

PREGRADO

INGENIERÍA CIVIL



DOCTORADO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL



ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA

Edificio CADE Ingeniería

Primer Piso

+57 1 316 5000 Ext. 13372

coocudici_fibog@unal.edu.co



PREGRADO

INGENIERÍA AGRÍCOLA



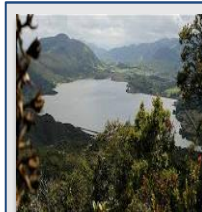
MAESTRÍA EN INGENIERÍA

ESTRUCTURAS



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

GEOECNIA



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

RECURSOS HIDRÁULICOS



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

TRANSPORTE



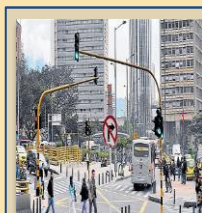
MAESTRÍA EN INGENIERÍA

INGENIERÍA AGRÍCOLA



ESPECIALIZACIÓN

ESTRUCTURAS



ESPECIALIZACIÓN

TRÁNSITO, DISEÑO Y SEGURIDAD VIAL



ESPECIALIZACIÓN

INGENIERÍA SANITARIA

Doctorado en Ingeniería
Ingeniería

Civil





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA



Doctorado en Ingeniería

Ingeniería Civil

Efecto de la nanosílice sobre las propiedades reológicas de la matriz cementante y su influencia en el estado endurecido del concreto hidráulico

Desarrollada por:

Ing. MSc. Julián David Puerto Suárez

Director:

Ing. PhD. Juan Manuel Lizarazo Marriaga
Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Codirector:

Quim. PhD. Gilmer Nicolás Hernández Guarín
Departamento de Química

Doctorado en Ingeniería



GRUPO DE INVESTIGACION: GIES (A1)

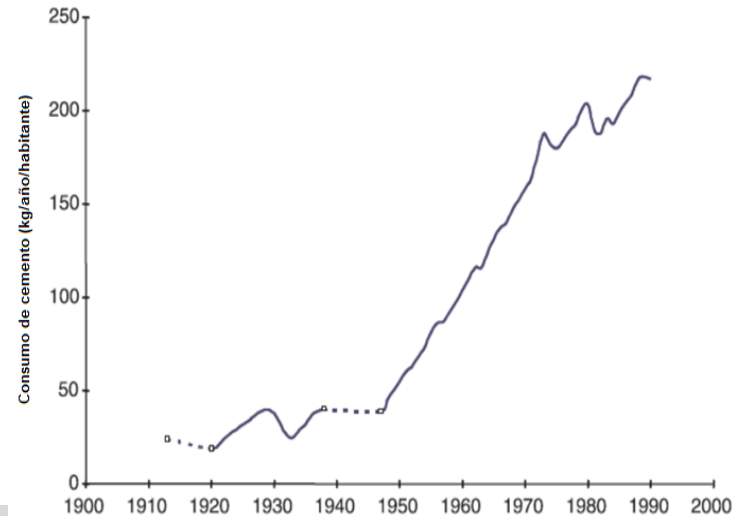
LINEA DE INVESTIGACION:

**EN SISTEMAS ESTRUCTURALES Y
MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN**

CONTEXTUALIZACIÓN

La importancia del estudio del concreto en estado fresco

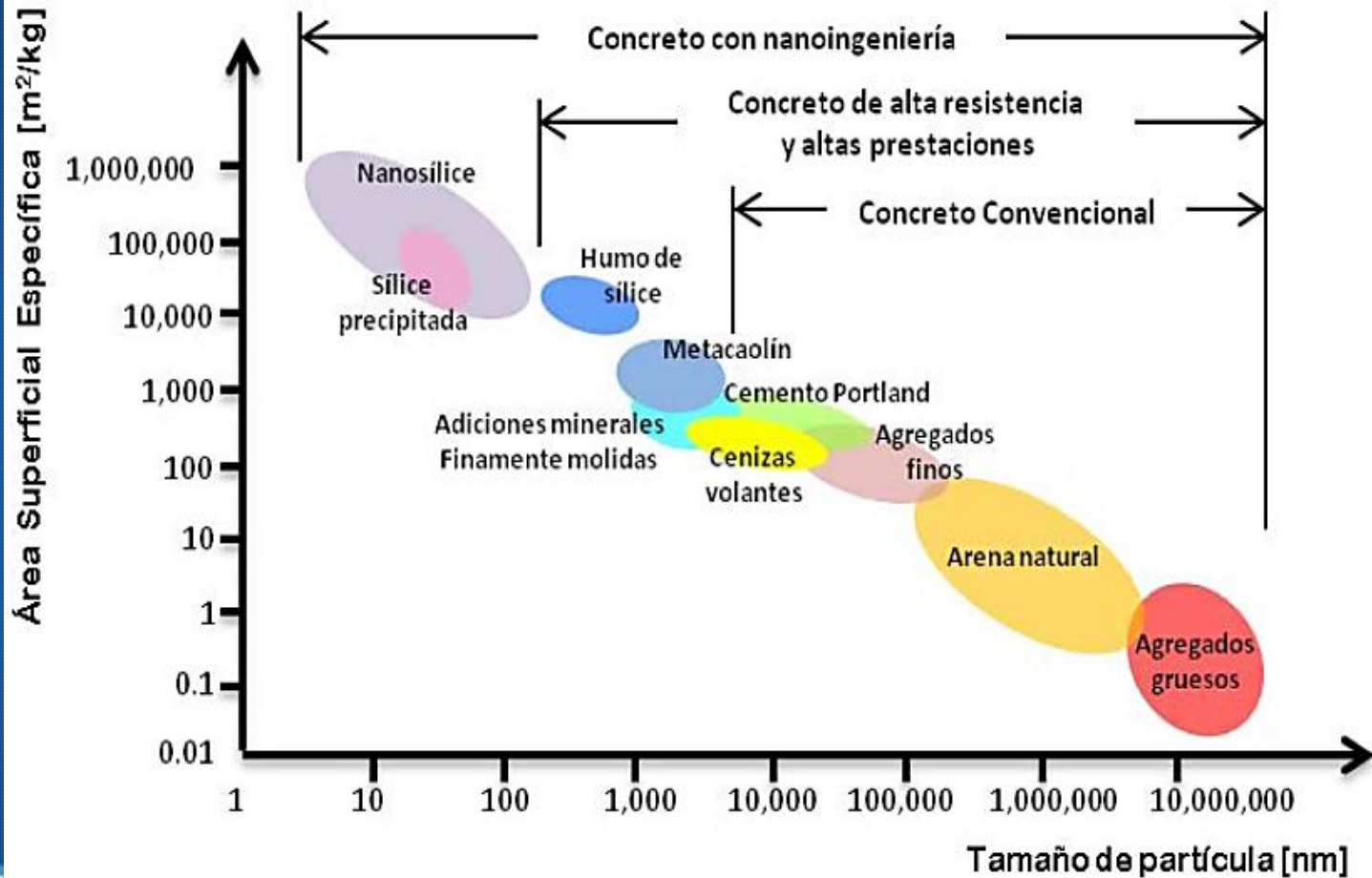
El concreto es el material con mayor demanda a nivel mundial en el área de la construcción y es un aglutinante muy versátil y económico a escala industrial, por lo que encontrar un material sustituto en un corto plazo no es probable



Incremento del promedio per-capital de consumo de cemento durante el siglo veinte (CEMBUREAU)

Pierre – Claude, Binders for Durable and Sustainable Concrete 2008

NANOSÍLICE APLICADA AL CONCRETO



Tamaño de Partícula y Área superficial de Materiales Empleados Para el Concreto
Nanotechnology in Concrete Materials-
Transportation Research Board

NANOSÍLICE APLICADA AL CONCRETO

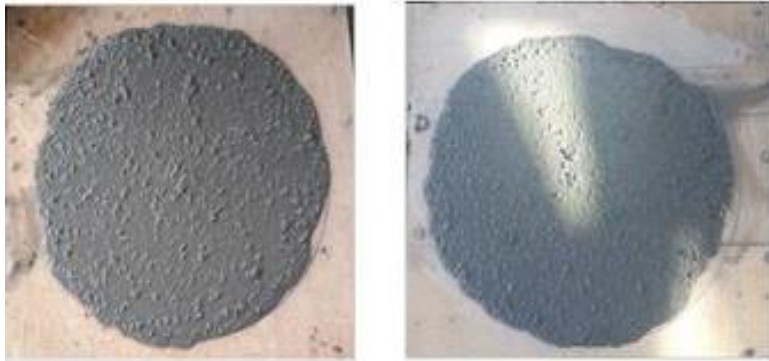
IMPLICACIONES DEL USO DE NANOSÍLICE EN CONCRETOS

- Modificación de la reología del concreto
- Aumento en la tasa inicial de hidratación.
- Aumento en la cantidad de gel C-S-H mediante un proceso de reacción puzolánica.
- Aumento en las propiedades mecánicas del gel C-S-H.
- Reducción en la porosidad
- Aumento hasta en un 30% de la resistencia a la compresión

CONTEXTUALIZACIÓN

La importancia del estudio del concreto en estado fresco

La tecnología del concreto y la ciencia de los materiales han permitido desarrollar y especificar concretos de altas prestaciones, siendo indispensable conocer y aprovechar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, para dar respuesta a exigentes procesos constructivos y especificaciones de manejabilidad, resistencia, estabilidad dimensional, y durabilidad de los concretos hidráulicos modernos



Ensayo de habilidad de llenado. Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Grupo GIES.

Si un material es bombeado, lanzado, extendido, extruido, moldeado, recubierto, mezclado o transportado, la **REOLOGIA** es importante



CONTEXTUALIZACIÓN

La importancia del estudio del concreto en estado fresco

•ESTADO FRESCO

Estabilidad de volumen

Trabajabilidad

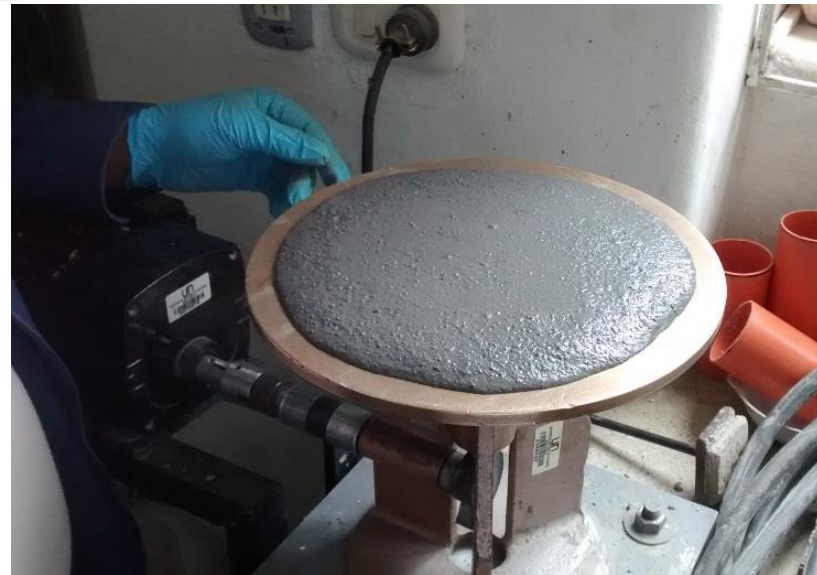
Compactación

Consistencia

•ESTADO ENDURECIDO

Resistencia

Durabilidad



Ensayo de Fluidéz en Montero – Fuente Propia

Doctorado en Ingeniería

Ingeniería Civil

CONTEXTUALIZACIÓN

La importancia del estudio del concreto en estado fresco

PROBLEMA

Cómo predecir el comportamiento del concreto hidráulico en estado fresco.

El desconocimiento del comportamiento del concreto se traduce en problemas de:



Trabajabilidad
Compactación
Estabilidad
Consistencia



ALTERNATIVA

Estudio de las propiedades reológicas del concreto en estado fresco.

“La reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia”

CONTEXTUALIZACIÓN

La importancia del estudio del concreto en estado fresco.

Propiedades críticas en el concreto:

✓ Trabajabilidad

✓ Compactación

✓ Estabilidad



Exudación, segregación

✓ Compactación



Densidad

✓ Movilidad



Angulo de fricción, adherencia y viscosidad.

✓ Consistencia

“Cantidad de energía mecánica necesaria requerida para producir una compactación total del concreto sin producir segregación”

CONTEXTUALIZACIÓN

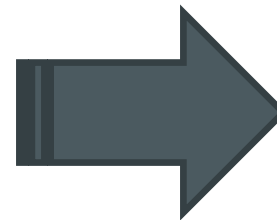
La importancia del estudio del concreto en estado fresco.

- Desarrollo de métodos empíricos orientados a definir la reología del concreto.
 - ✓ Slung
 - ✓ K-slung
 - ✓ Esferas de Kelly

- ✓ Existe la necesidad de medir el flujo del concreto en estado fresco.....**Será un problema asociado a las propiedades reológicas de concreto hidráulico y predecir el flujo con un mayor grado de exactitud**

EL CONCRETO HIDRAULICO COMO UNA SUSPENSIÓN

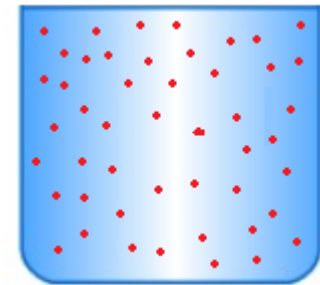
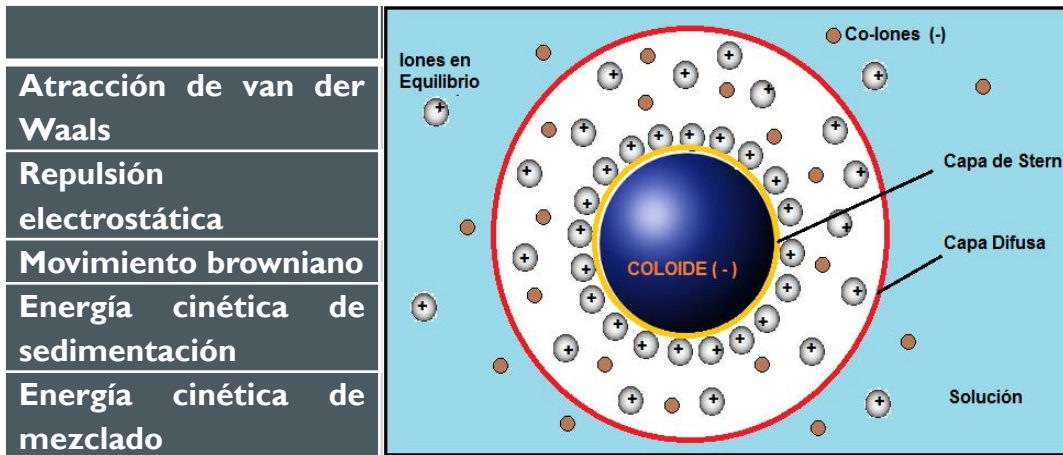
- ✓ El concreto hidráulico se puede entender como una suspensión de partículas sólidas (agregados) suspendidas en un medio continuo como visco elástico conocido como pasta de cemento.
- ✓ La pasta de cemento no corresponde a un fluido homogéneo.



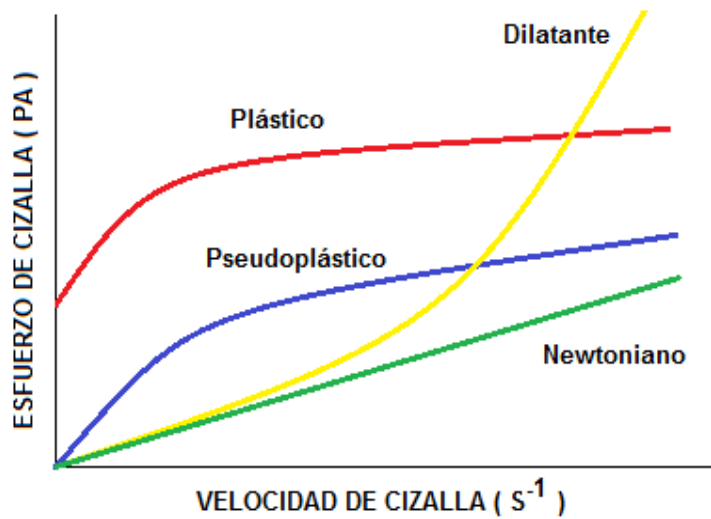
El concreto es un material de composición compleja y heterogénea, el cual analizándolo en una escala macroscópica tiene la capacidad de fluir como un líquido.

EL CONCRETO HIDRAULICO COMO UNA SUSPENSIÓN

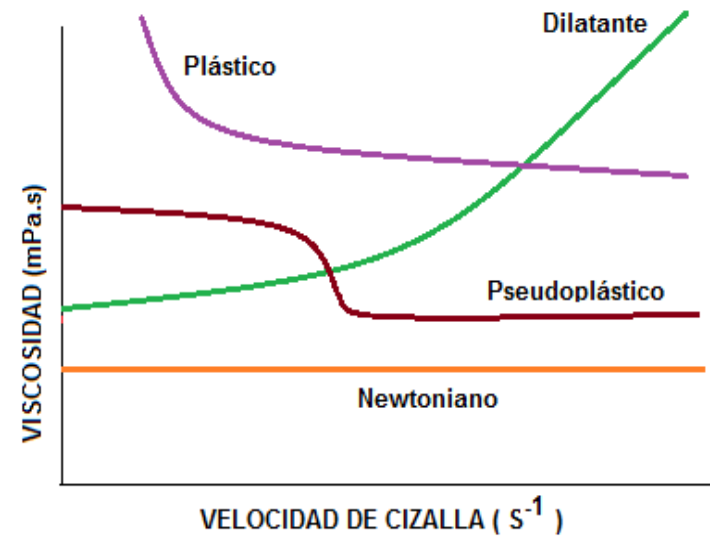
- ✓ Energías asociadas a fuerzas de interacción en función del tamaño de partícula



Reología en el Concreto Hidráulico



Comportamiento Reológico en Líquidos – Curva de Flujo



Comportamiento Reológico Suspensiones – Curva de Viscosidad

Reología en el Hidráulico

REOLOGÍA

CIENCIA QUE ESTUDIA LA DEFORMACIÓN Ó FLUJO DE UN CUERPO SOMETIDO A UNA FUERZA EXTERNA.

REOMETRÍA

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEFORMACION O EL FLUJO

MEDIDA DE PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS

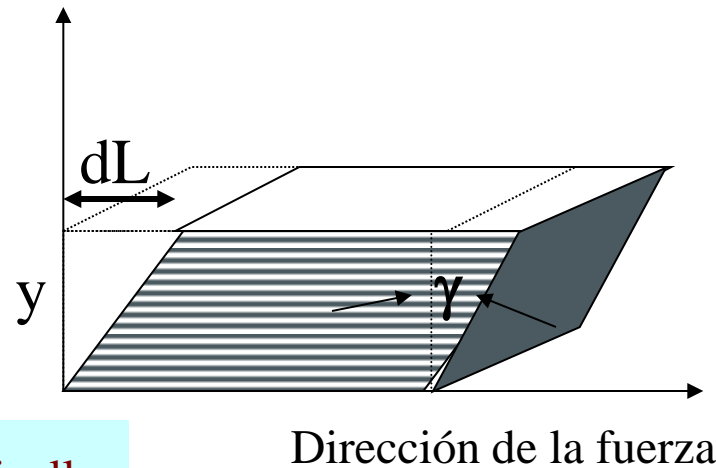
Doctorado en Ingeniería

Ingeniería Civil

Deformación de un Sólido

$$\text{Esfuerzo} = \text{fuerza} / \text{superficie} \longrightarrow \tau = \sigma = F/A$$

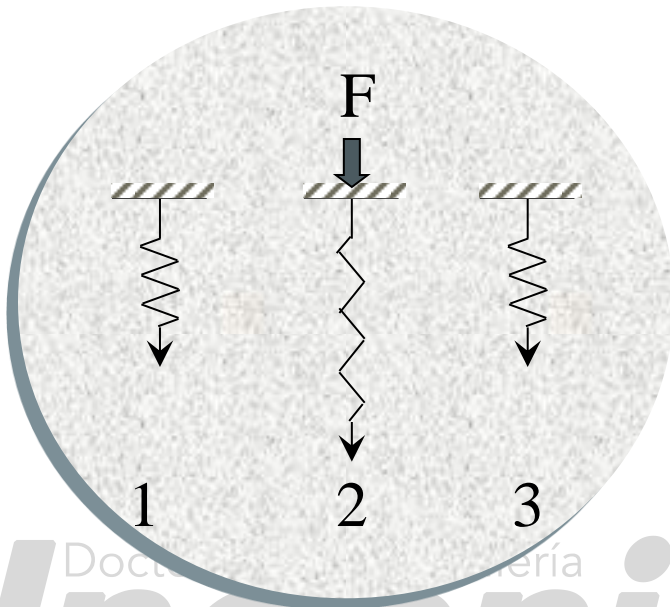
Hook



σ , esfuerzo de cizalla
(tensión de cizalla)
 $\text{N/m}^2 = \text{Pascal (Pa)}$

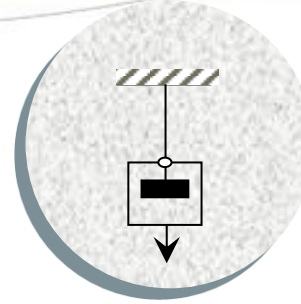
$$\sigma = G \cdot \frac{dL}{dy} = G \cdot \text{tg} \gamma \approx G \cdot \gamma$$

REVERSIBLE

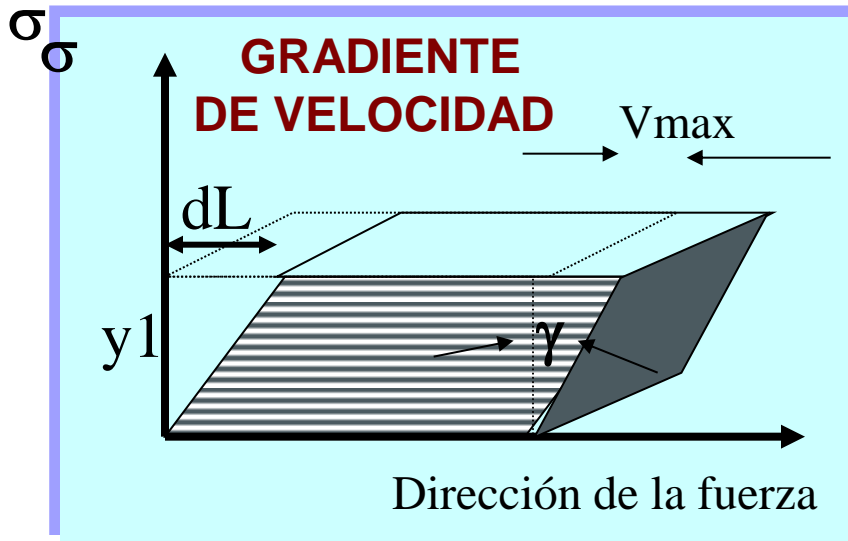


Deformación de un Líquido

Newton



σ , esfuerzo de cizalla
 η , viscosidad
 $\dot{\gamma}$ gradiente de velocidad
(velocidad de cizalla)



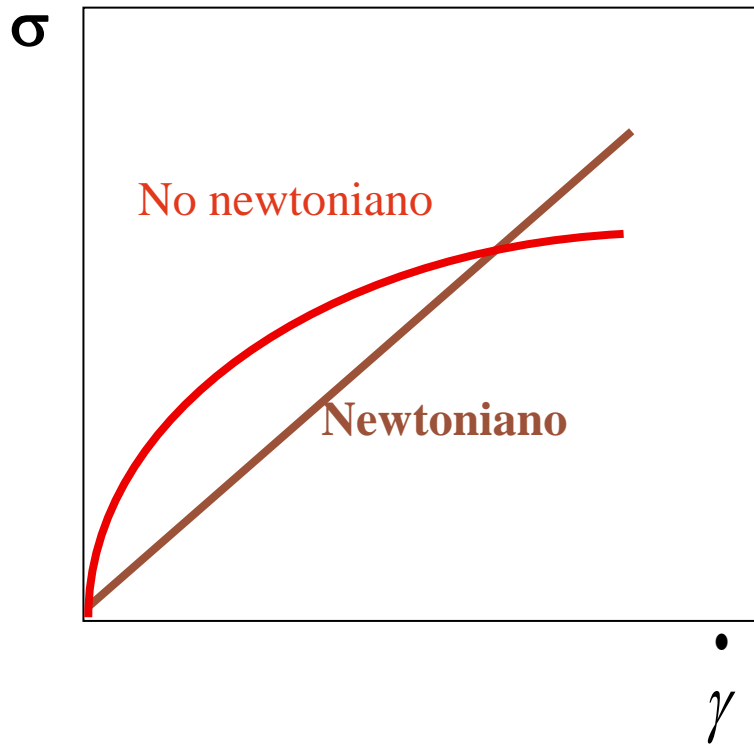
$$\sigma = \eta \dot{\gamma}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{dL/dy}{dt} = \frac{dv}{dy}$$

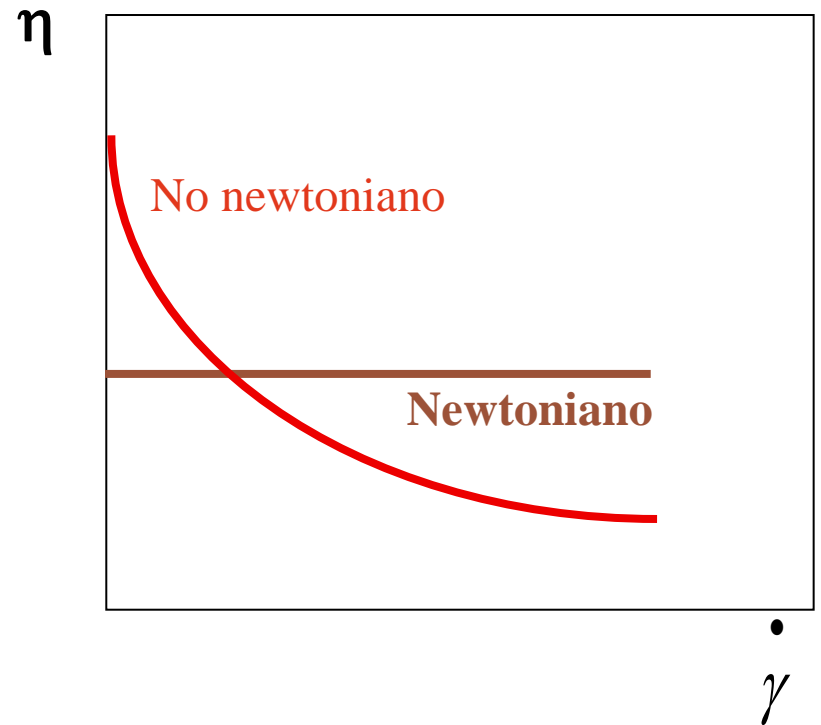
$$\sigma = \eta \cdot \frac{dv}{dy} = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

Comportamientos

CURVAS DE FLUJO

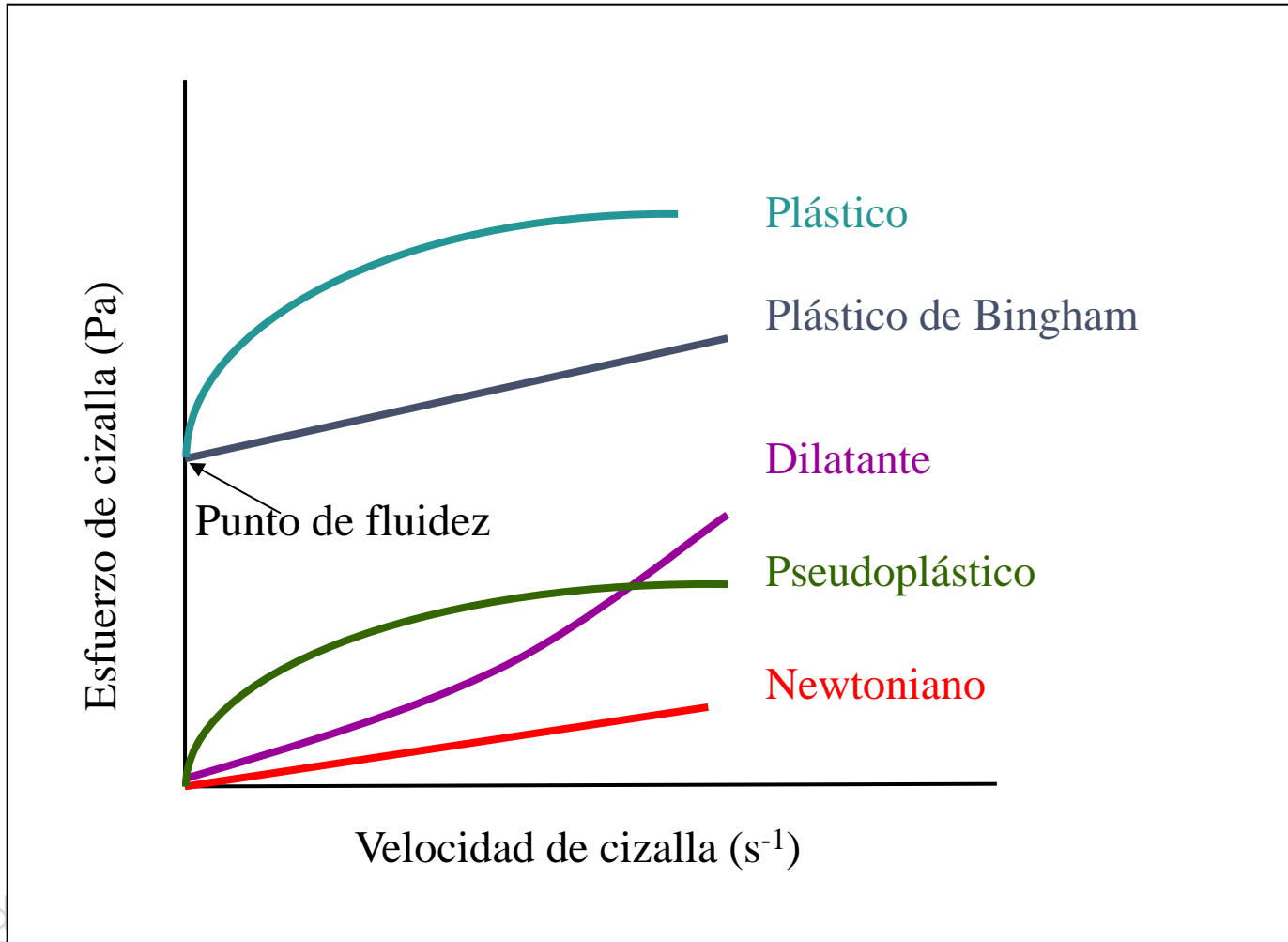


CURVAS DE VISCOSIDAD



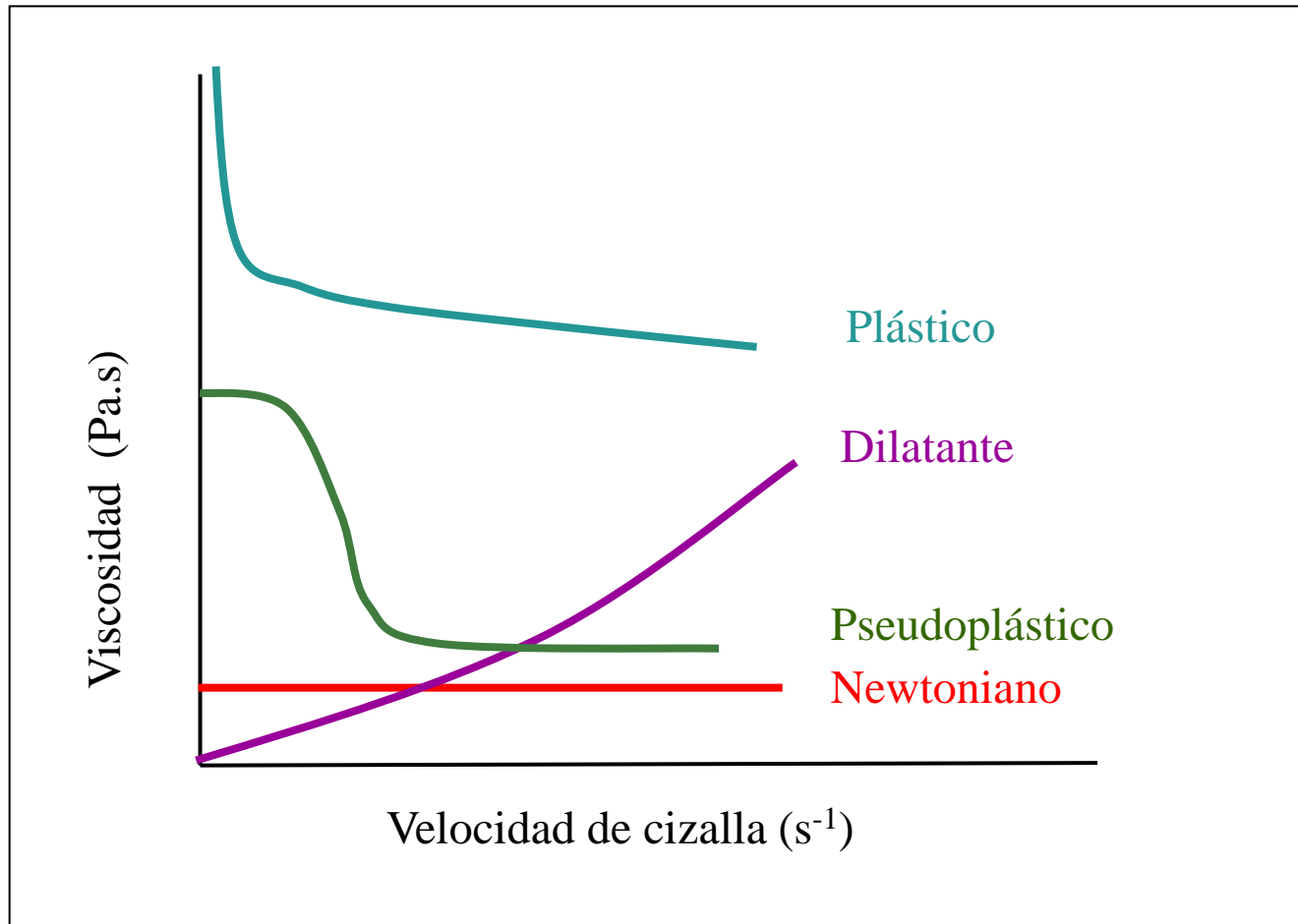
Comportamientos

CURVAS DE FLUJO



Comportamientos

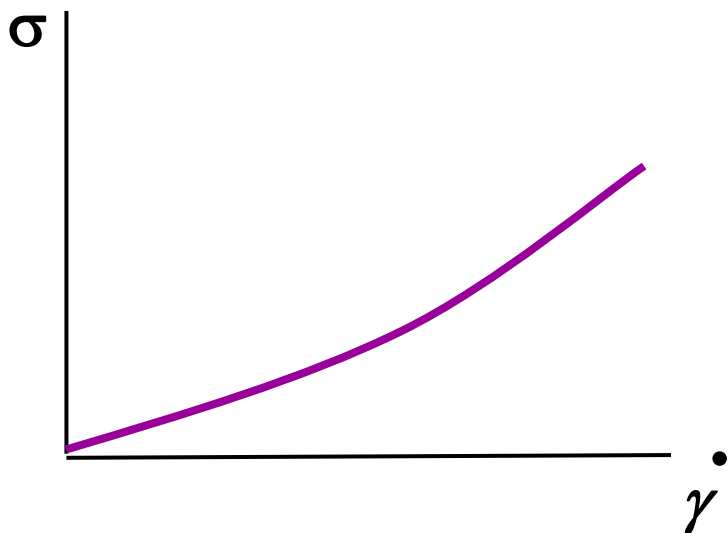
CURVAS DE VISCOSIDAD



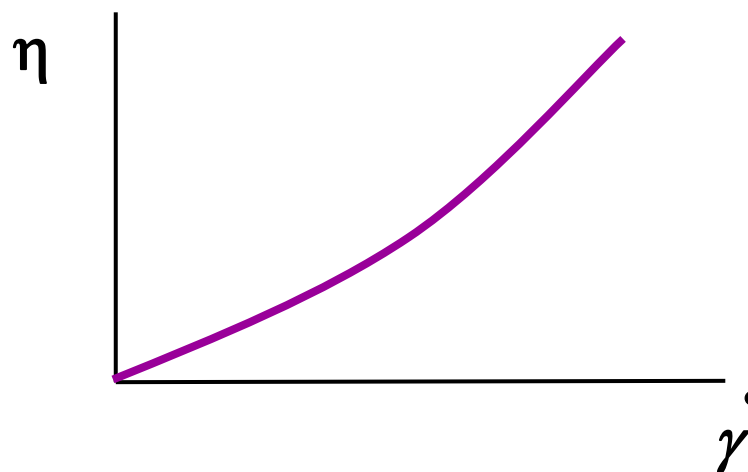
Comportamientos

DILATANTE

CURVA DE FLUJO



CURVA DE VISCOSIDAD



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA

Es de alta importancia para la industria y la comunidad académica conocer las propiedades del concreto hidráulico en estado fresco y endurecido, evaluando la influencia de las adiciones de nanosílice en sus propiedades reológicas, resistencia y durabilidad.

SOLUCIÓN

Las propiedades críticas de los concretos están asociadas al flujo, resistencia y durabilidad, por lo tanto se hace pertinente estudiar las propiedades reológicas de los concretos hidráulicos bajo la adición de la nanosílice producida en laboratorio y comercial

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la nanosílice sobre las propiedades reológicas de la matriz cementante y su influencia en el estado endurecido del concreto hidráulico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener nanosílice con potencialidad de ser usada como adición en materiales cementantes hidráulicos.
2. Establecer un modelo reológico a partir del efecto de la adición de nanosílice en pastas de cemento.
3. Determinar el efecto de la adición de nanosílice sobre algunas propiedades mecánicas, la retracción y la durabilidad del concreto hidráulico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

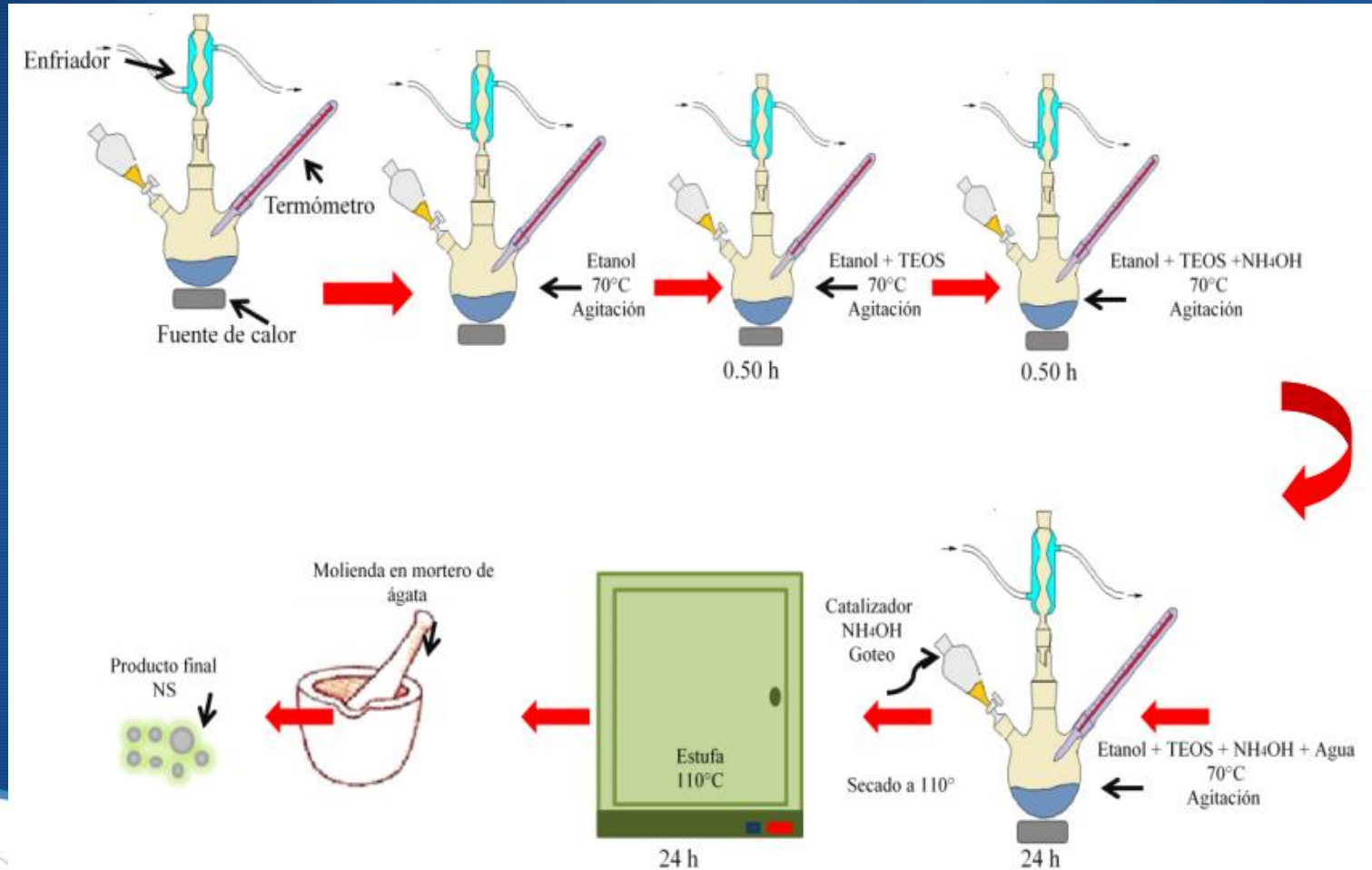
1. Obtener nanosílice con potencialidad de ser usada como adición en materiales cementantes hidráulicos.
2. Establecer un modelo reológico a partir del efecto de la adición de nanosílice en pastas de cemento.
3. Determinar el efecto de la adición de nanosílice sobre algunas propiedades mecánicas, la retracción y la durabilidad del concreto hidráulico

Doctorado en Ingeniería

Ingeniería Civil

OBTENCIÓN DE NANOSÍLICE

- NANOSÍLICE SINTENTIZADA EN LABORATORIO MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO **SOL-GEL**.

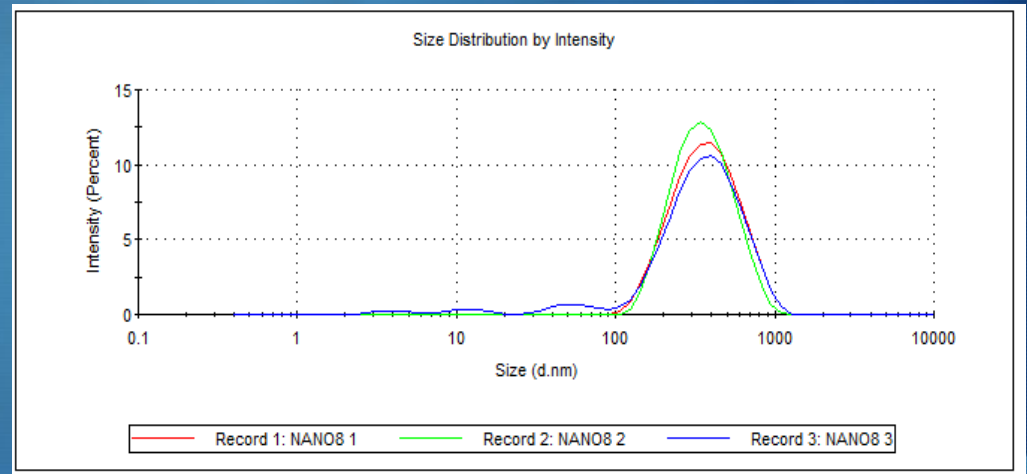


Esquema de la ruta de síntesis de Nano-Silice por el proceso sol-gel
(Cruz Moreno, Universidad Autónoma de Nuevo León UANL)

CARACTERIZACIÓN DE NANOMATERIALES

LOS ENSAYOS SE REALIZARÁN PARA LA NANOSÍLICE COMERCIAL Y NANOSÍLICE SINTETIZADA

➤ TAMAÑO DE PARTÍCULA Y POTENCIAL ZETA.



Zetasizer Malvern,
Universidad Nacional de Colombia.

Doctorado en Ingeniería

CARACTERIZACIÓN DE NANOMATERIALES

LOS ENSAYOS SE REALIZARÁN PARA LA NANOSÍLICE COMERCIAL Y NANOSÍLICE SINTETIZADA

➤ COMPOSICIÓN QUÍMICA.



Elemento y/o compuesto	XRF-4267 Nano sílice No. 8 -Lizarazo U. N.- (% en peso)
SiO ₂	99,055
Na ₂ O	0,620
Cl	0,101
S	0,089
Al ₂ O ₃	0,058
P ₂ O ₅	0,021
MgO	0,020
Fe ₂ O ₃	0,018
TiO ₂	0,013
Zr	0,006

Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X

Universidad Nacional de Colombia.

Doctorado en Ingeniería

CARACTERIZACIÓN DE NANOMATERIALES

LOS ENSAYOS SE REALIZARÁN PARA LA NANOSÍLICE COMERCIAL Y NANOSÍLICE SINTETIZADA

➤ DIFRACCIÓN DE RAYOS X



Difractómetro Panalytical X Pert
PRO MPD

Universidad Nacional de Colombia.

Doctorado en Ingeniería

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener nanosílice con potencialidad de ser usada como adición en materiales cementantes hidráulicos.
2. Establecer un modelo reológico a partir del efecto de la adición de nanosílice en pastas de cemento.
3. Determinar el efecto de la adición de nanosílice sobre algunas propiedades mecánicas, la retracción y la durabilidad del concreto hidráulico

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

TIPOS DE MEZCLAS EN FUNCIÓN DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE

Muestra Patrón	Tipo A			Tipo B		
Sin Adición	Porcentaje de Adición de Nanosilice Comercial			Porcentaje de Adición de Nanosilice Sintetizada		
0%	0.50%	1%	1.50%	0.50%	1%	1.50%

Doctorado en Ingeniería

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

➤ ENSAYO DE REOLOGÍA EN PASTAS DE CEMENTO

Muestra Patrón	Tipo A			Tipo B		
Sin Adición	Porcentaje de Adición de Nanosilice Comercial			Porcentaje de Adición de Nanosilice Sintetizada		
0%	0.50%	1%	1.50%	0.50%	1%	1.50%
3 Mezclas	3 Mezclas	3 Mezclas	3 Mezclas	3 Mezclas	3 Mezclas	3 Mezclas

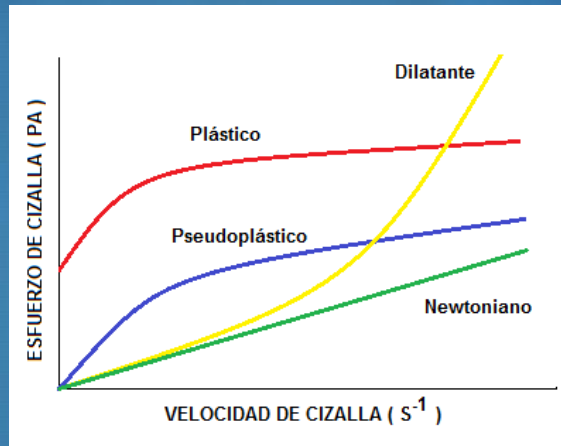
OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

➤ ENSAYO DE REOLOGÍA EN PASTAS DE CEMENTO



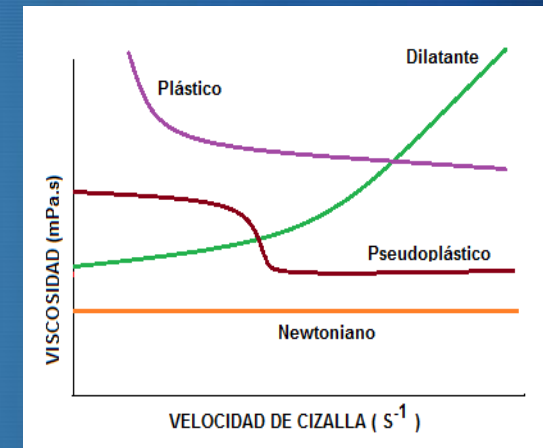
**Reómetro Bohlin
Instruments,**

Universidad Nacional de Colombia.



Curva de Flujo

G. Schramm, A Practical Approach to Rheology and Rheometry. 1994.



Curva de viscosidad

G. Schramm, A Practical Approach to Rheology and Rheometry. 1994.

Doctorado en Ingeniería

Modelo Reológico

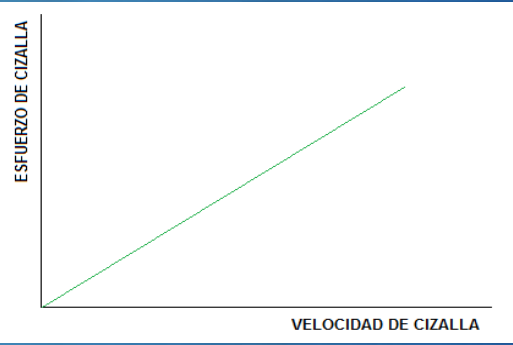
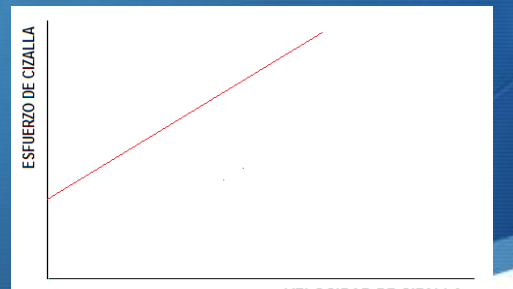
Los reómetros suelen medir:

- ◆ Torque (T) y Frecuencia Rotacional (N)
- ◆ Obtener Curvas de Esfuerzo y Viscosidad

Para efectuar una caracterización reológica, es necesario determinar la relación entre el esfuerzo y la rapidez de deformación mediante un reograma o curva de flujo, con el fin de compararla con un modelo reológico. ACI - 238

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

MODELOS CONSTITUTIVOS REOLÓGICOS

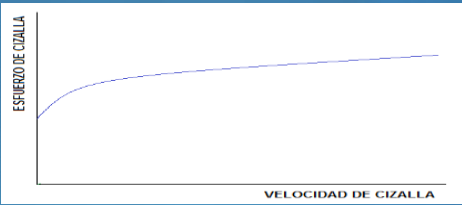
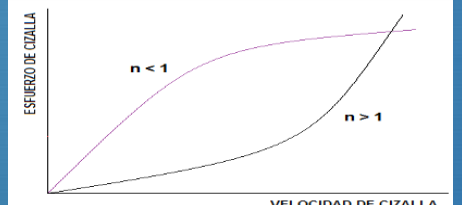
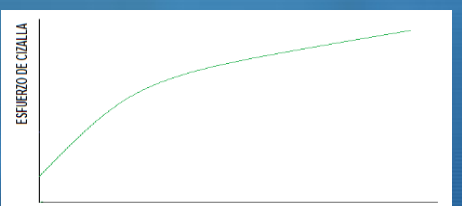
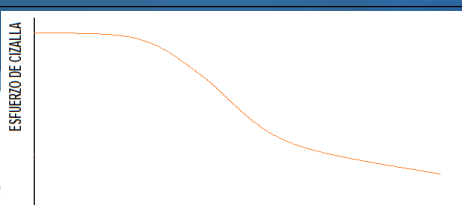
	MODELO PROPUESTO	MODELO CONSTITUTIVO	COMPORTAMIENTO
M O D E L O S L I N E A L E S	NEWTON	$\tau = \eta * \gamma$	 <p>ESFUERZO DE CIZALLA</p> <p>VELOCIDAD DE CIZALLA</p>
	BINGHAM	$\tau = \tau_0 + \eta_B * \gamma$	 <p>ESFUERZO DE CIZALLA</p> <p>VELOCIDAD DE CIZALLA</p>

Modelos Reológicos

G. Schramm, A Practical Approach to
Rheology and Rheometry. 1994.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

MODELO REOLÓGICO

	MODELO PROPUESTO	MODELO CONSTITUTIVO	COMPORTAMIENTO
M O D E L O S N O L I N E A L E S	CASSON	$\tau = \left[\tau_0 + \left\{ \eta_p * \dot{\gamma} \right\}^{\frac{1}{2}} \right]^2$	
	OSTWALD-DE-WAELE	$\tau = K * \dot{\gamma}^n$	
	HERSCHEL-BULKLEY	$\tau = \tau_0 + K * \dot{\gamma}^n$	
	CROSS	$\tau = \dot{\gamma} \left[\eta_{\infty} + \left\{ \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{1 + \left(\frac{\dot{\gamma} a}{\dot{\gamma}_b} \right)^n} \right\} \right]$	

Modelos Reológicos
G. Schramm, A Practical Approach to
Rheology and Rheometry. 1994.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener nanosílice con potencialidad de ser usada como adición en materiales cementantes hidráulicos.
2. Establecer un modelo reológico a partir del efecto de la adición de nanosílice en pastas de cemento.
3. Determinar el efecto de la adición de nanosílice sobre algunas propiedades mecánicas, la retracción y la durabilidad del concreto hidráulico

OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

TIPOS DE MEZCLAS EN FUNCIÓN DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE

Muestra Patrón	Tipo A			Tipo B		
Sin Adición	Porcentaje de Adición de Nanosilice Comercial			Porcentaje de Adición de Nanosilice Sintetizada		
0%	0.50%	1%	1.50%	0.50%	1%	1.50%

Doctorado en Ingeniería

OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ENSAYOS EN PASTAS DE CEMENTO

- ENSAYO DE CONSISTENCIA NORMAL. NTC-110.
- ENSAYO DE TIEMPOS DE FRAGUADO. NTC -118.
- ENSAYO DE CALOR DE HIDRATACIÓN.
- ENSAYO DE EXPANSIÓN EN AUTOCLAVE. NTC-107

Doctorado en Ingeniería



OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ENSAYOS EN MORTEROS

- FLUIDEZ EN MORTEROS NTC-111.
- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS.
NTC 220 - NTC 3356.

Doctorado en Ingeniería



OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ENSAYOS EN CONCRETOS

PROPIEDADES MECÁNICAS.

- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. NTC-111.
- MÓDULO DE ROTURA. NTC-2871
- MÓDULO DE ELASTICIDAD NTC-4025
- ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN) NTC-722

Doctorado en Ingeniería



OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ENSAYOS EN CONCRETOS

DURABILIDAD

- RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE CLORUROS
ASTM C1202; NTC-492
- RESISTENCIA A LA CARBONATACIÓN NTC-5551
- SULFATOS
- ÁLCALI AGREGADOS NTC-3828

Doctorado en Ingeniería



OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ENSAYOS EN CONCRETOS

RETRACCIÓN

- CAMBIOS DE LONGITUD TESTIGOS CONCRETOS
ASTM-C157
- EVALUACIÓN DE AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN
PLÁSTICA PARA CONCRETO ASTM-C1579
- RETRACCIÓN RESTRINGIDA ASTM-C1581

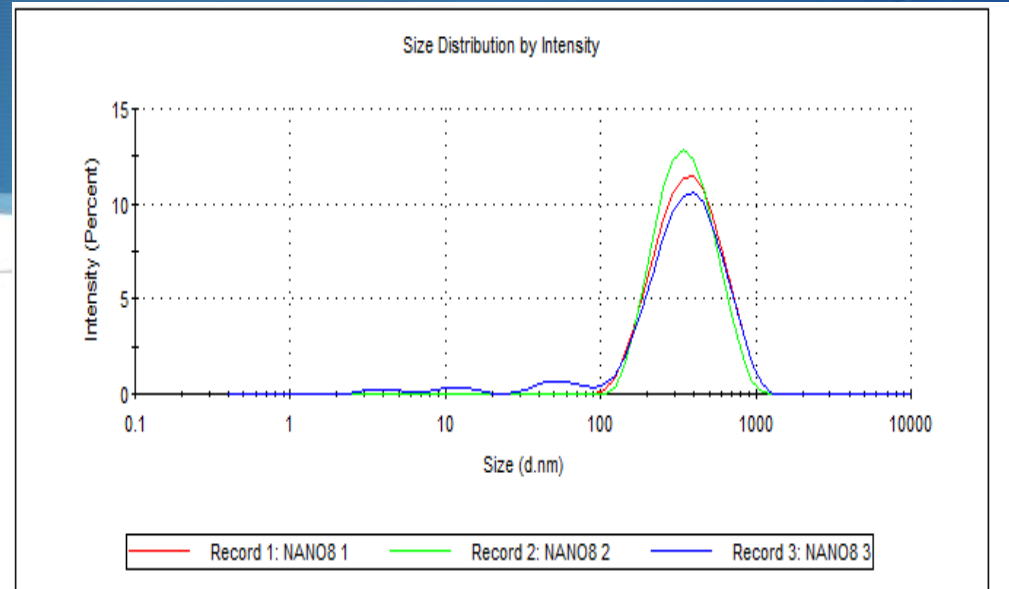
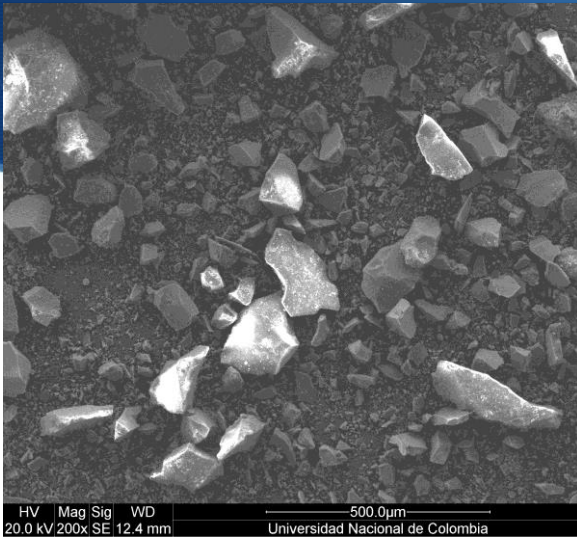
ANÁLISIS DE RESULTADOS

APLICACIÓN DEL MÉTODO ANOVA

Principios Básicos.

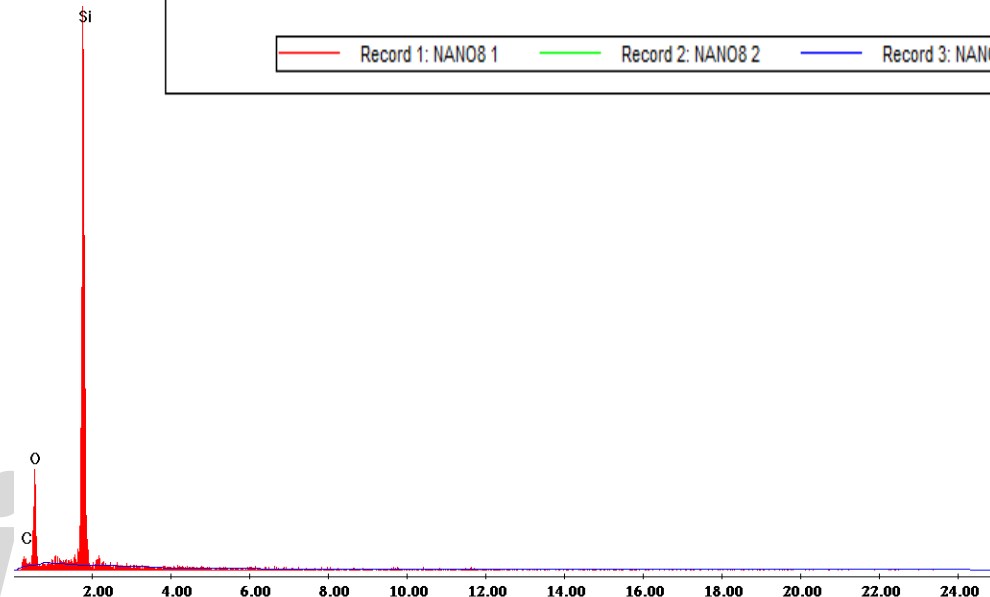
- Datos independientes.
- El conjunto de datos debe presentar una distribución normal.
- Debe presentar una variación constante.

Ensayos De Caracterización. Nano Sílice Comercial. Muestra 1

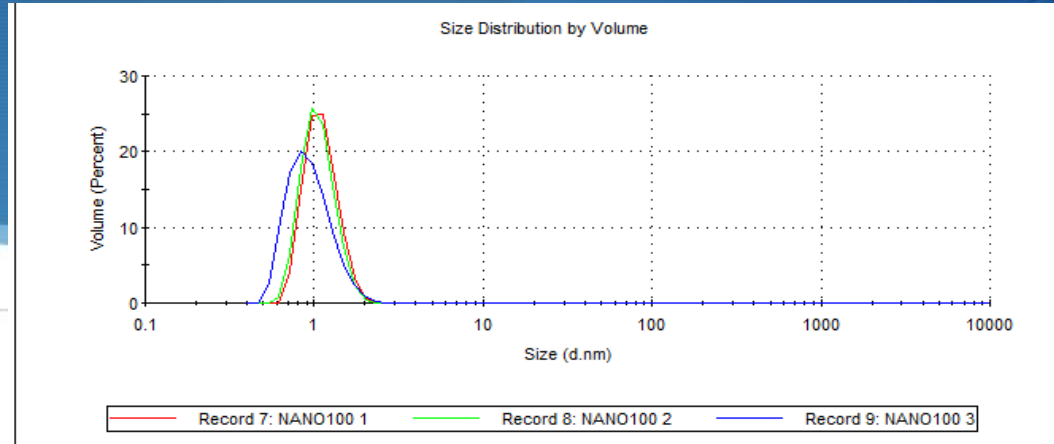
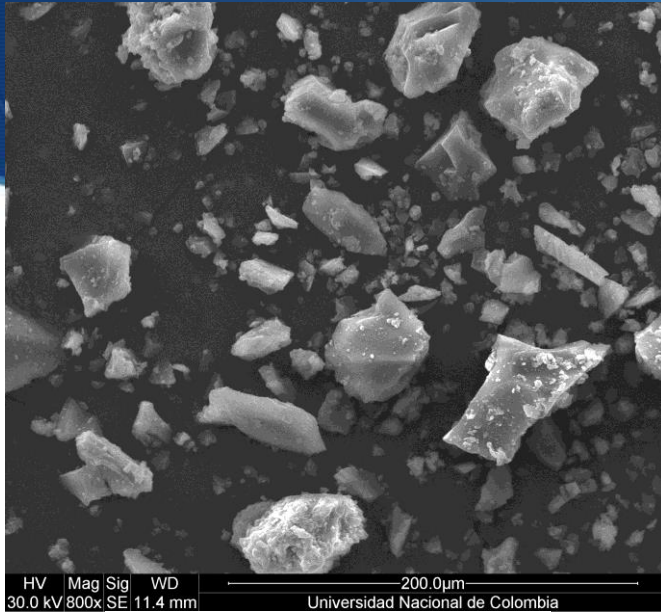


Label A:

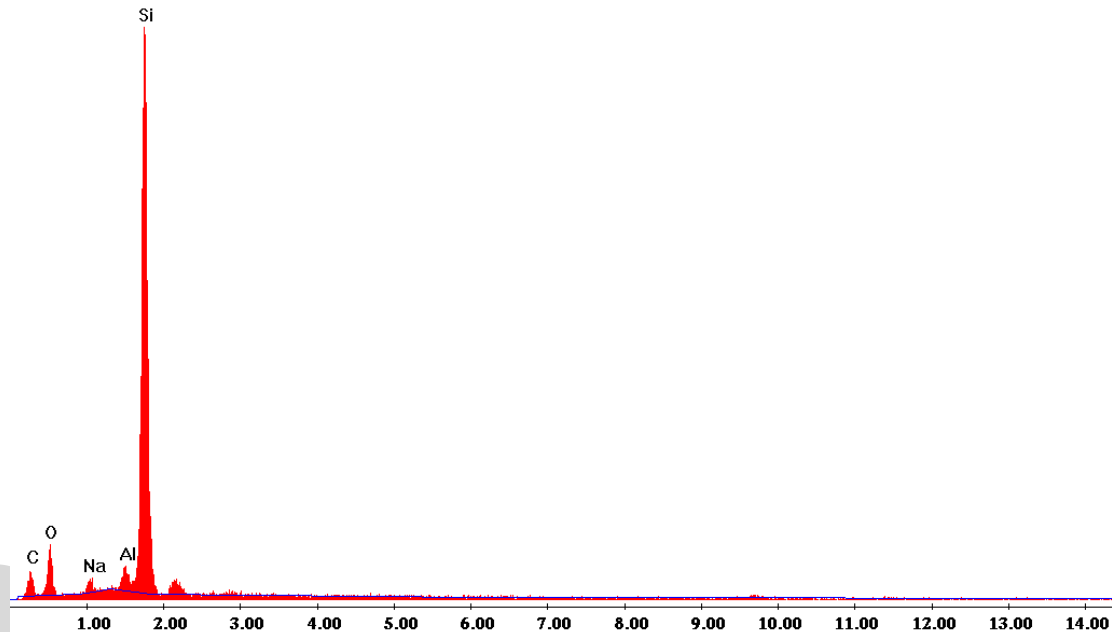
Elemento y/o compuesto	XRF-4287 Nano sílice No. 8 -Lizarazo U. N.- (% en peso)
SiO ₂	99,055
Na ₂ O	0,620
Cl	0,101
S	0,089
Al ₂ O ₃	0,058
P ₂ O ₅	0,021
MgO	0,020
Fe ₂ O ₃	0,018
TiO ₂	0,013
Zr	0,006



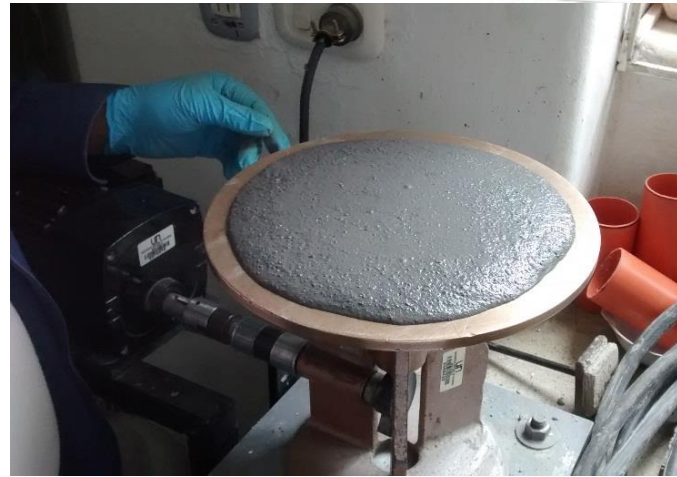
Ensayos De Caracterización. Nano Sílice Comercial. Muestra 2



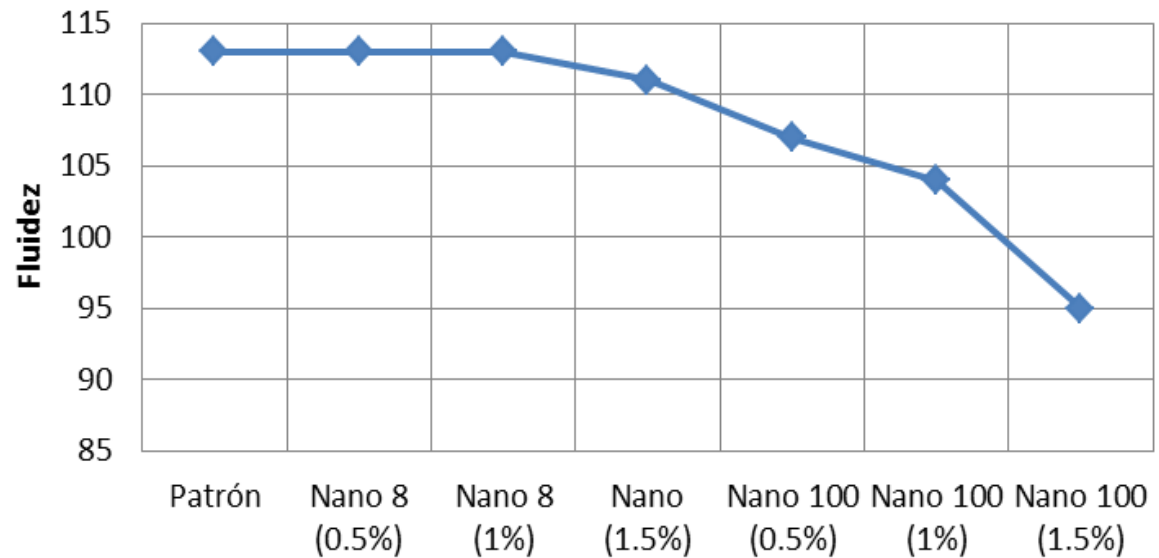
Elemento y/o compuesto	XRF-4268 Nano sílice No. 100 -Lizarazo U. N.- (% en peso)
SiO ₂	95,542
Na ₂ O	2,260
Al ₂ O ₃	1,884
S	0,131
Cl	0,072
MgO	0,038
Fe ₂ O ₃	0,035
P ₂ O ₅	0,034
Zr	0,005



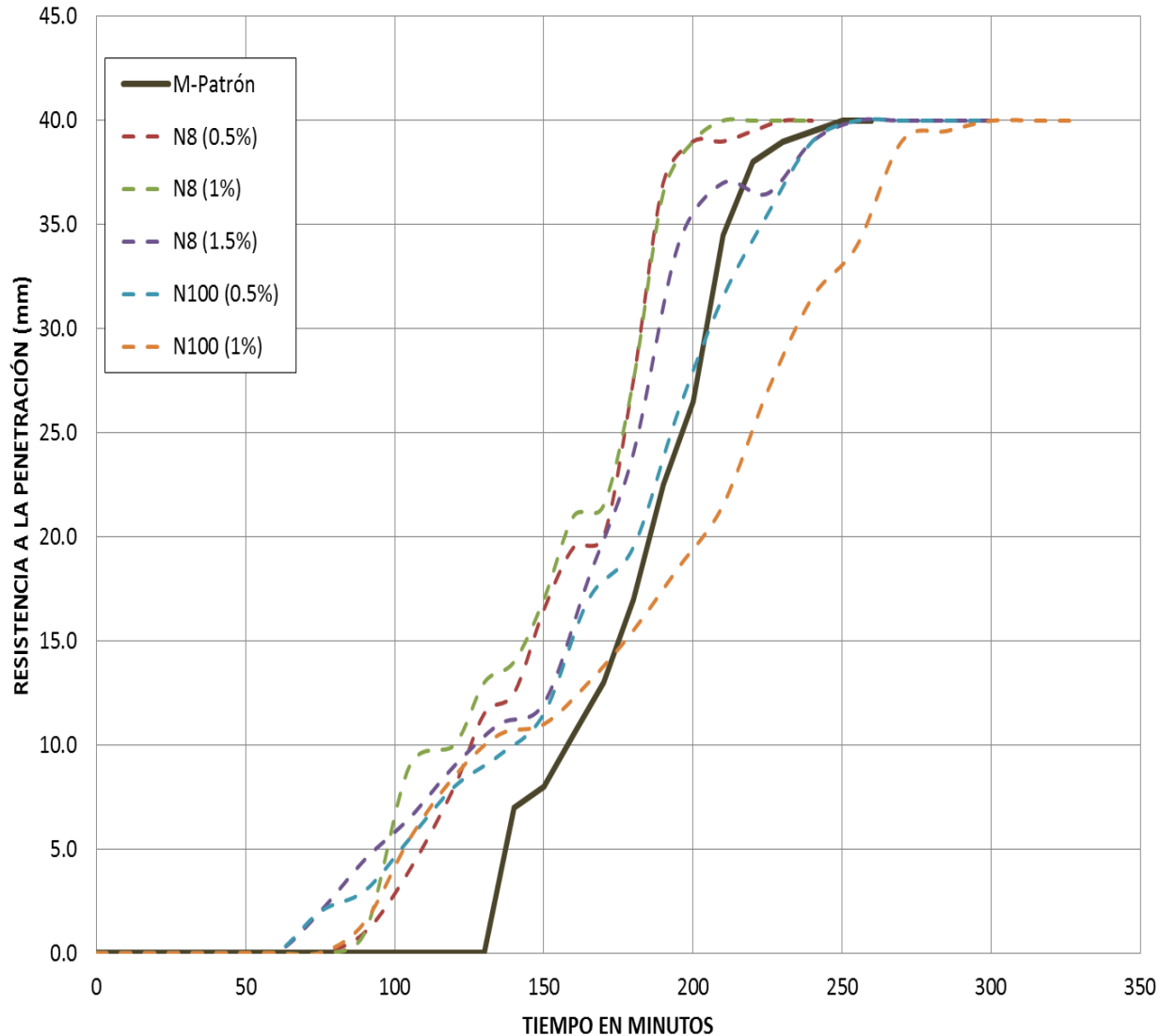
Efecto de la Adición de Nano sílice en la Fluidéz del mortero.



Efecto de la adición de Nanosílice en la Fluidéz de Mortero



Ensayo de Tiempos de Fraguado



Referencias

- ◆ [1] L. P. Singh, S. R. Karade, S. K. Bhattacharyya, M. M. Yousuf, and S. Ahalawat, “Beneficial role of nanosilica in cement based materials - A review,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 47, pp. 1069–1077, 2013.
- ◆ [2] M. Amin and K. Abu el-hassan, “Effect of using different types of nano materials on mechanical properties of high strength concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 80, pp. 116–124, 2015.
- ◆ [3] M. Bastami, M. Baghbadrani, and F. Aslani, “Performance of nano-Silica modified high strength concrete at elevated temperatures,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 68, pp. 402–408, 2014.
- ◆ [4] F. Sanchez and K. Sobolev, “Nanotechnology in concrete - A review,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 11, pp. 2060–2071, 2010.
- ◆ [5] L. Senff, J. a. Labrincha, V. M. Ferreira, D. Hotza, and W. L. Repette, “Effect of nano-silica on rheology and fresh properties of cement pastes and mortars,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 23, no. 7, pp. 2487–2491, 2009.

Referencias

- ◆ [6] M. Jalal, A. Pouladkhan, O. F. Harandi, and D. Jafari, “Comparative study on effects of Class F fly ash, nano silica and silica fume on properties of high performance self compacting concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 94, pp. 90–104, 2015.
- ◆ [7] M. Ltifi, A. Guefrech, P. Mounanga, and A. Khelidj, “Experimental study of the effect of addition of nano-silica on the behaviour of cement mortars,” *Procedia Eng.*, vol. 10, pp. 900–905, 2011.
- ◆ [8] R. Madandoust, E. Mohseni, S. Y. Mousavi, and M. Namnevis, “An experimental investigation on the durability of self-compacting mortar containing nano-SiO₂, nano-Fe₂O₃ and nano-CuO,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 86, pp. 44–50, 2015.
- ◆ [9] M. Choolaei, A. M. Rashidi, M. Ardjmand, A. Yadegari, and H. Soltanian, “The effect of nanosilica on the physical properties of oil well cement,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 538, pp. 288–294, 2012.

Referencias

- ◆ [10] H. Du, S. Du, and X. Liu, “Effect of nano-silica on the mechanical and transport properties of lightweight concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 82, pp. 114–122, 2015.
- ◆ [11] R. Yu, P. Spiesz, and H. J. H. Brouwers, “Effect of nano-silica on the hydration and microstructure development of Ultra-High Performance Concrete (UHPC) with a low binder amount,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 65, pp. 140–150, 2014.
- ◆ [12] a. M. Said, M. S. Zeidan, M. T. Bassuoni, and Y. Tian, “Properties of concrete incorporating nano-silica,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 36, pp. 838–844, 2012.
- ◆ [13] G. Fitzgerald, J. Dejoannis, and M. Meunier, *Modeling, Characterization, and Production of Nanomaterials*. Elsevier Ltd., 2015.
- ◆ [14] M. Nili and A. Ehsani, “Investigating the effect of the cement paste and transition zone on strength development of concrete containing nanosilica and silica fume,” *Mater. Des.*, vol. 75, pp. 174–183, 2015.



UNIVERSIDAD **NACIONAL** DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA

Oficina 211
Laboratorio de Ensayos Hidráulicos
Edificio 408

www.icya.unal.edu.co
diracica_fibog@unal.edu.co