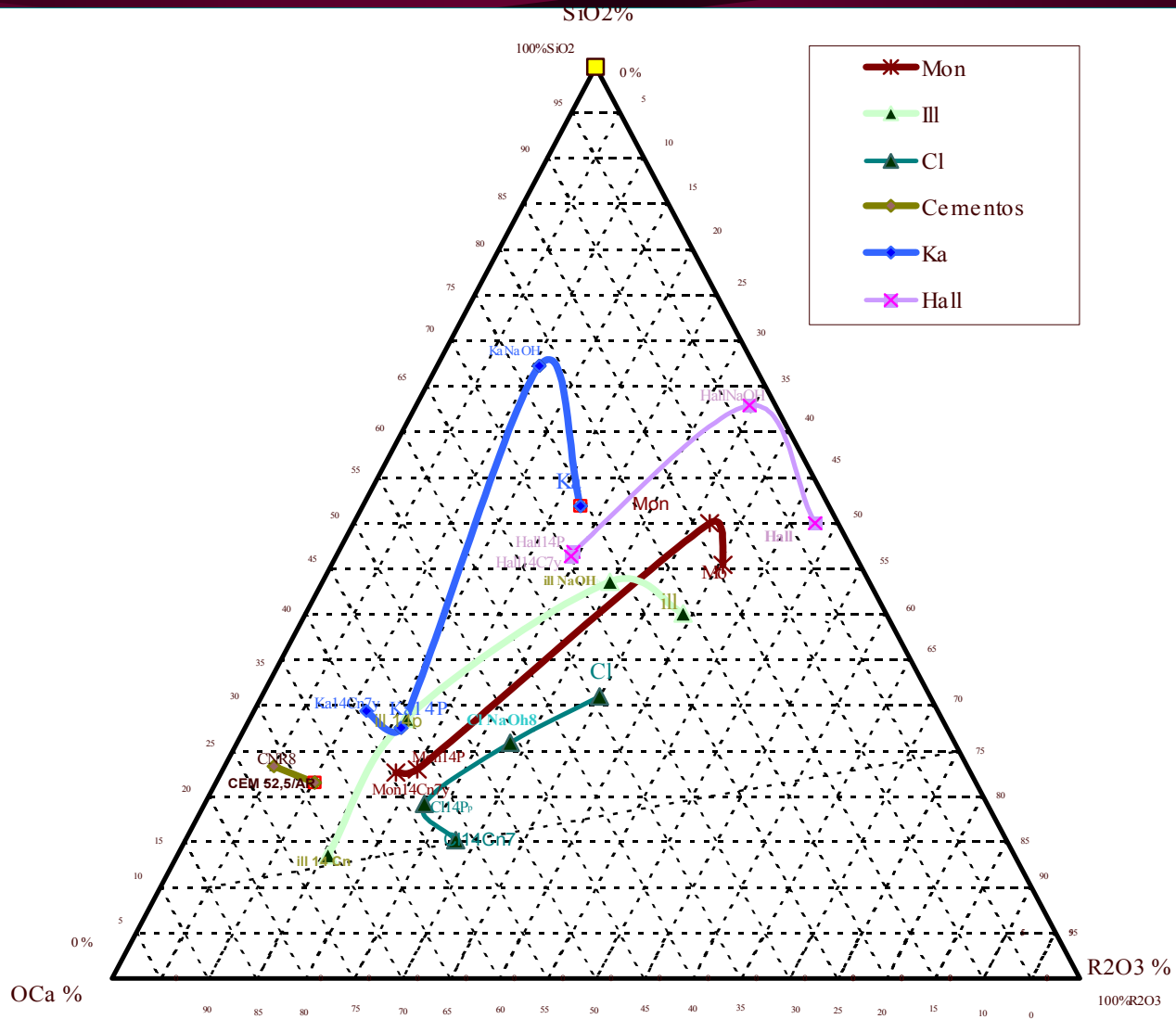
$$\sigma^+ = 10.65 * (\% \text{ SiO}_2 + 50\% \text{ Solubles (R}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})) + 55.3 \pm 3\% \text{ Kp/cm}^2$$

o bien la expresión más sencilla y práctica:

$$\sigma^+ = 31,2 * (\% \text{ SiO}_2 \text{ soluble}) + 37 \pm 5\% \text{ Kp/cm}^2$$

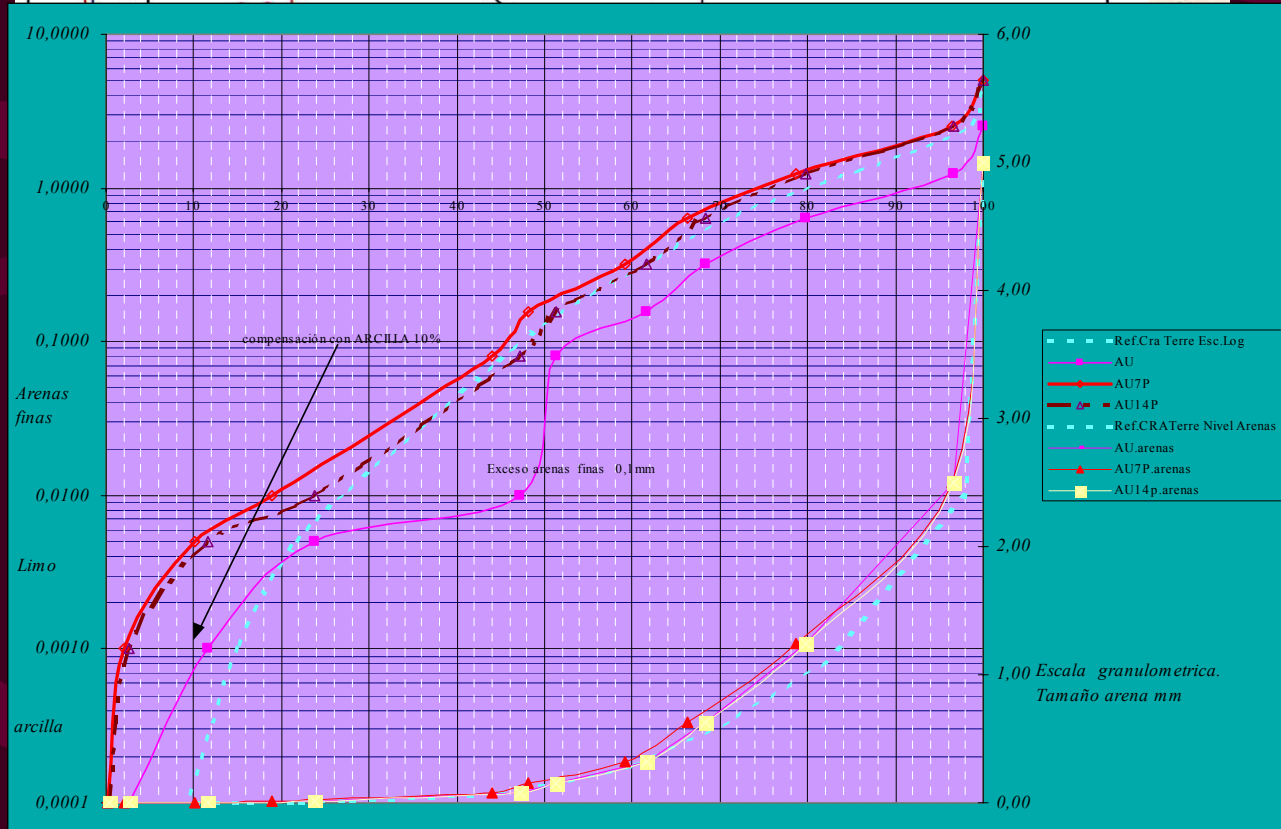
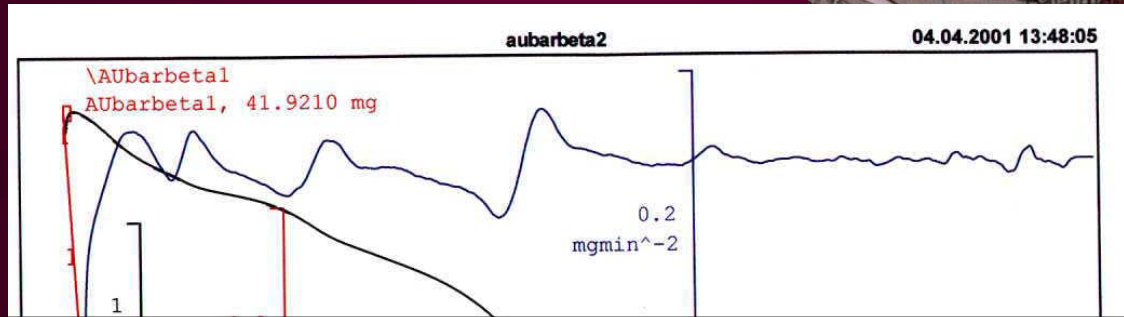
### Estabilización incremento RO3





# Análisis experimental de las tierras usadas en varios proyectos arquitectónicos . GRUPO IIPROYECTOS.

## MUESTRA AU



PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cationes de cambio (Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)

### CAOLINITA.

Ligeras erosiones o tubificaciones.

Desprendimientos.

Formaciones graníticas, basálticas, areniscas, con buen drenaje.

Color gris claro o blancas, moteado o jaspeado, rojo, y naranja.

Baja plasticidad, baja cohesión y no expansivo.

Tamaño promedio  $\approx 1\mu$

### MONTMORILLONITA.

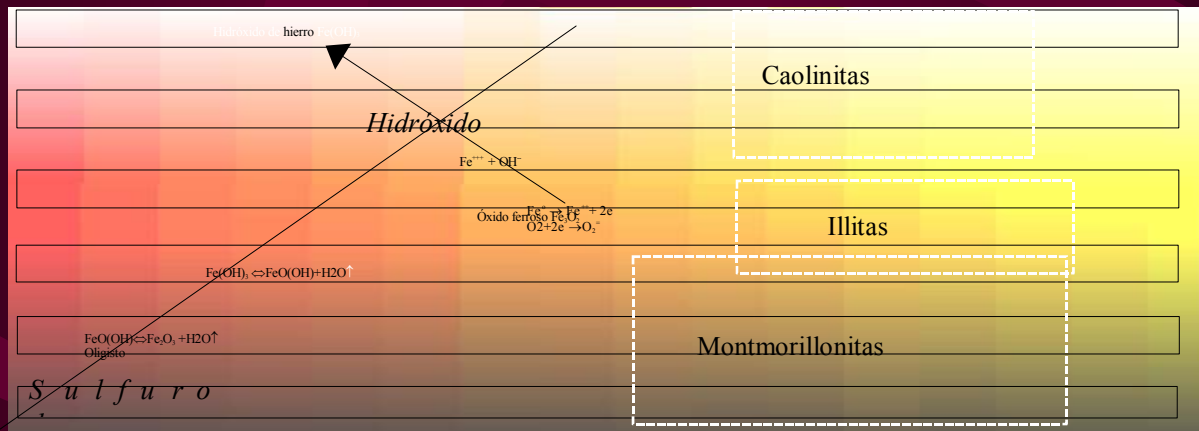
Micro relieves superficiales, rugosos superficialmente si hay gran salinidad. En formaciones basálticas, con poco drenaje. Se dan en formaciones calizas, de lutitas y pizarras.

Color gris oscuro y negras, y moteado o jaspeado en color amarillo, naranja y gris, dispersión en color amarillo-café a rojo-café.

Tamaño promedio  $\leq 0.01\mu$ .

Altamente expansiva, muy plástica, permeabilidad extremadamente baja.

Formación de charcos y cuarteamiento del suelo en estado seco.



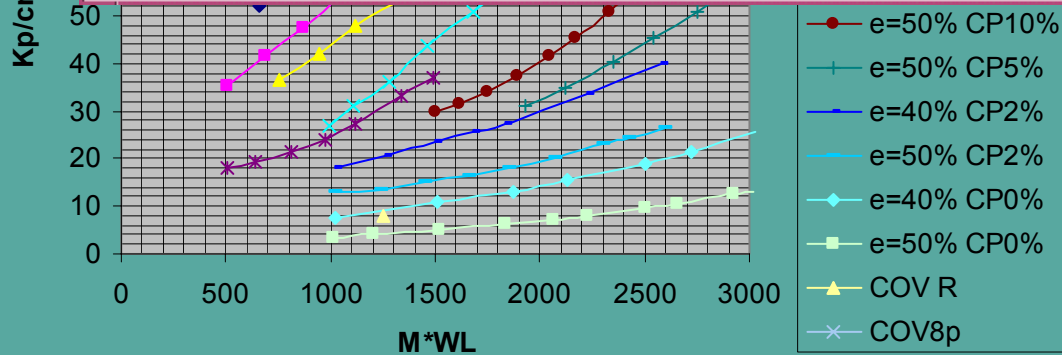
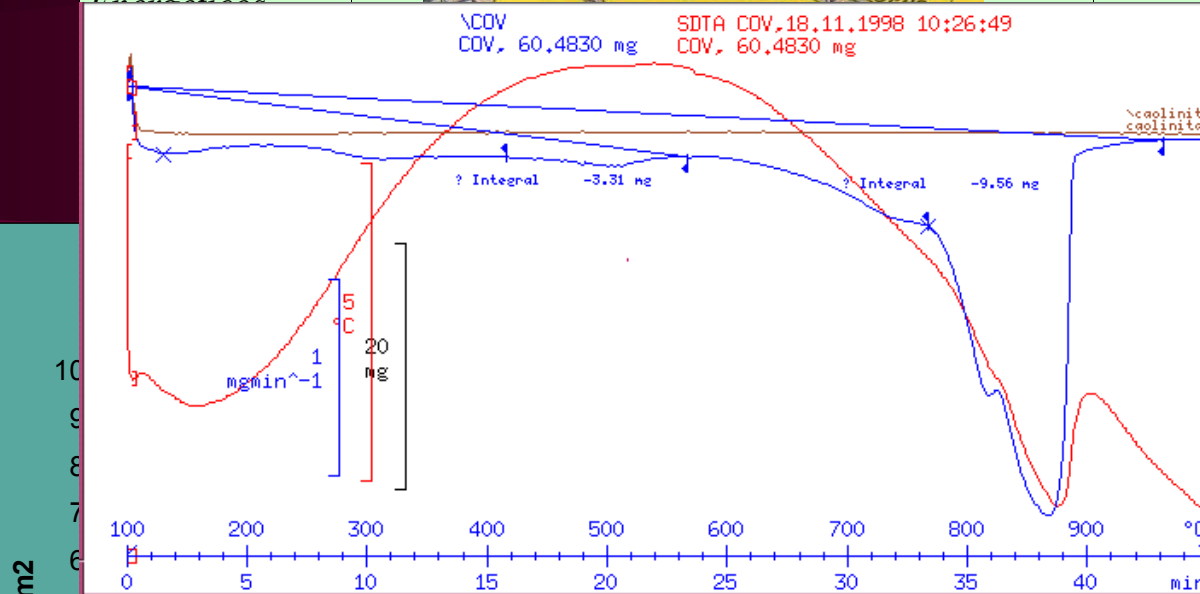
Corrosión electrolítica del hierro.  
Ataque por bacterias divibrosulfúricas, de pozos y del yeso, reducción enzimática (eliminación del  $O_2$ ) que produce sulfuro de hierro color negro vivo

Cloritas

# METODO

## ANÁLISIS ECOBIOCONSTRUCTIVO DE IMPACTO AMBIENTAL. ACV

MATERIAL	BTC.	Procedencia	Covachuelas
INVENTARIO	INPUTS-OUTPUTS		
Factores	duración		

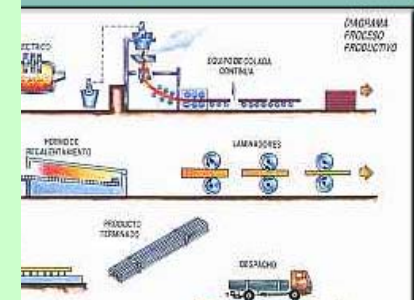
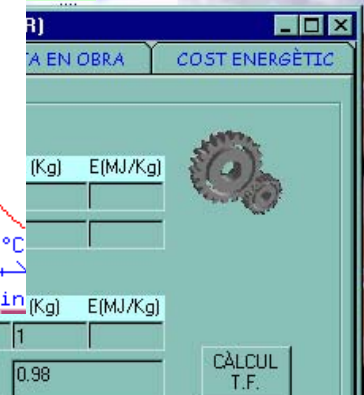


d y coste.

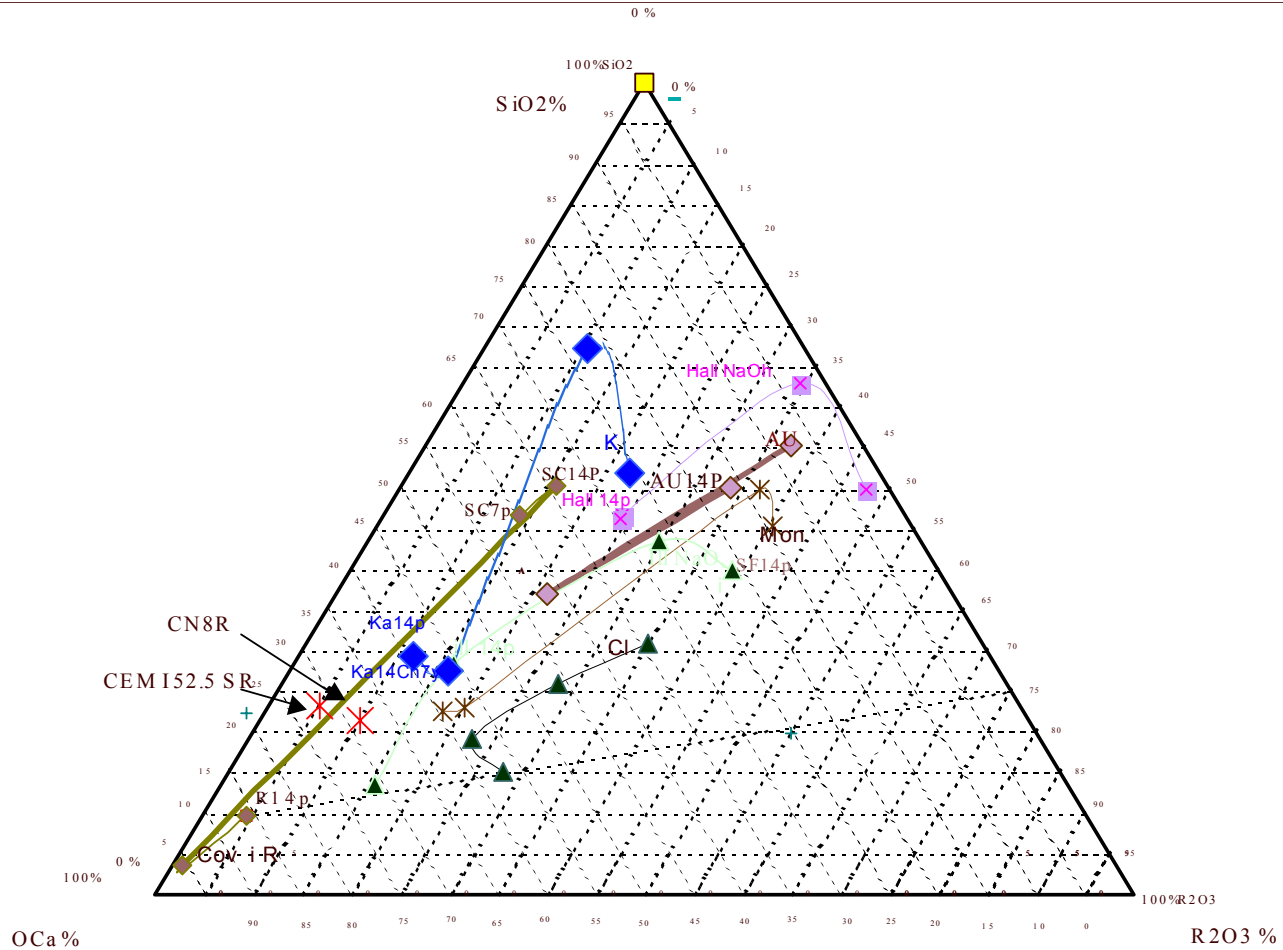
na local

uímicos

s MATERIALS

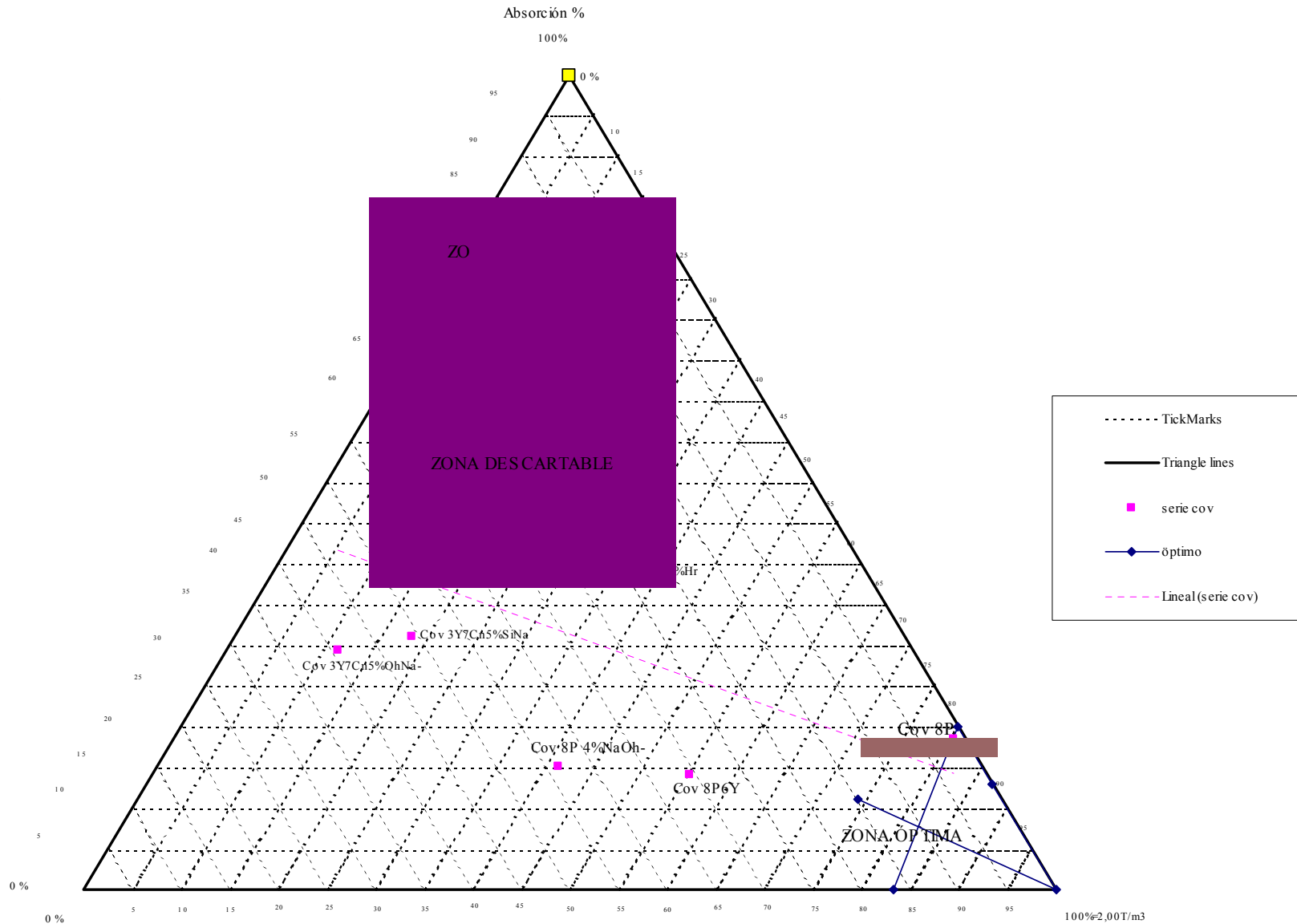


# Gráficos Ternarios método





Cov 8P



# TABLA DE ESTABILIZACIÓN

LA ESTABILIZACIÓN:	Objetivos:
Mejora y estabiliza:	1. Mejorar la calidad y la durabilidad de la tierra como material de construcción (1-Humedad)
ALERGO DE TRANSFORMACIÓN DE FABRICACIÓN Y COCCIONAMIENTO IMPACTO AMBIENTAL POSIBILIDAD DE SER RECLAMADOS POSIBILIDAD DE RECLAMAR SERBIOS AGRICOLAS CONSTRUCCION	2. Liberar materiales anéxicos, tierras y estabilizantes del lugar aunque no sean los desechos.
Objetivos:	1. Mejorar la calidad y la durabilidad de la tierra como material de construcción (1-Humedad)
	2. Liberar materiales anéxicos, tierras y estabilizantes del lugar aunque no sean los desechos.

		ESTADO DEL ARTE	PROBLEMAS A RESOLVER DE LA TIERRA	TIPO ESTAB.	TIPOLOGIA ESTABILIZANTES
<b>ROCA MADRE.GENESIS ARCILLAS.</b>	<b>CONDICIONES</b>				
	HIDROLISIS H <sub>2</sub> O,CO <sub>2</sub> ,°C		(1) sensibles a la compactación. No es proporcional la resistencia a la presión (tope modificable si hay calor cemento)		
		(1) sensibles a la compactación. No es proporcional la resistencia a la presión (tope modificable si hay calor cemento)	<b>1. ESTABILIDAD VOLUMETRICA.</b> "Gonflement" Hinchamientos. Retracción de obra (max. 3mm. en la junta de los tapiales). Prueba caja 60X8,5x3,5 lectura 7d(2cm. Redes de fisuración..... pérdida de resistencia y durabilidad.	FISICA	1. DEFLOCULACION (Preamasado-Prehumectación) 2. GRANULOMETRIA (Curva Ideal-Compensación) 3. COMPACTACION (Eliminar Agua y poros) 4. FIBRAS (Vegetales o Animales)
<b>R.BÁSICAS poco SiO2 SIENTAS GABROS DIORITAS</b>	Alcalinas reductoras alta concentración de	(3) Son responsables de la deformación compresiva			
<b>Calizas áridas, suelos sobre loes</b>					
* (1.3)	<b>FIBRAS VEGETALES</b>	<b>FIBRAS ANIMALES</b>			<b>ARM. VEGETAL</b>
	1.-Centeno 1/4 3% en peso	1.- CRIN, pelo de caballo, vaca			1.- Bambú
	2.- Trigo hasta un 40% de volumen(mejor un poco)	2.- Excremento de vaca o estiércol de camello			2.- Yute
	FISICA	2.- GRANULOMETRIA			3.- Madera - celulosa
	3.-COMPACTACION	5-15%.....Tapial o bloque comprimido.			
	4.-DISMINUIR IP 915-25 (18 bras ileños)	15-30%....Adobe.			
	1.- MAYOR E (índice de poros)	(8) Interés de estudiarla por el método de la superficie			<b>ARM. SINTETICA</b>
					1.- Metálica?
					2.- Plástica.
<b>2. EL AGUA -</b> Aplicable a todos los revestimientos					
POROSIDAD	FISICO-QUIMICA	1.-CEMENTO PORTLAND.Suelos arenosos. Curado 24-28 días. Se considera malo para lugares con cambios de humedad constante.	1.- C. PORTLAND 6 a 8% (3% Cemento es malo. IP. (15 + 5% cemento. reducción 1/4. (8) LL(45		
CAPILARIDAD		2.-CAL.Preamasado 1-2 días 4(IP(20 (7).Curado 30 semanas.	Cimientos- suelos hasta 15-18-20%		
PERMEABILIDAD.		3.- EL YESO.(5)	se necesita más en las tierras arcillosas que en las arenosas No tapar con plásticos (7).		

# FICHA TÉCNICA BLOQUE BTC BIOTERRE Fabricante. Grup .PLANAS

## CARACTERÍSTICAS GENERALES:



Bloque macizo comprimido por hiperpresión en prensa hidráulica entre 50Kp/cm2 a 100Kp/cm2.  
análogo al PiedraBlock de ItalMexicana o al BTC de Altech ( Embrún Francia).  
Curado Hidráulico-Solar.  
Resistencia final máxima a los 700 días de su fabricación, resistencia a 28 días 75%

## COMPOSICIÓN BASE:

Tierras con granulometría y composición preseleccionada, estabilizadas con cemento, cal y adiciones puzolánicas naturales.  
Parámetros de control establecidos por:  
la ASTM de 4609-94 "guía estándar para evaluar la efectividad de los compuestos químicos para la estabilización de suelos", los métodos de dosificación del Grupo Archettere y el INSA (Instituto Nacional de las Ciencias Aplicadas de Lyon), el ENTPÉ (Francia) , de la Associação Brasileira de Cimento Portland, la British Standards , y el ICCROM-CRA Terre-Univ.Grenoble 1988 , el método de las fracciones solubles (Gomá , UPC 1998) , y el método de mejora de BTC ( Barbeta, G. Tesis Doctoral UPC 2001)

CODIGO MUESTRA: **COV14P** FECHA DE FABRICACION: 12/03/99

CARACTERÍSTICAS BLOQUE: **DIMENSIONES** 29 x 14,5 x 9,5 cms 0,2mm P= 7,15 Kgms

ASTM 1633-96 SUELO-CEMENTO RESISTENCIA COMPRESIÓN  $\sigma =$  **108** Kp/cm2 50% HÚMEDO

MODULO DE ELASTICIDAD  $E =$  25.409 Kp/cm2

RESISTENCIA A TRACCIÓN  $\sigma =$  **21,525** Kp/cm2 RESISTENCIA A CORTANTE  $\sigma =$  **10,76** Kp/cm2

RESISTENCIA A FLEXIÓN  $\sigma =$  **12,32** Kp/cm2 CONTRACCIÓN LINEAL FÁBRICA  $\rho =$  **0,3** mm/m

AISLAMIENTO TERMICO:  $e=30$ cms apartir de las Normas UNE-92-001-90/91 UNE-92-201-89 UNE-92-202-89 ISO/DIS 3990

$\lambda_s =$  **0,415** W/m  $^{\circ}$ A 0  $^{\circ}$ C  $K =$  **1,06** W/m2  $^{\circ}$ C >1,4 ejemplo NBE CT-79

$\lambda_s =$  **0,546** W/m  $^{\circ}$ A 35  $^{\circ}$ C  $K =$  **1,30** W/m2  $^{\circ}$ C

$\mu$  factor de amortiguamiento=  $\exp(-e \sqrt{\pi c \delta / AT})$  **0,82**  $\phi$  Desfase térmico=  $T/2 \cdot e / A \cdot V \cdot c \delta / \pi \cdot T$  **7,99** horas

AISLAMIENTO ACÚSTICO  $e=30$  [Rg en dB ( $\Delta$ )]= **54,0** RESISTENCIA AL FUEGO  $>240$  m **TIPO MD (según NBE-CPI-98)**

PARÁMETROS DE EJECUCIÓN REFERENCIA NORMATIVA CUMPLIMIENTO NBE-FL-90 NTE-EPL-77

MORTERO M-800B con adición de un 50% de tierra preparada TMA-5mm JUNTAS **15** mm

APAREJO Válidos los propios del ladrillo perforado y macizo. Junta laberíntica. ROZAS MAX **25**mm en tramos <1,5m

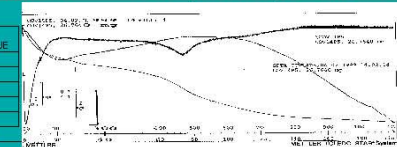
JUNTAS DILATACIÓN <40m y <20m en morfología L o U HUECOS Anchura >0 entre huecos, hueco-encuentro muros >0,5m

## ANÁLISIS CRISTALÓGRAFICO Y PETROGRÁFICO



COMPONENTES POR ATG	PORCENTAJE
CAOLINITA	17,8%
MONTMORILLONITA	18,2%
CARBONATO CALCICO	20,8%
BATERITAS +SEPIOLITA	10%
SAPONITA	6,5%

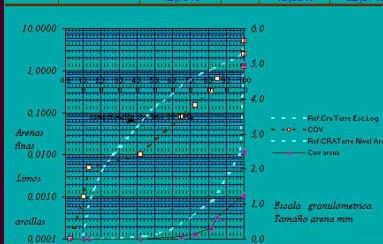
ATD/ATG Universidad de Girona. Dept Física Aplicada



La analítica por Análisis térmico Diferencial deL BLOQUE ESTABILIZADO , se ha realizado sobre muestra de la fracción fina inalterada, obtenida a partir de un proceso de decantación y secado a 24horas <60 $^{\circ}$ C , hasta conseguir peso constante.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS

No Nivel	arcilla	No Nivel	limos	Nivel arena
Normas : UNE 7-324-76 I ASTM 62419				
Proceso granulométrico-sedimentométrico ajuste curva Fuller				
<10 $\mu$		10 $\mu$ a 100 $\mu$		>100 $\mu$
Na $^+$		NO $^+$		NO $^+$
	12,73%	45,88%		32,67%



## ANÁLISIS FÍSICOS

según UNE ASTM y Lab. Oficiales. Norma Americana AOAC.	COV	COV14P
Conductividad suelo 15	197,00	
pH $\pm 0,04$ a 25 $^{\circ}$ C	9,60	
Sales solubles a pH 4,0	97,06	
Residu SO $_4$ res. H $_2$ O 300 $^{\circ}$ C/1g/1g	0,14%	1,42%
NO $_3$	5,00	5
Cl	35,50	36
CaCO $_3$ Método colorimétrico	20,28%	
por absorción atómica y método fracciones solubles. $\pm 0,05\%$		
Mg $^{++}$	9,95%	99,528 0,99%
Na $^+$	0,15%	1473,70 0,08%
K $^+$	0,38%	3809 0,26%
Ca $^{++}$	11,72%	117,211 15,47%
Ca O	16,40%	164,000
SiO $_2$ Soluble	0,58%	580,000
R2O3 Al $_2$ O $_3$ +Fe $_2$ O $_3$	0,28%	280,000

0 Método de dosagem de solo-cemento. Associação Brasileira de Cimento Portland. Sao Paulo. 1941. ( Bol. SC-2)  
y " British Standard method of test for stabilized soils. Edit. British Standards Institution. London 1987. ( B.S 1924)  
1. Chemical analysis of hardened concretes and mortars with active additions. A new procedure for its identification. Aut. Gomá, F.G y Vicente M.D. Edit. Proceedings of the International Conference Creating with concrete and mortar. R.R. Ditt y M.C.Limbachya. sep. 1999.  
2. A Laboratory Manual For Architectural Conservators. Aut. Jeanne Marie Teutonico. ICCROM Roma 1988  
"Manual de laboratorio". Ed. G. CRA Terre, 1992.  
"Village Terre". CRA Terre. Ministère de l'Urbanisme et du Logement. 1982.  
3 Etude de l'aptitude des sols a la stabilisation au ciment application a la construction. Aut. Jean Michele Gressillon. Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics n $^{\circ}$  361 1978.  
Factors influencing some of the physical properties of soil-cement mixtures. Aut. Fell, B.J Edit. Chicago, PCA, 1955.  
Progress report on California experience with cement treated bases. Aut. Stanton T.E., Hyven F.N. y Beatty J.L. Edit. Highway Research Board, Proc. 279-295. 1943

*Todos los parámetros que hemos considerado deben mostrar ante técnicos, aseguradoras, organismos y colegios oficiales, una seguridad y control de este material milenario, para equipararlo al resto de tecnologías constructivas que tenemos a nuestro alcance.*

*Mi esperanza es que este grano de arena se sume a los otros , que como yo, luchan por un Mundo mejor, más justo y solidario.*

*Es la abertura de un nuevo camino indispensable de recuperación del saber popular, fusionado con el desarrollo sostenible, que la Humanidad ha emprendido sin otro incentivo que mirar hacia el futuro e imaginar un futuro en armonía con Gaia y el Universo que nos ha tocado vivir.*

**GRACIAS**