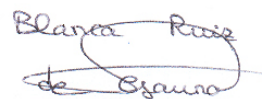


<b>Nº INFORME</b>	27557
<b>Cliente</b>	HNOS. EGUSKIZA, S.L.
<b>Persona de contacto</b>	D. SERGIO EGUSKIZA
<b>Dirección</b>	CTRA. MUSKIZ SOPUERTA, KM. 26 BARRIO ARENAO, S/N, 48191 SOPUERTA (VIZCAYA)
<b>Objeto</b>	Profundidad de carbonatación, mineralogía (mediante DRX) y el contenido de cal libre.
<b>Muestra ensayada</b>	Baldosas.
<b>Fecha de recepción</b>	23.03.2011
<b>Fechas de ensayo</b>	28.03.2011/16.06.2011
<b>Fecha de emisión</b>	24.06.2011



Ane Castaño  
Técnico Laboratorio Físico-Mecánico  
Madera, Polímeros y Biocidas

Blanca Ruiz de Gauna  
Resp. Laboratorio Físico-Mecánico  
Madera, Polímeros y Biocidas

- Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.
- Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

## ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.- ENSAYOS .....</b>	<b>4</b>
2.1.- Profundidad de carbonatación .....	4
2.2.- Caracterización mineralógica.....	5
2.3.- Determinación de cal libre.....	8
<b>3.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>10</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN

El trabajo desarrollado en este estudio ha tenido por objeto conocer la profundidad de carbonatación, la mineralogía (mediante DRX) y el contenido de cal libre (análisis químico), de unas baldosas sometidas a una atmósfera rica en dióxido de carbono y con dos niveles de composición (superior e inferior). Las muestras analizadas se han identificado del modo siguiente para el estudio mineralógico y de contenido en cal libre:

### Baldosas “patrón”

- Baldosas sin geosilex: «1» es la muestra de la mitad superior, «2» es la muestra de la mitad inferior.
- Baldosa tratada con geosilex: «5» es la muestra de la mitad superior, «6» es la muestra de la mitad inferior.

### Baldosas sometidas a ensayo de CO<sub>2</sub> durante 1 mes.

- Baldosas sin geosilex sometida a atmósfera rica en dióxido de carbono durante un mes: «3» es la muestra de la mitad superior, «4» es la muestra de la mitad inferior.
- Baldosa tratada con geosilex sometida a atmósfera rica en dióxido de carbono durante un mes: «7» es la muestra de la mitad superior, «8» es la muestra de la mitad inferior.

### Baldosas sometidas a ensayo de CO<sub>2</sub> durante 2 meses.

- Baldosas sin geosilex sometida a atmósfera rica en dióxido de carbono durante dos meses: «9» es la muestra de la mitad superior, «10» es la muestra de la mitad inferior.
- Baldosa tratada con geosilex sometida a atmósfera rica en dióxido de carbono durante dos meses: «11» es la muestra de la mitad superior, «12» es la muestra de la mitad inferior.

## 2.- ENSAYOS

### 2.1.- Profundidad de carbonatación según la norma UNE-EN 13295:2005

El ensayo ha consistido en someter a las baldosas a una atmósfera que contiene el 1 % de CO<sub>2</sub>, a una temperatura de (21 ± 2) °C y una humedad relativa del (60 ± 10) %, durante 56 días.

El ensayo se ha realizado sobre 3 baldosas sin geosilex y sobre 3 baldosas con geosilex, estudiándose la profundidad de la carbonatación en los dos niveles de composición (superior e inferior).

La profundidad de carbonatación se ha medido al cabo de 28 días y al cabo de 56 días, sobre las superficies rotas de las probetas. Sobre estas superficies se rocía una disolución de fenolftaleína y tras (60 ± 5) min después del rociado, se mide la profundidad de carbonatación.

La profundidad de carbonatación de cada nivel de composición es la profundidad media en las tres caras laterales de la probeta.

**Tabla 1.** Profundidad de carbonatación.

MUESTRA		Profundidad de carbonatación (mm)		
		Baldosa 1	Baldosa 2	Baldosa 3
Sin geosilex carbonatado (1 mes)	Superior	4,9	5,1	4,7
	Inferior	12,1	10,9	11,2
Sin geosilex carbonatado (2 meses)	Superior	4,3	4,2	4,7
	Inferior	13,0	11,7	12,5
Con geosilex carbonatado (1 mes)	Superior	4	3,3	2,8
	Inferior	7,3	6,7	7,4
Con geosilex carbonatado (2 mes)	Superior	2,7	2,6	2,7
	Inferior	9,1	9,5	9,5

## 2.2.- Caracterización mineralógica

Los análisis mineralógicos se han llevado a cabo por la técnica de difracción de rayos X en polvo. Las medidas difractométricas se han efectuado con un difractómetro Philips X'Pert Pro MPD pw3040/60, equipado con tubo cerámico de cobre. Las condiciones instrumentales de las medidas han sido; barrido continuo durante una hora de 2 a 75° 2 $\theta$ , con una tensión del generador de 40kV y 40 mA.

Los análisis se realizaron entre el 17 y 20 de mayo para las baldosas "patrón" y las sometidas a CO<sub>2</sub> durante 1 mes; y del 14 al 16 de junio para las baldosas sometidas a CO<sub>2</sub> durante 2 meses.

Al exponer las baldosas a una atmósfera rica en dióxido de carbono, éste puede reaccionar con la portlandita presente en el material, disminuyendo progresivamente la cantidad de ésta. Los picos de difracción de la portlandita presentes en los difractogramas tienen un área que es directamente proporcional a la abundancia de ésta.

Los difractogramas obtenidos han permitido identificar las fases minerales y determinar el área de los principales picos de la portlandita que se indican en las tablas uno y dos a continuación mostradas.

**Tabla 2.** Mineralogía de la mitad superior de las muestras de baldosas analizadas.

Muestra	1	3 (1+ 1mesCO <sub>2</sub> )	9 (1+ 2mesCO <sub>2</sub> )	5	7 (5+ 1mesCO <sub>2</sub> )	11 (5+ 2mesCO <sub>2</sub> )
Alita Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>		•	•			
Belita Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>						•
Calcita CaCO <sub>3</sub>	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
Cuarzo SiO <sub>2</sub>	•	•	•			•
Dolomita CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	••	••	••			
Magnesita MgCO <sub>3</sub>	indicios		indicios			
Portlandita Ca(OH) <sub>2</sub>	••	•	•	•••	••	••

(Los puntos indican cualitativamente la abundancia relativa del mineral)

Las muestras de las superficies de las baldosas analizadas están compuestas principalmente por calcita acompañada por portlandita. En la superficie de las baldosas sin geosilex también se encuentra dolomita, cuarzo y ocasionalmente restos de cemento (alita o belita) e indicios de magnesita.

En los difractogramas obtenidos, la magnitud de intensidad de los picos de portlandita indican que la baldosa con geosilex contienen más cantidad de portlandita que la no lo lleva añadido. Asimismo, la exposición a dióxido de carbono consume portlandita en ambos tipos de baldosas, reduciéndose la intensidad de los picos de la portlandita.

**Tabla 3.** Mineralogía de la mitad inferior de las muestras de baldosas analizadas.

Muestra	2	4 (1+ 1mesCO <sub>2</sub> )	10 (1+ 2mesCO <sub>2</sub> )	6	8 (5+ 1mesCO <sub>2</sub> )	12 (5+ 2mesCO <sub>2</sub> )
Albita NaAl <sub>1</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	•••	•••	••	••	••	••
Calcita CaCO <sub>3</sub>	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
Cuarzo SiO <sub>2</sub>	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Dolomita CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	••	••	••	••	••	••
Microclina KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	•••	•••	••	••	••	••
Moscovita KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	••	•••	••	•••	••	•••
Portlandita Ca(OH) <sub>2</sub>	••	••	••	••	•	•

(Los puntos indican cualitativamente la abundancia relativa del mineral)

Las muestras de las zonas inferiores de las baldosas analizadas están compuestas principalmente por calcita acompañada por cuarzo, feldespato (albita y microclina), moscovita, dolomita y portlandita.

Los datos de intensidad de los picos de la portlandita en los difractogramas de la baldosa sin tratamiento de geosilex indican que la cantidad de portlandita en la parte inferior de ésta no se ha visto acusadamente afectada por la exposición al dióxido de carbono.

Por otro lado, la intensidad de los picos de la portlandita en los difractogramas de la baldosa con tratamiento de geosilex indican que la cantidad de portlandita en la parte inferior se ha visto levemente reducida tras la exposición al dióxido de carbono.

### 2.3.- Determinación de cal libre

El estudio de las fases mineralógicas se ha complementado con la determinación cuantitativa de cal libre, según norma UNE-EN 1744-1:1999. El estudio se realiza en las 4 muestras a tiempo cero (baldosas “patrón”) y en las mismas edades en las que se ha realizado el DRX.

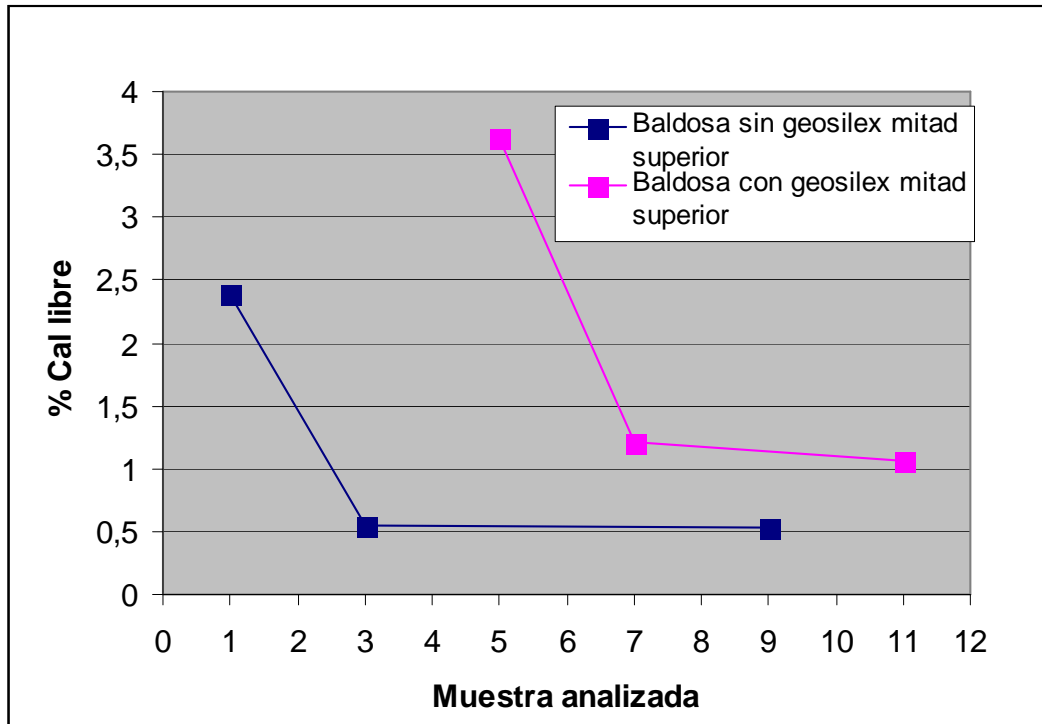
Los ensayos se realizaron el 17 de mayo y el 14 de junio.

**Tabla 4.** Contenido de cal libre de las muestras de baldosas analizadas.

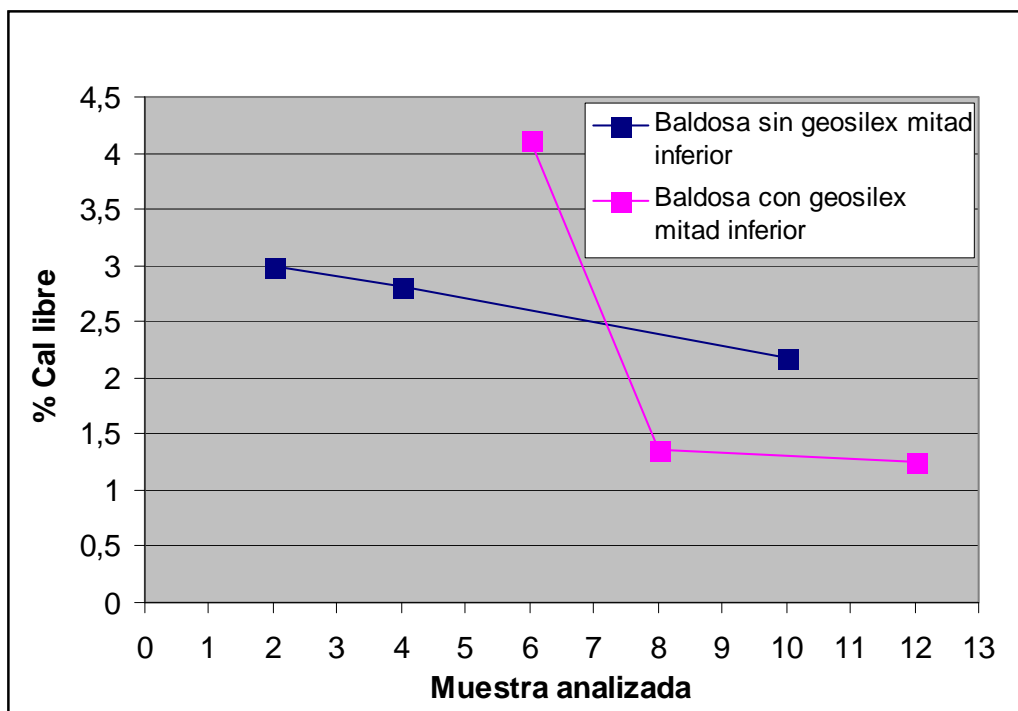
MUESTRA		% cal libre
Sin geosilex	Superior (1)	2,39
	Inferior (2)	2,99
Sin geosilex carbonatado (1 mes)	Superior (3)	0,55
	Inferior (4)	2,82
Sin geosilex carbonatado (2 meses)	Superior (9)	0,53
	Inferior (10)	2,17
Con geosilex	Superior (5)	3,63
	Inferior (6)	4,11
Con geosilex carbonatado (1 mes)	Superior (7)	1,21
	Inferior (8)	1,36
Con geosilex carbonatado (2 mes)	Superior (11)	1,06
	Inferior (12)	1,26

A continuación se muestra gráficamente los resultados obtenidos, donde en general se ve una tendencia a disminuir el contenido de cal libre debido a la carbonatación sufrida de las muestras, siendo mayor a 1 mes que a 2 meses de haberlas sometido a atmósfera rica en dióxido de carbono.





**Gráfico 1.** Comparativa del contenido de cal libre de las baldosas sin geosilex y con geosilex (zona superior) a edades: 0, 1 mes y 2 meses. A 1 mes del ensayo de carbonatación se observa una clara disminución de cal libre.

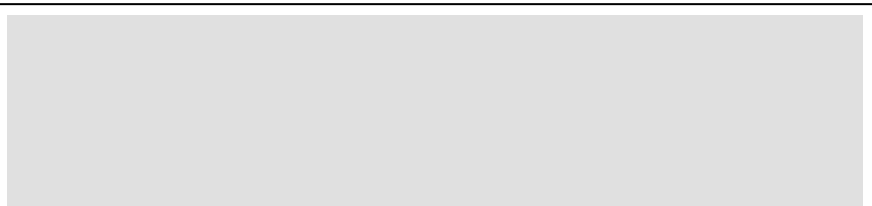


**Gráfico 2.** Comparativa del contenido de cal libre de las baldosas sin geosilex y con geosilex (zona inferior) a edades: 0, 1 mes y 2 meses. Sin geosilex la disminución es menor.

### 3.- CONCLUSIONES

A tenor de los resultados obtenidos se concluye que:

- La profundidad de carbonatación es superior en las baldosas que no contienen geosilex. Esto concuerda con los resultados obtenidos de cal libre que se comentan a continuación.
- Inicialmente las baldosas sin geosilex presentan un contenido menor de cal libre frente a las baldosas con tratamiento geosilex.
- A 1 mes de someter las muestras a una atmósfera de CO<sub>2</sub>, las baldosas que no contienen geosilex (menor porcentaje inicial de cal libre) alcanzan un grado de carbonatación de un 77% frente al 67% de las baldosas con geosilex. A 2 meses del ensayo, esos porcentajes aumentan ligeramente al 78% y 70% respectivamente. Esto obedece a que la cantidad de cal libre de la parte superior de las tratadas con geosilex es mayor que las de sin geosilex, esto indica que el tiempo que tarda en carbonatarse totalmente las baldosas de geosilex, será mayor.
- A la vista de los resultados obtenidos de los diferentes análisis y suponiendo que se carbonata completamente toda la cal libre contenida en la zona superior de la baldosa (1,6 cm de espesor), teóricamente las baldosas con geosilex podrían llegar a captar 104 gr de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> frente a 68 gr de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de las baldosas sin geosilex. Todo esto para baldosas con un contenido de cal libre de 3, 63% para las baldosas con geosilex y de un 2,39% para las baldosas sin geosilex.

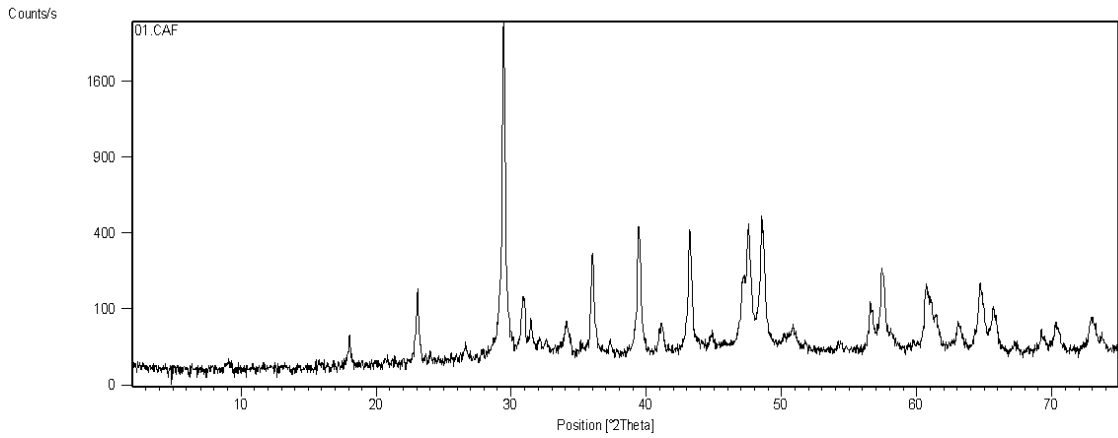


**ANEXO 1**

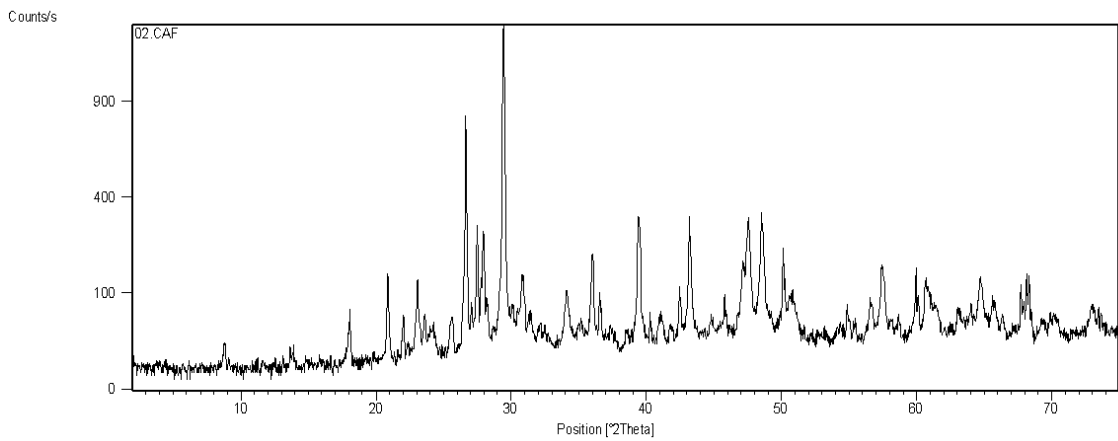


**DIFRACTOGRAMAS**

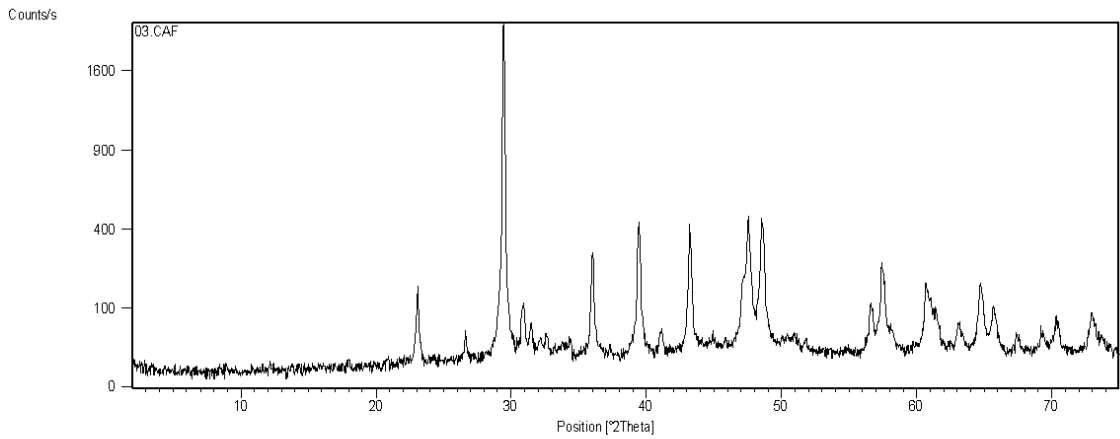
### Anexo. Difractogramas interpretados de las muestras analizadas



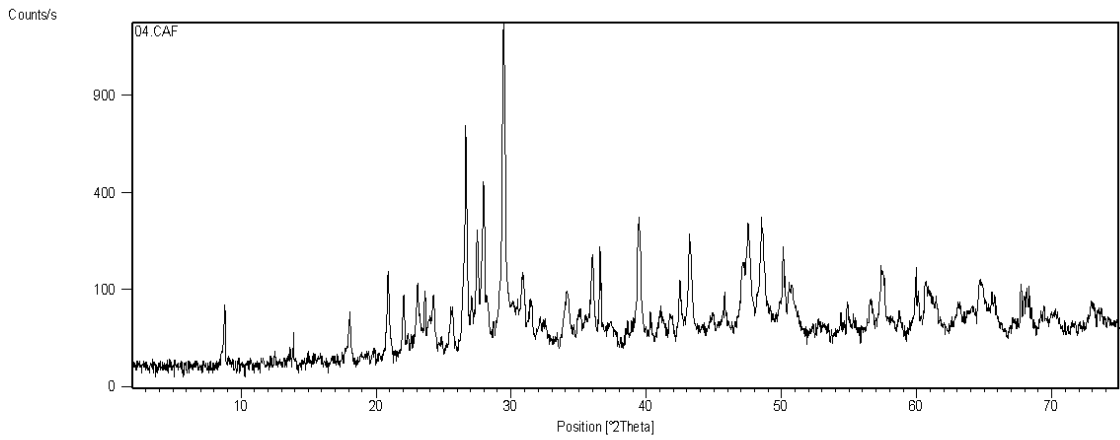
Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-083-0578	Calcite	Ca ( C O <sub>3</sub> )
00-044-1481	Portlandite, syn	Ca ( O H ) <sub>2</sub>
00-036-0426	Dolomite	Ca Mg ( C O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
01-085-0335	Quartz low	Si O <sub>2</sub>
01-080-0101	Magnesite	Mg ( C O <sub>3</sub> )



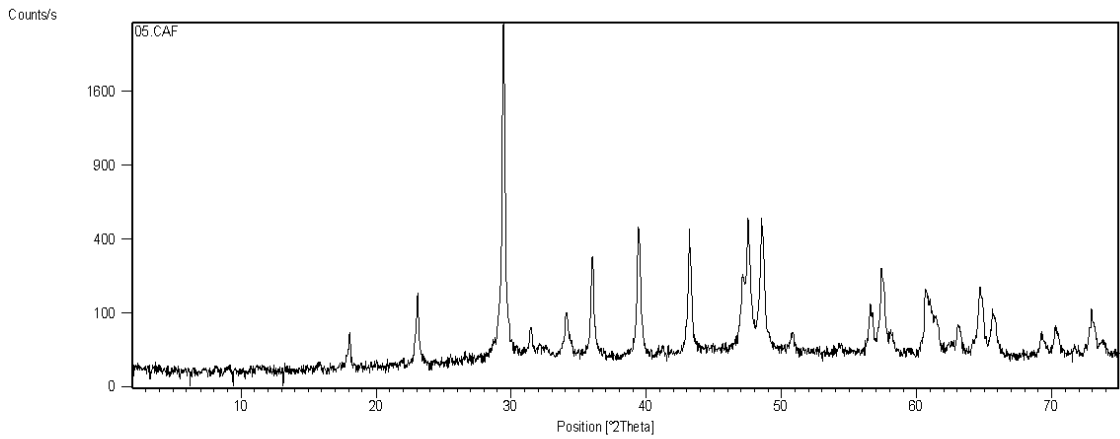
Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-083-0578	Calcite	Ca ( C O <sub>3</sub> )
00-046-1045	Quartz, syn	Si O <sub>2</sub>
01-087-0673	Portlandite, syn	Ca ( O H ) <sub>2</sub>
01-076-0758	Albite low	Na <sub>1</sub> O <sub>9</sub> ( Al <sub>1</sub> O <sub>8</sub> Si <sub>2</sub> 9 <sub>1</sub> O <sub>8</sub> )
00-019-0832	Microcline, intermediate	K Al <sub>3</sub> S <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
01-076-0637	Muscovite 2VTM#1	K Al <sub>2</sub> ( S <sub>3</sub> Al ) O <sub>10</sub> ( O H ) <sub>2</sub>
01-074-1887	Dolomite	Ca Mg ( C O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>



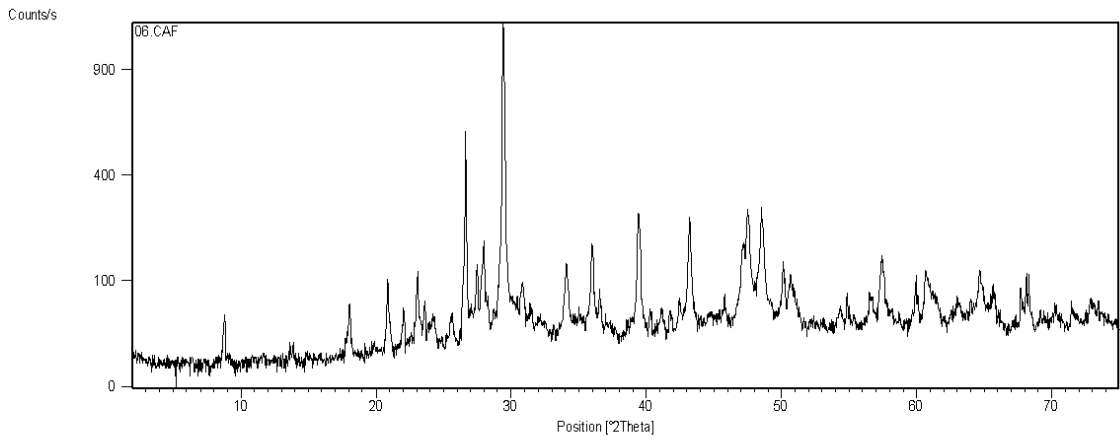
Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-083-0578	Calcite	Ca ( C O3 )
00-036-0426	Dolomite	Ca Mg ( C O3 )2
01-085-0335	Quartz low	Si O2
00-049-0442	Ca3 Si O5	
00-044-1481	Portlandite, syn	Ca ( O H )2



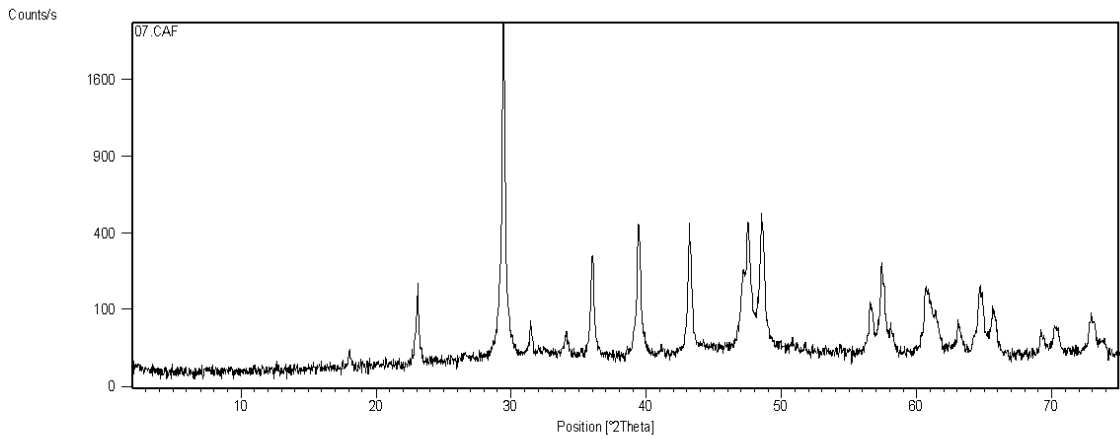
Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-083-0578	Calcite	Ca ( C O3 )
00-046-1045	Quartz, syn	Si O2
01-076-0758	Albite low	Na1.09 ( Al1.09 Si2.91 O8 )
01-074-1687	Dolomite	Ca Mg ( C O3 )2
00-019-0932	Microcline, intermediate	K Al Si3 O8
00-044-1481	Portlandite, syn	Ca ( O H )2
01-084-1305	Muscovite 2VTMRG#1	K Al Si3 O10 ( O H )2



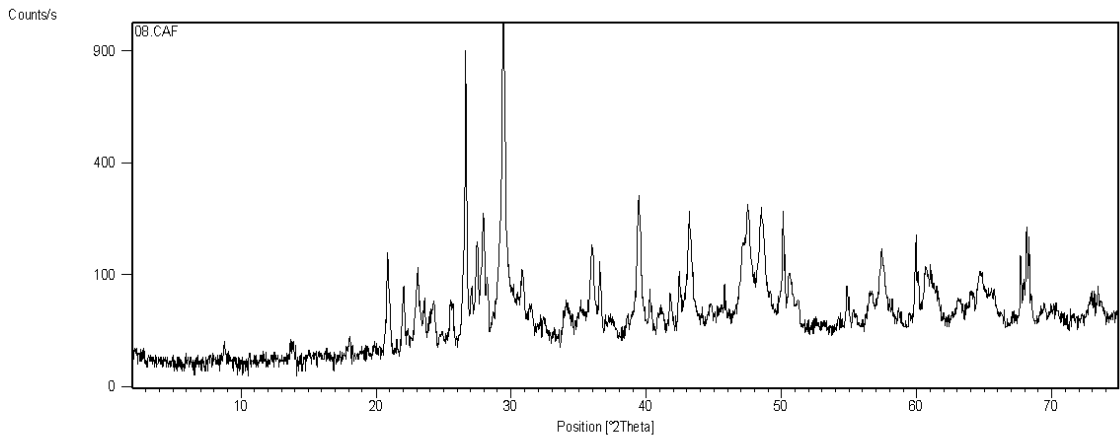
Peak List	
00-047-1743; Calcite, Ca C O3	
00-044-1481; Portlandite, syn, Ca (OH)2	



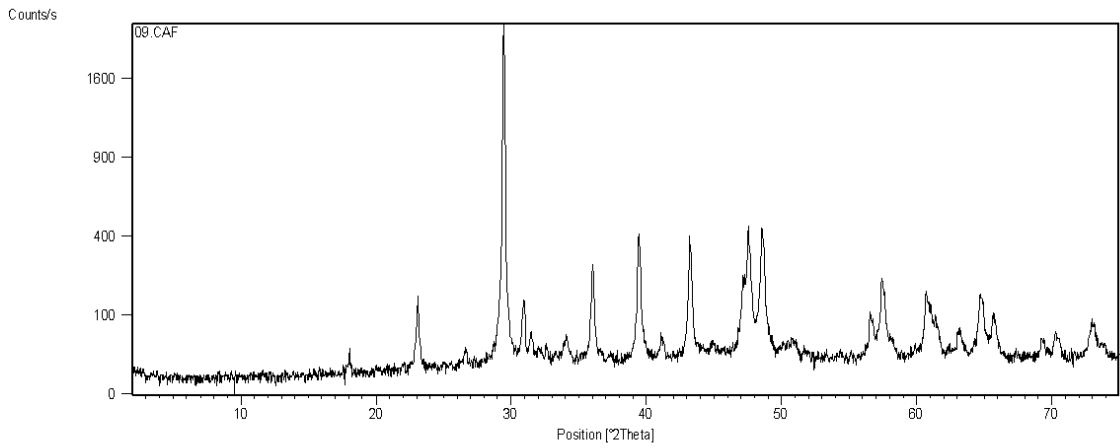
Peak List	
00-047-1743; Calcite, Ca C O3	
00-046-1045; Quartz, syn, Si O2	
00-044-1481; Portlandite, syn, Ca (OH)2	
01-076-0758; Albite low, Na1.09 (Al1.09 Si2.91 O8)	
01-074-1687; Dolomite, Ca Mg (C O3)2	
00-019-0932; Microcline, intermediate; K Al Si3 O8	
01-084-1305; Muscovite 2VTMRG#1; K Al Si3 O10 (OH)2	



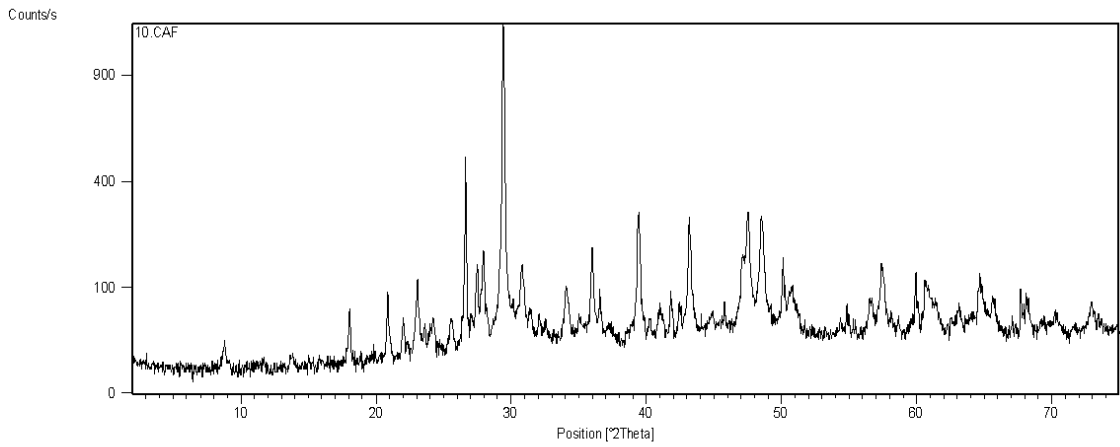
Peak List	
00-047-1743; Calcite, Ca C O3	
00-044-1481; Portlandite, syn, Ca (OH)2	



Peak List	
01-083-0577; Calcite, Ca ( C O3 )	
00-046-1045; Quartz, syn, Si O2	
01-076-0758; Albite low, Na1.09 ( Al1.09 Si2.91 O8 )	
01-074-1687; Dolomite, Ca Mg ( C O3 )2	
00-019-0932; Microcline, intermediate, K Al Si3 O8	
00-044-1481; Portlandite, syn, Ca (OH)2	
01-074-2428; Muscovite 2VTMRG#, K Al Si3 O10 (OH)2	

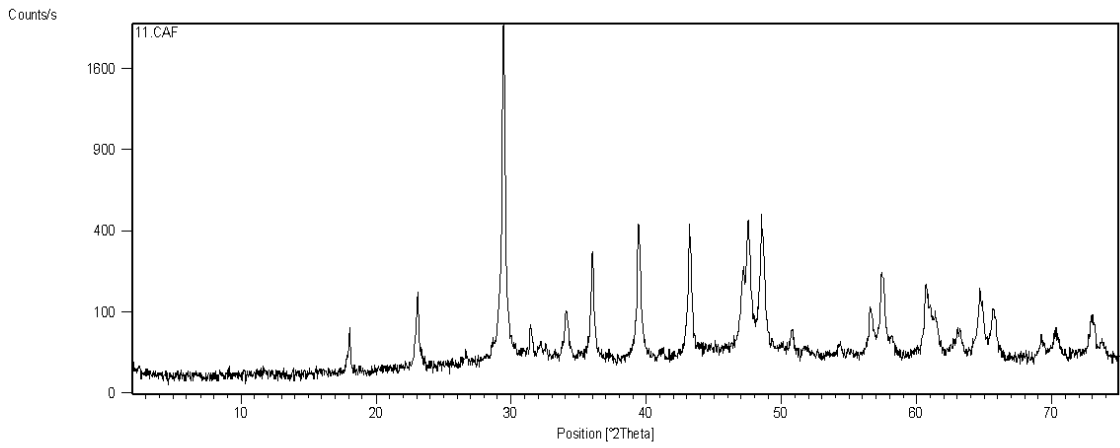


Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-083-0677	Calcite	Ca ( C O3 )
00-036-0426	Dolomite	Ca Mg ( C O3 )2
00-044-1481	Portlandite, syn.	Ca ( O H )2
01-085-0335	Quartz low	Si O2
01-080-0101	Magnesite	Mg ( C O3 )

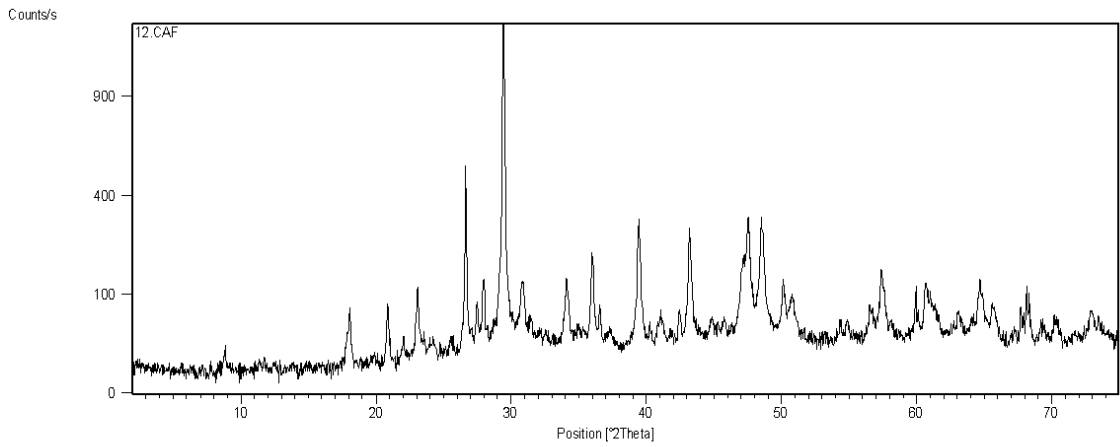


Reference	Phase Name	Chemical Formula
01-072-1937	Calcite	Ca C O3
00-046-1045	Quartz, syn.	Si O2
00-044-1481	Portlandite, syn.	Ca ( O H )2
00-009-0466	Albite, ordered	Na Al Si3 O8
01-075-1760	Dolomite	Ca Mg ( C O3 )2
00-019-0932	Microcline, intermediate	K Al Si3 O8
01-074-2428	Muscovite 2VTMRG#1	K Al Si3 O10 ( O H )2





Reference	Phase Name	Chemical Formula
00-047-1743	Calcite	Ca C O3
01-087-0674	Portlandite, syn	Ca ( O H )2
01-087-2096	Quartz	Si O2
00-033-0302	Larnite, syn	Ca2 Si O4



Reference	Phase Name	Chemical Formula
00-047-1743	Calcite	Ca C O3
00-046-1045	Quartz, syn	Si O2
01-087-0673	Portlandite, syn	Ca ( O H )2
01-074-1687	Dolomite	Ca Mg ( C O3 )2
01-076-1819	Albite low	Na ( Al Si3 O8 )
00-007-0042	Muscovite-3HTTRG	( K , Na ) ( Al , Mg , Fe )2 [ Si3.1 Al0.9 ] O10 ( O H )2
00-019-0926	Microcline, ordered	K Al Si3 O8