

ESPECIAL

Innovación tecnológica y
sostenibilidad en el concreto

**HECHOS EN
CONCRETO**

BIENVENIDOS

ALION
Molins[®] corona

ESPECIAL

Innovación tecnológica y
sostenibilidad en el concreto

HECHOS EN CONCRETO

ALION
Molins° corona

Conferencia **en vivo:**

Monitoreo de la resistencia del concreto en obra

Conferencista:

Rodrigo Quimbay Herrera

Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría en Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad de los Andes. Experto en calidad, sostenibilidad e innovación en la construcción.



Fecha: 04 de septiembre



Hora: 5:30 P.M.

ESPECIAL

Innovación tecnológica y
sostenibilidad en el concreto

HECHOS EN CONCRETO

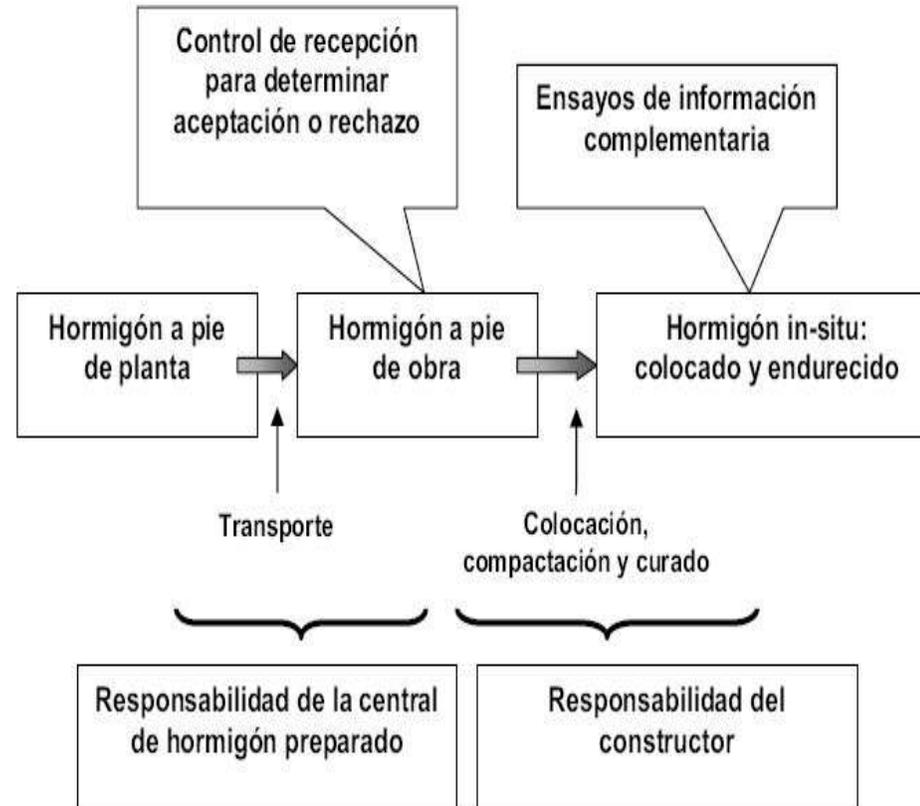
ALION
Molins[®] corona

MONITOREO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN OBRA

1. Control de calidad del concreto en obra.
2. Pruebas destructivas (Cilindros y núcleos).
3. Pruebas no destructivas (TCTM y Calorimetría del concreto).

1. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN LA OBRA.

Desempeño y normativas
Gerencia de calidad



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

NORMATIVA

- ACI 228.1R. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EL ELEMENTO
Aplicación de pruebas destructivas por no destructivas
- ISO 22966. ESTRUCTURAS DE CONCRETO, ASTM C1074, NTC 3756
- REFERENCIAS SOPORTE DE USO EN LA NSR-98 Y NSR-10
- USO EN NORMATIVA INTERNACIONAL (Canadá-CSA, Inglaterra BS, Francia Afnor, Alemania DIN, España UNE, Japón, China, México, Brasil, Chile, Cuba, etc).

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN LA OBRA.

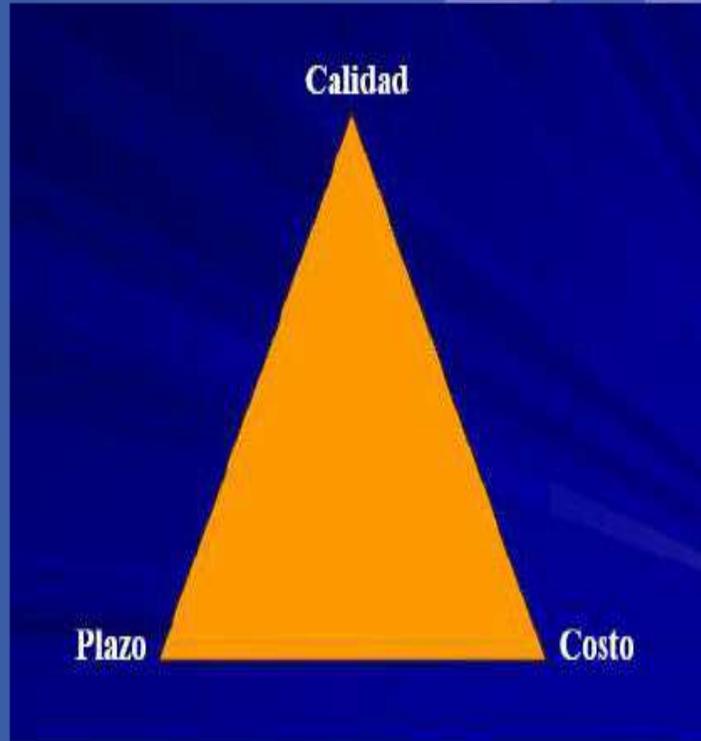
Desempeño y normativas



- NTC 454 Toma de muestras de concreto
- NTC 550 Elab. y curado de especimenes de obra
- NTC 1377 Elab. y curado de especimenes de lab
- NTC 673 Ensayo de cilindros
- NTC 2275 Evaluación estadística
- NTC 3756 Estimación resistencia in situ (Madurez)
- NTC 3318 Producción de concreto
- NTC 5551 Durabilidad de concreto (prescriptiva)

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Aspectos de Gestión en la construcción



PROBLEMAS TÍPICOS:

REPRESENTATIVIDAD DE PROBETAS (Cilindros, viguetas)

BAJA RESISTENCIA DEL CONCRETO

FALTA DE AGILIZACIÓN DE PROCESOS

PRESENCIA DE FISURAS

FALTA DE CONTROL EN TIEMPOS DE OPERACIONES

AFECCIÓN A VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

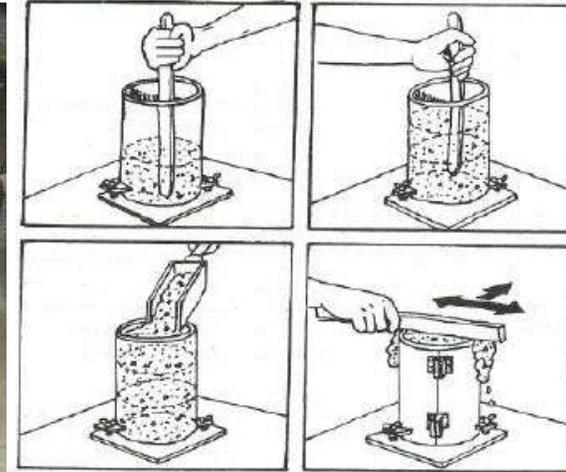
AFECCIÓN A LA VIDA ÚTIL



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Representatividad de la muestra de concreto NTC 454

- Una muestra cada 40 m³ de concreto, 200 m² de placas o muros, mínimo 1 vez por día, conforme NTC 454
- Una muestra por cada tipo de concreto y nivel de resistencia, o por 1 cada 50 tandas de mezclado
- Tipos de concreto = corriente, fluido, bombeable, autonivelante, contech, outinord, ligero, alta resistencia, bajo calor de hidratación, baja retracción, etc
- No se requiere ensayos al concreto en volúmenes menores del 10 m³ (El Sup, técnico puede solicitarlas)
- La resistencia $f'c$ se evalúa en cilindros ($f'c$ especificada a los 28 días u otra edad dependiendo del tipo de concreto).
- Evaluar la resistencia del concreto en sitio si es necesario.



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ASPECTOS DE LA VARIABILIDAD EN CONSTRUCCIÓN Y SUS CAUSAS

- Reproducibilidad y Repetibilidad de ensayos
- Representatividad del control de calidad
- Secuencia del procesos constructivo-optimización
- Curva de aprendizaje de procesos constructivos
- Variabilidad en materiales, mano de obra y equipos
- CONSTRUCTIBILIDAD diversa y variaciones
- Comportamientos estocásticos y dinámicos
- Factores climáticos y económicos
- Factores imprevistos en obra

VARIABILIDAD DEL CONCRETO (CVAR %):

- Variabilidad de la Materia Prima
- Variabilidad del Proceso de Producción
- Variabilidad de los ensayos de control

$$\mathbf{CVAR = CV(MP) + CV(Pprod) + CV(ens)}$$

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Evaluación del desempeño del concreto

- Evaluación de la resistencia del concreto (in situ)
- Evaluación del contenido de aire
- Evaluación de penetración de agentes nocivos
- Estimación de la relación a/cmte
- Resistencia a sulfatos
- Protección contra la corrosión
- Trabajabilidad
- Temperatura
- Densidad
- Retracción
- Módulo de Elasticidad
- Fluencia
- Reacción álcali-sílice
- Resistencia a la abrasión



EVALUAR EN SITIO CONFORME NORMA ISO



LA ESTRUCTURA ES LO MÁS IMPORTANTE

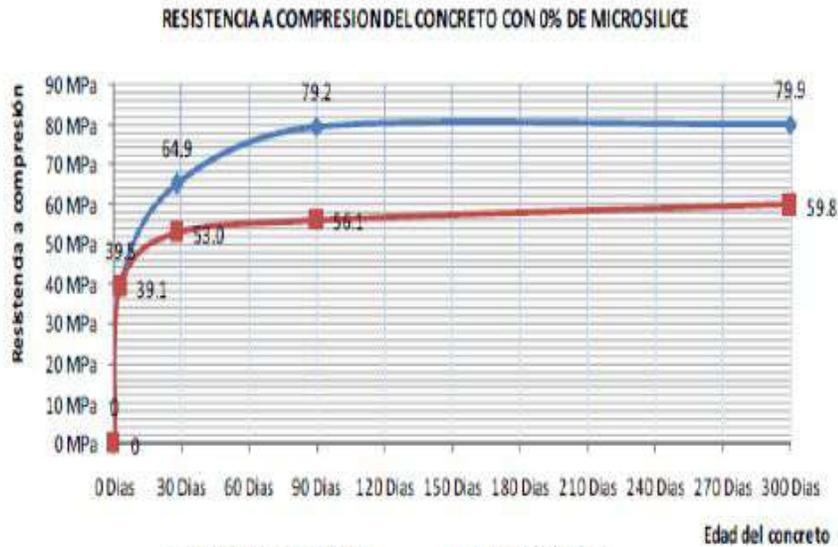
Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

NORMAS IMPLICADAS CONTROL Y EVALUACION DEL CONCRETO, NSR-TITULO C – Ensayos en sitio

- **NTC 3658** Extracción de núcleos y vigas de concreto aserradas (Eval. Resistencia in situ)
- **NTC 4325** Pulso ultrasónico (Eval. Resistencia, posición de aceros y fisuras)
- **NTC 4025** Módulo de elasticidad estático y módulo de Poisson del concreto (Eval. de deformación)
- **NTC 890** Pulso esclerométrico (Eval. Resistencia, homogeneidad)
- **NTC 3756** Calorimetría-madurez del concreto (Eval. de resistencia en sitio)
- **ASTM C856, C1721** Petrografía del concreto
- Evaluación de posición de aceros, espesor recubrimiento (Escáner)
- Evaluación de inicio de corrosión, carbonatación in situ, cont. aire

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Consideraciones de la NSR-Diseño mezcla



Materiales cementantes	Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en peso*
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen NTC 3493 (ASTM C618)	25
Escoria que cumple NTC 4018 (ASTM C989)	50
Humo de sílice que cumple NTC 4637 (ASTM C1240)	10
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice	50†
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice	35†

C.5.3.2.1 - La resistencia promedio requerida f'_{cr} , en MPa, que se utiliza para dosificar el concreto, debe ser la mayor de las obtenidas con las ecuaciones C.5-1 y C.5-2, utilizando la desviación estándar, S, obtenida según C.5.3.1.1 o C.5.3.1.2:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S \quad (C.5-1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S - 3.5 \text{ (MPa)} \quad (C.5-2')$$

- F Congelamiento y deshielo
- S Exposición a sulfatos
- P Baja permeabilidad
- C Protección del refuerzo contra corrosión

TABLA C.5-2
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESION CUANDO NO HAY DATOS QUE PERMITAN DETERMINAR LA DESVIACION ESTANDAR

Resistencia nominal a la compresión f'_c MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión f'_{cr} MPa
Menos de 21 MPa	$f'_c + 7$ MPa
de 21 MPa a 35 MPa	$f'_c + 8.5$ MPa
más de 35 MPa	$f'_c + 10$ MPa

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Concreto ISO 22966

ISO/FDIS 22966:2009(E)

Annex F (informative)

Guidance on concreting

F.1 Guidance on 8.1 — Specification of concrete

ISO 22965-1 defines concrete as "... mixing cement, coarse and fine aggregate and water ...".

Standards on aggregates may define coarse aggregates as aggregate with $D \geq 4$ mm or 5 mm where D is the actual upper sieve size of the aggregate. Included in this definition are both a maximum and a minimum percentage passings on sieve size D . The term D_{max} normally defines the "maximum nominal upper aggregate size", which is selected to ensure a proper casting, taking into account the cover and free spacing between the reinforcement bars. In principle, any value of D less than D_{max} satisfies a requirement related to D_{max} .

Concrete with aggregates of upper size D in the range from 4 mm to 12 mm might not support the design assumptions, e.g. aggregate interlock, shear capacity, stiffness, fracture energy. ISO 22965-1 therefore states in a note that in concrete for general purpose the coarse aggregate should normally have a minimum size of 16 mm.

To ensure compatibility with the design assumptions, the actual maximum size of the aggregate being used should be specified, in particular if D smaller than 16 mm is allowed.

F.2 Guidance on 8.2 — Pre-concreting operations

F.2.1 Construction joints should not be made at critical places.

F.2.2 Structural elements should be isolated from the ground by a blinding layer of at least 50 mm unless the concrete cover to the reinforcement is increased correspondingly.

F.2.3 Concreting onto frozen ground should not be permitted unless special procedures are followed.

F.2.4 The surface temperature at the construction joint should be above 0 °C at the time of concreting.

F.2.5 The execution specification may define ambient temperatures above which it is necessary that precautions be planned to protect the concrete against damaging effects.

F.3 Guidance on 8.3 — Delivery, reception and site transport of fresh concrete

F.3.1 The receiving inspection should be documented by signing the delivery ticket, when relevant.

F.3.2 For SCC, receiving inspection should include testing of fresh state properties.

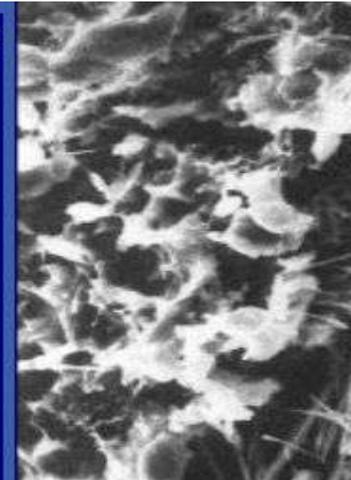
F.4 Guidance on 8.4.1 — Placing and compaction — General (for ordinary vibrated concrete)

F.4.1 Compaction should be performed by internal vibration, unless otherwise agreed.



FORMACION DE
CRISTALES
HIDRATADOS

Portlandita
Tobermorita
Etringuita
Alita
Belita



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

2. PRUEBAS DESTRUCTIVAS. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto NTC 673

- Correcta ejecución – representatividad del control-CALIDAD DEL RESULTADO – Seguimiento al LAB.
- Adecuada información y toma de decisiones en obra.
- Variables del ensayo dinámicas y cambiantes

FUENTES DE VARIACION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, ACI

Variaciones en las propiedades del concreto	Discrepancias en los métodos de ensayo
<i>Cambios en la relación Agua-cemento:</i>	<i>Procedimientos inadecuados de muestreo</i>
Pobre control de agua Número excesivo de la humedad del agregado Requiere de la cantidad de agua	
<i>Variaciones en los requerimientos de agua</i>	<i>Variaciones debidas a las técnicas de fabricación de las probetas</i>
Granulometría de los agregados, absorción y Forma de partículas Propiedades del cemento y de los aditivos Contenido de aire en la mezcla Tiempo de entrega y temperatura de la mezcla	Manipulación y curado de las probetas recién fundidas Mala calidad de los moldes de las probetas
<i>Variaciones en las características y proporción de los ingredientes</i>	<i>Cambios en el curado de las probetas</i>
Agregados grueso y fino Cementos Aditivos	Variaciones de la temperatura Humedad variable Demoras en la entrega de las probetas al laboratorio
<i>Variaciones en el transporte, vertido y compactación de la mezcla de concreto</i>	<i>Procedimientos inadecuados de ensayo de las probetas</i>
<i>Variaciones en la temperatura y curado del concreto</i>	Tipo de refrentado usado Realización de ensayos de compresión



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Cumplir curado probetas y en obra

NSR Tit.C, NTC 550 y NTC 5551

C.5.11 — Curado

C.5.11.1 — A menos que el curado se realice de acuerdo con C.5.11.3, el concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de 10°C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación (excepto para concreto de alta resistencia inicial).

C.5.11.2 — El concreto de alta resistencia inicial debe mantenerse por encima de 10°C y en condiciones de humedad por lo menos los 3 primeros días, excepto cuando se cure de acuerdo con C.5.11.3.

C.5.12 — Requisitos para clima frío

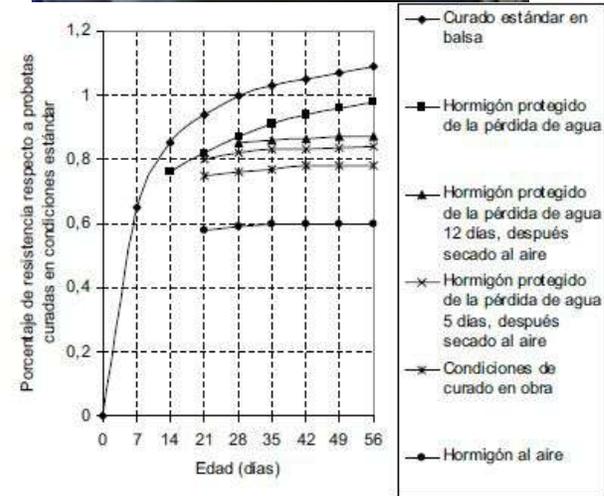
C.5.12.1 — Debe disponerse de un equipo adecuado con el fin de calentar los materiales para la fabricación del concreto y protegerlo contra temperaturas de congelamiento o cercanas a ella.

C.5.12.2 — Todos los materiales componentes del concreto y todo el acero de refuerzo, el encofrado, los rellenos y el suelo con el que habrá de estar en contacto el concreto deben estar libres de escarcha.

C.5.12.3 — No deben utilizarse materiales congelados o que contengan hielo.

C.5.13 — Requisitos para clima cálido

En clima cálido debe darse adecuada atención a los materiales componentes, a los métodos de producción, al manejo, a la colocación, a la protección y al curado a fin de evitar temperaturas excesivas en el concreto o la evaporación del agua, lo cual podría afectar la resistencia requerida o el funcionamiento del elemento o de la estructura.



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Variables en el ensayo de compresión del concreto – Efecto f_c

VARIABLES QUE AFECTAN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.			
ASPECTO ESPECIFICO	CAUSA DE LA VARIACION	EFFECTO POTENCIAL	
1 Procedimientos inadecuados de muestreo	1 Segregación	BAJA	
	2 Exudación	BAJA	
	3 Adición de agua	BAJA	
	4 Adición de aditivo	SUBE	
	5 Sitio inadecuado de muestreo	BAJA	
	6 Compactación anormal de cilindros	BAJA O SUBE	
	7 Confección inadecuada cilindro	BAJA O SUBE	
	8 Remezclado del concreto en el camion antes de la toma de muestra	BAJA O SUBE	
2 Variaciones debidas a las técnicas de elaboración de muestras	9 Material del molde	BAJA	
	10 Demora en la toma de muestra	BAJA	
Manejo y curado de cilindros recién elaborados	11 Porción de toma respecto al camión	BAJA O SUBE	
	12 Remezclado manual del concreto antes de confeccionar los cilindros	SUBE	
	13 Golpes a probetas recién elaboradas	BAJA	
	14 Exposición de moldes recién fundidos a la intemperie	BAJA O SUBE	
Moldes de calidad deficiente	15 Temperatura inicial de los cilindros de concreto dentro de los moldes	BAJA O SUBE	
	16 Demora en desmoldar los cilindros	BAJA	
	17 Relación altura - diametro del cilindro	BAJA O SUBE	
	18 Cilindros no verticales	BAJA	
	19 Cilindros de la misma muestra con diferentes diámetros	BAJA O SUBE	
	20 Cilindro con valores de diametro medidos diferentes	BAJA O SUBE	
3 Cambios en el curado de las probetas	Variación de Temperatura	22 Temperatura de curado en obra	BAJA O SUBE
		23 Temperatura inicial de los cilindros de concreto (primeras 24 horas)	BAJA O SUBE
		24 Cambios de temperatura antes de falla	BAJA O SUBE
	Humedad variable	25 Humedad curado en la obra	BAJA O SUBE
		26 Humedad inicial cilindros en molde	BAJA O SUBE
		27 Cambios de humedad antes de falla	BAJA O SUBE
	Retraso en la entrega de las probetas	28 Edad exacta de falla	BAJA O SUBE
	4 Procedimientos de ensayo deficientes	29 Tipo de refrentado	BAJA O SUBE
30 Velocidad de carga		BAJA O SUBE	
31 Tipo de falla presentada		BAJA O SUBE	
32 Densidad del cilindro		BAJA O SUBE	
33 Excentricidad de carga en el cilindro		BAJA	
34 Lectura del dial con baja exactitud		BAJA O SUBE	

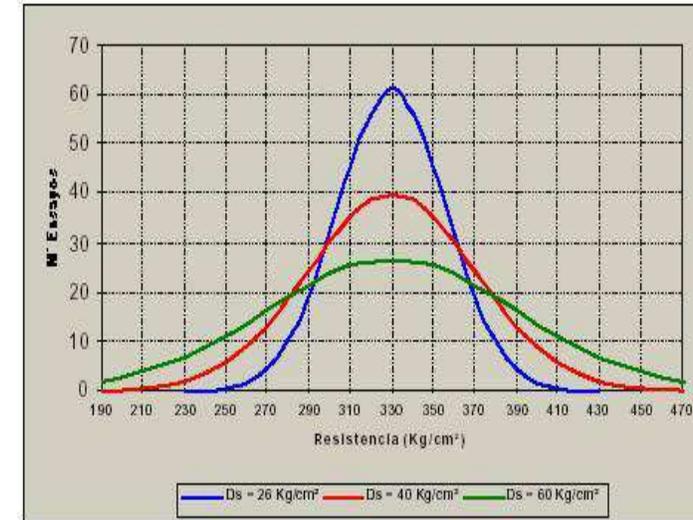


TABLA C.5.3.2.1 — RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-2) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = f'_c + 2.33s_s - 3.5$ (C.5-2)
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido con las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = 0.90f'_c + 2.33s_s$ (C.5-3)

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Elaboración, curado y ensayo de probetas destructivas - Errores



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Errores en el muestreo de cilindros de concreto



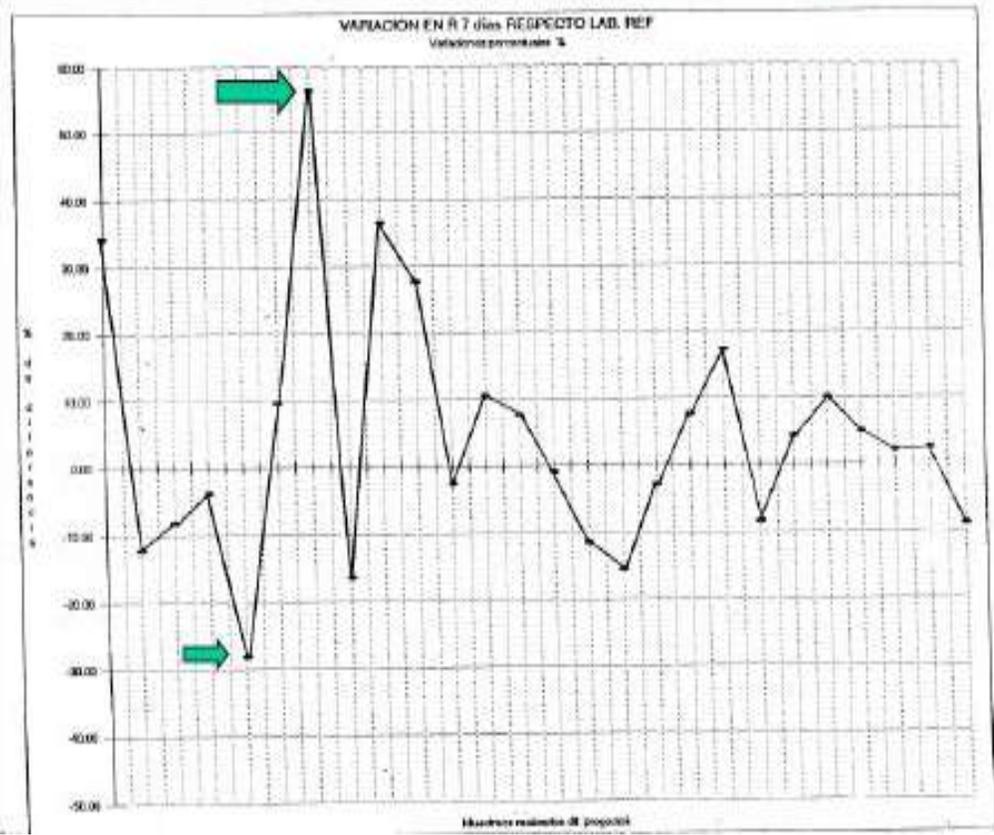
Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Errores -Influencia del transporte de probetas ISO 17025, ASTM C1077



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Variabilidad de la resistencia evaluada en cilindros (Falta de Reproducibilidad)



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CONTROL EN SITIO,
REF. ISO TC-71
CONTROL POR DESEMPEÑO



CONCRETO ESTRUCTURAL NORMATIVA Y EVALUACION DE RESISTENCIAS



C.5.6.3 — Probetas curadas en forma estándar

C.5.6.3.1 — Las muestras para ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con NTC 454 (ASTM C172).

C.5.6.3.2 — Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser fabricados y curados en laboratorio de acuerdo con NTC 550 (ASTM C31M), y deben ensayarse de acuerdo con NTC 673 (ASTM C39M). Los cilindros deben ser de 100 por 200 mm o de 150 por 300 mm.

C.5.6.3.3 — El nivel de resistencia de una clase delaminada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos (véase C.5.6.2.4) es igual o superior a f'_c .

(b) Ningún resultado del ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) es menor que f'_c por más de 3.5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor, o por más de $0.10f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 MPa.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CUANDO CUMPLE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

C.5.6.3.3 — El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos (véase C.5.6.2.4) es igual o superior a f'_c .

(b) Ningún resultado del ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) es menor que f'_c por más de 3.5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de $0.10f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 MPa.

Calidad y curado concreto ISO 22966

ISO/FDIS 22966:2009(E)

Annex F (informative)

Guidance on concreting

F.1 Guidance on 8.1 — Specification of concrete

ISO 22965-1 defines concrete as "... mixing cement, coarse and fine aggregate and water ...".

Standards on aggregates may define coarse aggregates as aggregate with $D > 4$ mm or 5 mm where D is the actual upper sieve size of the aggregate. Included in this definition are both a maximum and a minimum percentage passings on sieve size D . The term D_{max} normally defines the "maximum nominal upper aggregate size", which is selected to ensure a proper casting, taking into account the cover and free spacing between the reinforcement bars. In principle, any value of D less than D_{max} satisfies a requirement related to D_{max} .

Concrete with aggregates of upper size D in the range from 4 mm to 12 mm might not support the design assumptions, e.g. aggregate interlock, shear capacity, stiffness, fracture energy. ISO 22965-1 therefore states in a note that in concrete for general purpose the coarse aggregate should normally have a minimum size of 16 mm.

To ensure compatibility with the design assumptions, the actual maximum size of the aggregate being used should be specified, in particular if D smaller than 16 mm is allowed.

F.2 Guidance on 8.2 — Pre-concreting operations

F.2.1 Construction joints should not be made at critical places.

F.2.2 Structural elements should be isolated from the ground by a blinding layer of at least 50 mm unless the concrete cover to the reinforcement is increased correspondingly.

F.2.3 Concreting onto frozen ground should not be permitted unless special procedures are followed.

F.2.4 The surface temperature at the construction joint should be above 0 °C at the time of concreting.

F.2.5 The execution specification may define ambient temperatures above which it is necessary that precautions be planned to protect the concrete against damaging effects.

F.3 Guidance on 8.3 — Delivery, reception and site transport of fresh concrete

F.3.1 The receiving inspection should be documented by signing the delivery ticket, when relevant.

F.3.2 For SCC, receiving inspection should include testing of fresh state properties.

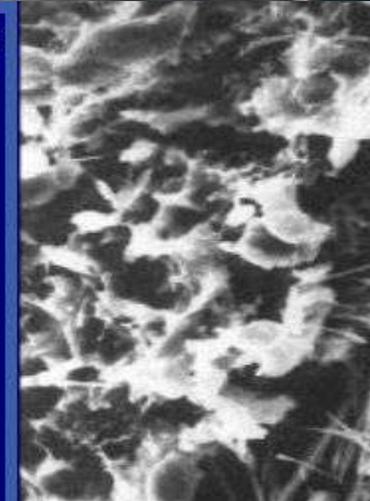
F.4 Guidance on 8.4.1 — Placing and compaction — General (for ordinary vibrated concrete)

F.4.1 Compaction should be performed by internal vibration, unless otherwise agreed.



FORMACION DE CRISTALES HIDRATADOS

Portlandita
Tobermorita
Etringuita
Alita
Belita



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

¿Qué hacer cuando no cumple la resistencia el concreto?

C.5.6.3.4 — Cuando no se cumpla con cualquiera de los dos requisitos de C.5.6.3.3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfagan los requisitos de C.5.6.3.3(b) debe cumplirse lo requerido por C.5.6.5.

C.5.6.5 — Investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia

C.5.6.5.1 — Si cualquier ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) de cilindros curados en el laboratorio es menor que f'_c por más de los valores dados en C.5.6.3.3(b), o si los ensayos de cilindros curados en la obra indican deficiencia de protección y de curado (véase C.5.6.4.4), deben tomarse medidas para asegurar que no se pone en peligro la capacidad de carga y la durabilidad de la estructura.

C.5.6.5.2 — Si se confirma la posibilidad que el concreto sea de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de soportar las cargas se redujo significativamente, deben permitirse ensayos de núcleos extraídos de la zona en cuestión de acuerdo con NTC 3658 (ASTM C42M). En esos casos deben tomarse tres núcleos por cada resultado del ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) que sea menor que los valores señalados en C.5.6.3.3 (b).

C.5.6.5.3 — Los núcleos deben ser extraídos, la humedad debe preservarse colocando los núcleos dentro de recipientes o bolsas herméticas, deben ser transportados al laboratorio y ensayarse de acuerdo con la NTC 3658 (ASTM C42). Los núcleos deben ser ensayados no antes de 48 horas y no más tarde de los 7 días de extraídos, a menos que el profesional facultado para diseñar apruebe algo diferente. Quien especifique los ensayos mencionado en la NTC 3658 (ASTM C42M) debe ser un profesional facultado para diseñar.

C.5.6.5.4 — El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85 por ciento de f'_c , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75 por ciento de f'_c . Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

C.5.6.5.5 — Si los criterios de 5.6.5.4 no se cumplen, y si la seguridad estructural permanece en duda, la autoridad competente está facultada para ordenar pruebas de carga de acuerdo con el Capítulo C.20 para la parte dudosa de la estructura, o para tomar otras medidas según las circunstancias.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Cilindros VS. END

ACI 228.1 R-3

"...cuando se llevan a cabo los procedimientos normalizados, los ensayos en cilindros solo representan la resistencia potencial del concreto que es utilizado en el sitio..."

"... resulta inusual que el concreto de la estructura tenga las mismas propiedades que los cilindros normalizados a la misma



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Modulo de elasticidad del concreto

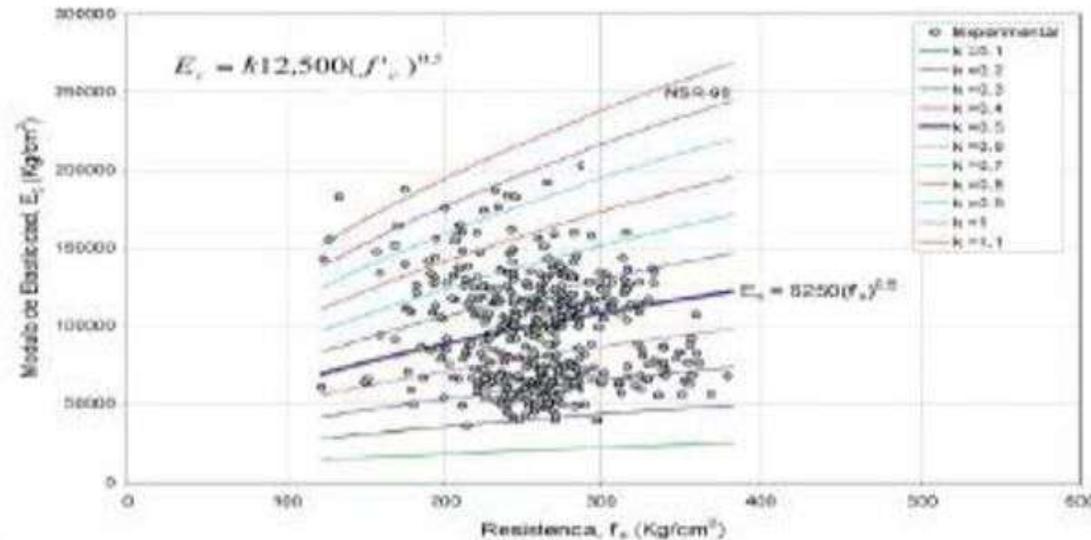
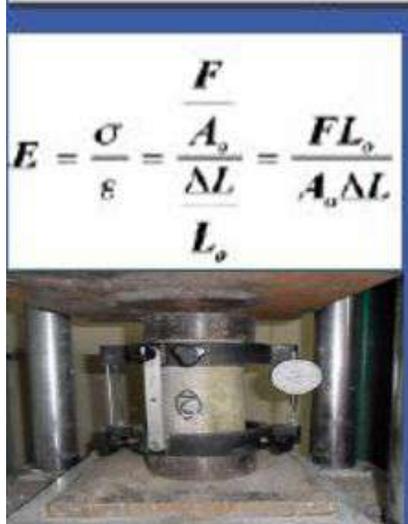
C.8.5 — Módulo de elasticidad

C.8.5.1 — El módulo de elasticidad, E_c , para el concreto puede tomarse como $w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$ (en MPa), para valores de w_c comprendidos entre 1440 y 2560 kg/m³. Para concreto de densidad normal, E_c puede tomarse como $4700 \sqrt{f'_c}$.

C.8.5.2 — El módulo de elasticidad, E_s , para el acero de refuerzo no presforzado puede tomarse como 200 000 MPa.

C.8.5.3 — El módulo de elasticidad, E_p , para el acero de presforzado debe determinarse mediante ensayos o ser informado por el fabricante.

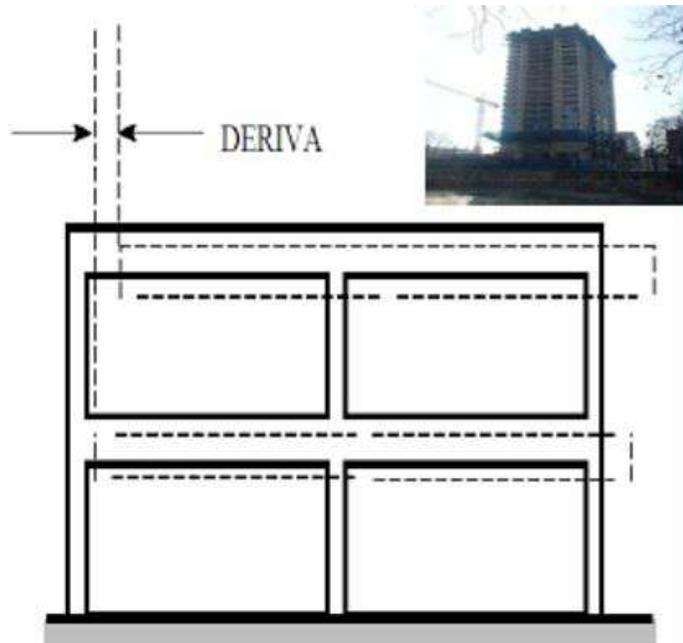
Sistema SI esfuerzos en MPa	Sistema mks esfuerzos en kg/cm ²	Sistema Ingles esfuerzos en libras por pulgada cuadrada (psi)
$E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$	$E_c = w_c^{1.5} 0.14 \sqrt{f'_c}$	$E_c = w_c^{1.5} 33 \sqrt{f'_c}$
$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$	$E_c = 15100 \sqrt{f'_c}$	$E_c = 57,000 \sqrt{f'_c}$



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

EN LA NSR-10:

1. Aumento en estimación del módulo **E_c** en un 20%
2. La fuerza cortante de diseño **V_c** aumenta entre un 25% a un 42%
3. Se usa coeficiente de redundancia y los valores de coeficientes de carga cambian.



Parámetros determinantes

$$\Delta = 50 A_1 g \left(\frac{h_w}{\ell_w} \right) \sqrt{\frac{w_i \cdot g}{E \cdot p \cdot h_p}}$$

Donde:

- Δ = Deriva expresado en porcentaje de la altura del piso.
- A_1 = Aceleración Fico Efectiva en fracción de g.
- h_w = Altura del muro en m.
- ℓ_w = Alto de la sección del muro en m.
- w_i = Peso del edificio por unidad de área en ton/m².
- g = Aceleración de la gravedad en m/s².
- E = Módulo de Elasticidad del concreto del muro en ton/m².
- p = Índice de muros (adimensional).
- h_p = Altura del piso típico en m.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Estimación Modulo - Elástico del concreto

EXPRESIONES PARA ESTIMAR EL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

CONCRETO DE RESISTENCIA NORMAL-COLOMBIA: (f'c entre 21MPa y 42MPa)

$$E_c = 3900 \sqrt{f_c} \text{ o } 12500 \sqrt{f_c} \text{ (NSR-98, } f_c \text{ en MPa, o Kg/cm}^2\text{, sin distingo del origen del agregado)}$$

$$E_c = 5500 \sqrt{f_c} \text{ (NSR-98, } f_c \text{ en MPa, agregado de origen igneo)}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} \text{ (NSR-98, } f_c \text{ en MPa, agregado de origen metamorfoico)}$$

$$E_c = 3600 \sqrt{f_c} \text{ (NSR-98, } f_c \text{ en MPa, agregado de origen sedimentario)}$$

$$E_c = 13000 \sqrt{f_c} \text{ (} f_c \text{ en Kg/cm}^2\text{, ref. antiguo CCCSR)}$$

$$E_c = 15110 \sqrt{f_c} \text{ (} f_c \text{ en Kg/cm}^2\text{, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo)}$$

CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA-COLOMBIA: (f'c mayor a 42MPa)

$$E_c = 12700 \sqrt{f_c + 30120} \text{ (} f_c \text{ entre 500 y 800 Kg/cm}^2\text{, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo, Humo de silice)}$$

$$E_c = 16590 \sqrt{f_c} \text{ (} f_c \text{ entre 500 y 800 Kg/cm}^2\text{, Quimbay-Ruiz, agregado sedimentario, Tunjuelo, Humo de silice)}$$

EXPRESIONES PARA ESTIMAR EL MODULO DE ELASTICIDAD DEL MORTERO

MORTERO DE RESISTENCIA NORMAL: (f'c entre 1000 y 3000 PSI)

$$E_c = 9100 \sqrt{f_c} \text{ (Cuba MICONS, sin distingo del agregado)}$$

$$E_c = 6000 \times D \times \sqrt{f_c} \text{ (Colombia, ref. Universidad Nacional sin distingo del agregado)}$$

$$E_c = 10350 \sqrt{f_c} \text{ (} f_c \text{ entre 200 y 700 Kgs/cm}^2\text{, Gomez-Lopez, agregado sedimentario, Fiscala)}$$

$$E_c = 11650 \sqrt{f_c} \text{ (} f_c \text{ entre 200 y 700 Kgs/cm}^2\text{, Gomez-Lopez, agregado sedimentario, Guasca)}$$

CONCRETO DE RESISTENCIA NORMAL - EUROPA Y USA

$$E_c = 12000 (f_c)^{0.333} \text{ (Codigo Frances, } f_c \text{ hasta 60 MPa)}$$

$$E_c = 3320 \sqrt{f_c + 6900} \text{ (Carrasquillo, } f_c \text{ en MPa)}$$

$$E_c = 63,096 \sqrt{f_c} \text{ (Oluokun, Burdette, } f_c \text{ mayor a 500 PSI)}$$

$$E_c = 9500 (f_c)^{0.3} \text{ (Codigo Noruego, } f_c \text{ hasta 85 MPa)}$$

CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA - EUROPA Y USA

$$\text{ACI 363: } E = 3,32 (f'_c)^{0.5} + 6,9$$

$$\text{NS 3473: } E = 9,5 (f'_c)^{0.3}$$

$$\text{CEB MC- 91: } E = 10 \dot{a} (f'_c / 10)^{0.33}$$

$$\text{donde } \dot{a} = 1,2 * 2,15$$

$$= 2,15$$

$$= 0,9 * 2,15$$

para agregados basálticos

para agregados cuarcíticos

para agregados calcáreos

En estas fórmulas, f'_c y E se expresan en MPa y Gpa respectivamente.

Otras expresiones se han usado anteriormente entre las que encontramos:

$$E_c = \sqrt{f_c + 8} \text{ (CEB, } f_c \text{ en MPa)}$$

$$E_c = 3320 \sqrt{f_c + 6900} \text{ (Neville, Inglaterra, } f_c \text{ entre 21MPa y 83MPa)}$$

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Curado, protección y monitoreo del concreto in situ

F.6 Guidance for curing and protection

F.6.1 The following methods are suitable for curing used separately or in sequence:

- keeping the formwork in place;
- covering the concrete surface with vapour-proof sheets, which are secured at the edges and joints to prevent draughts;
- placing of wet coverings on the surface and protection of these coverings against drying out;
- keeping the concrete surface visibly wet with suitable water;
- application of a curing compound of established suitability.

Other curing methods of equal effectiveness may be used.

NOTE At the time of publishing this International Standard, standardized test methods characterizing the properties of curing compounds are not available.

F.6.2 The development of properties in the surface zone should be based on the relationship of compressive strength to maturity.

 F.6.3 Detailed estimates of the development of concrete properties may be based on one of the following methods:

- maturity calculation from temperature measurements taken at a maximum depth of 10 mm below the surface;
- maturity calculation based on the daily average air temperature;
- temperature-matched curing;
- rebound hammer testing (after calibration on relevant concrete test sample);
- other methods of established suitability.

F.6.4 Maturity calculations should be based on an appropriate maturity function, proven for the type of cement or combination of cement and addition in use.



Que dice la NSR para desmolde-descimbre

CR6.2 descimbrado, puntales y re apuntalamiento, se menciona que

“La evaluación de la resistencia del concreto puede llevarse a cabo mediante otros procedimientos aprobados por la autoridad competente, en la opción (d) correlación y mediciones del factor de madurez, de acuerdo a la ASTM C1074”, equivalente a la NTC 3756.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

3. METODOS NO DESTRUCTIVOS.

METODO DE LA MADUREZ DEL CONCRETO TCTM y Calorimetría

Procedimiento para estimar la resistencia del concreto por el método de la Madurez
NTC 3756-ASTM C1074

Determinación de calor de hidratación de materiales cementicios ASTM C1679, ASTM C1702
calorimetría isotérmica e ASTM C1753 calorimetría semi-adiabática

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

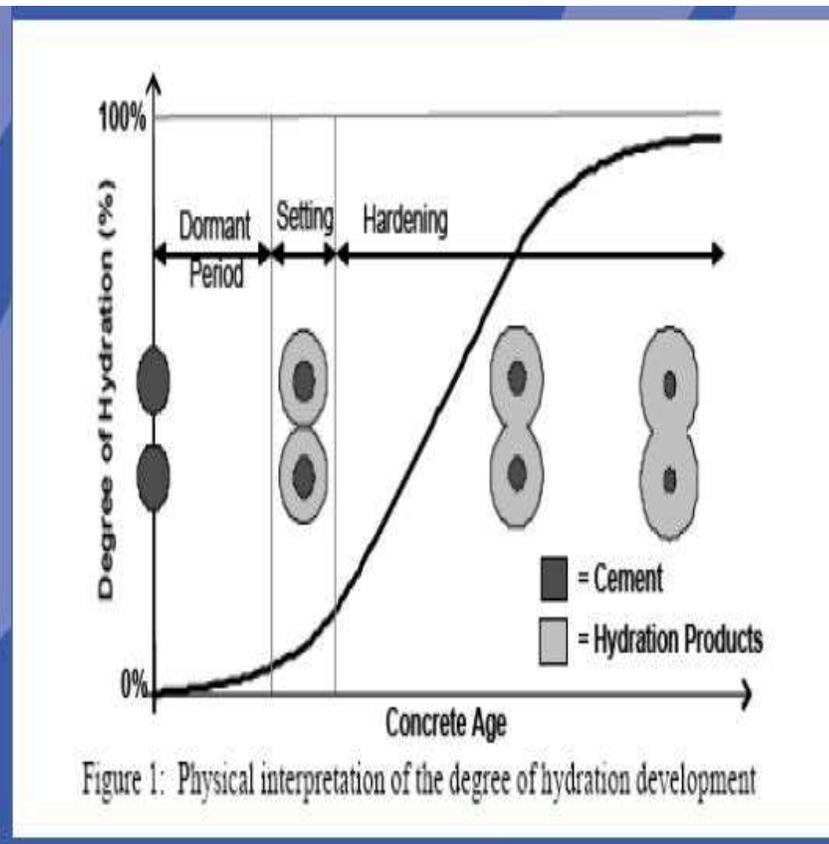


Figure 1: Physical interpretation of the degree of hydration development

- NTC 454 Toma de muestras de concreto
- NTC 550 Elab. y curado de especimenes de obra
- NTC 1377 Elab. y curado de especimenes de lab
- NTC 673 Ensayo de cilindros
- NTC 2275 Evaluación estadística
- NTC 3756 Estimacion resistencia in situ (Madurez)
- NTC 3318 Produccion de concreto
- NTC 5551 Durabilidad de concreto (prescriptiva)

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CONTEXTO MUNDIAL DEL CONTROL TERMICO -MADUREZ DEL CONCRETO - TCTM

DESARROLLO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE CONTROL NO DESTRUCTIVO (NDT Non Destructive Test)

BAJA EFICIENCIA DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS (Cilindros y viguetas) NIST 1993

DESARROLLO NORMATIVO DE LA TEORIA DE LA MADUREZ DEL CONCRETO : ASTM C1074, ACI 306, NTC 3756

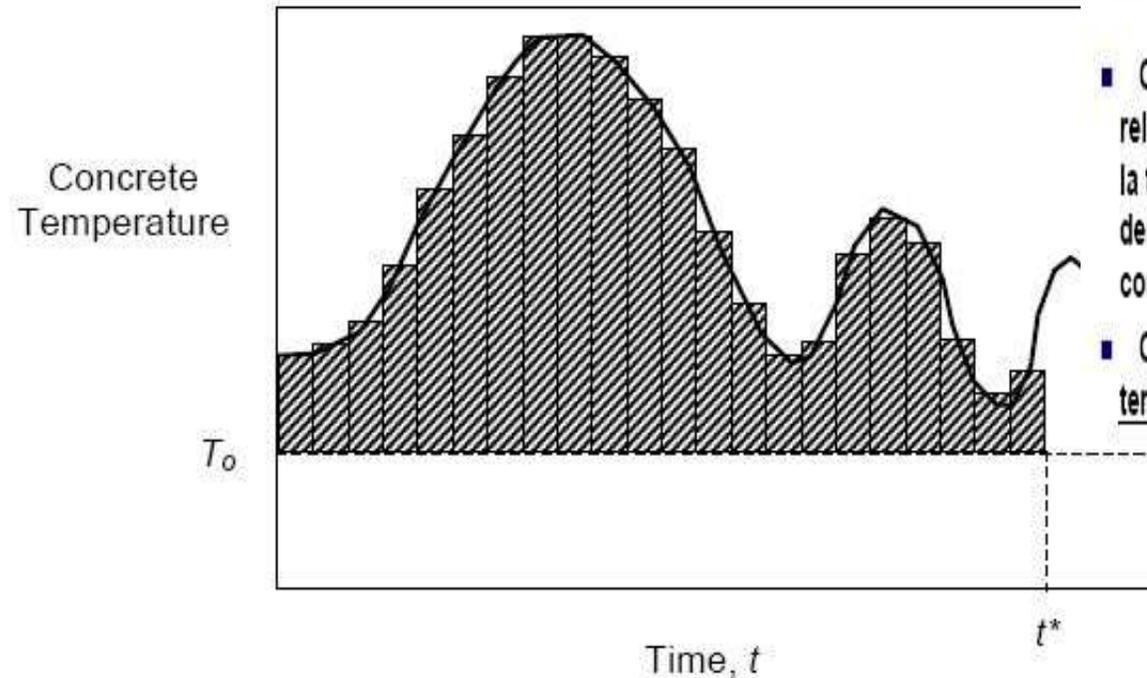
MONITOREO E INSTRUMENTACION PARA ASEGURAR CALIDAD vs. CONTROL CORRECTIVO DE CALIDAD

MULTIPLES APLICACIONES EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN EL MUNDO

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Calculo de la madurez del concreto como Factor Temperatura-Tiempo

$$M(t) = \sum (T_c - T_0) \Delta t$$



MÉTODO DE MADUREZ

- Corresponde a la metodología que relaciona los efectos combinados de la temperatura y del tiempo en el desarrollo de resistencia de un concreto.
- Concretos con igual historia de temperatura tienen igual resistencia.

Rodrigo Quimbay Herrera.

NTC 3756 – ASTM C1074 PROCEDIMIENTO

SELECCIÓN DE ELEMENTOS A INSTRUMENTAR

PATRONAMIENTO DE CILINDROS :
Curva Modelo Resistencia-Madurez (Hidratación)

INSTALACION DE RED DE SEGUIMIENTO TERMICO EN OBRA

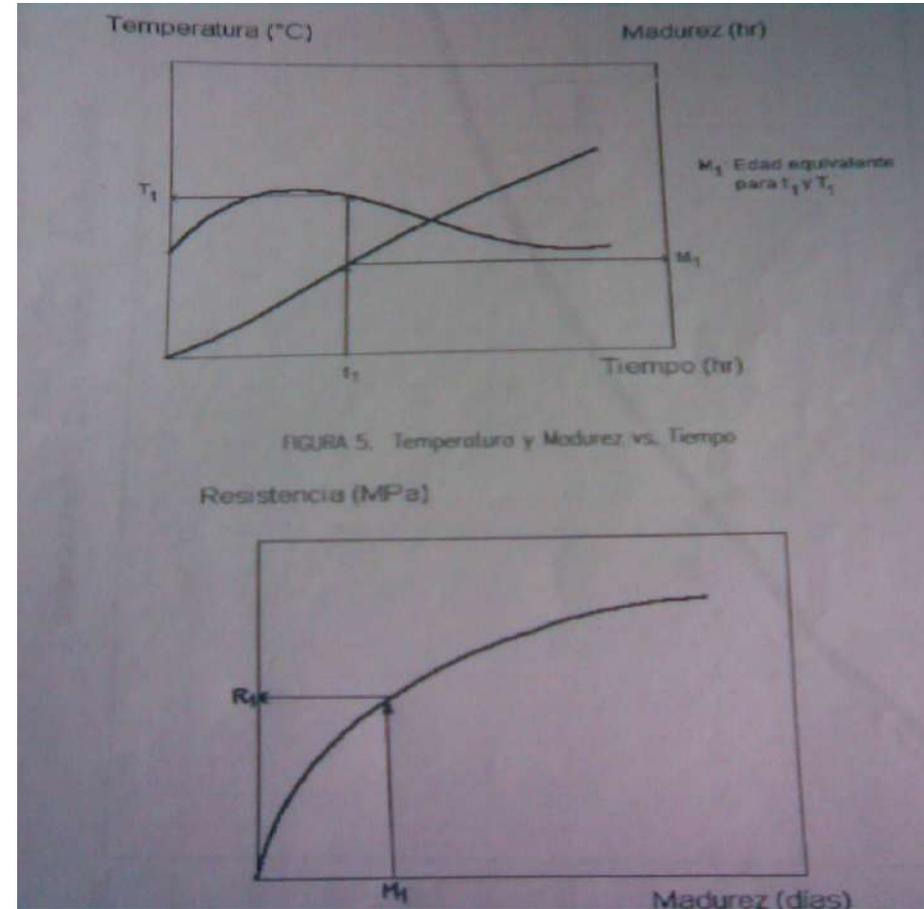
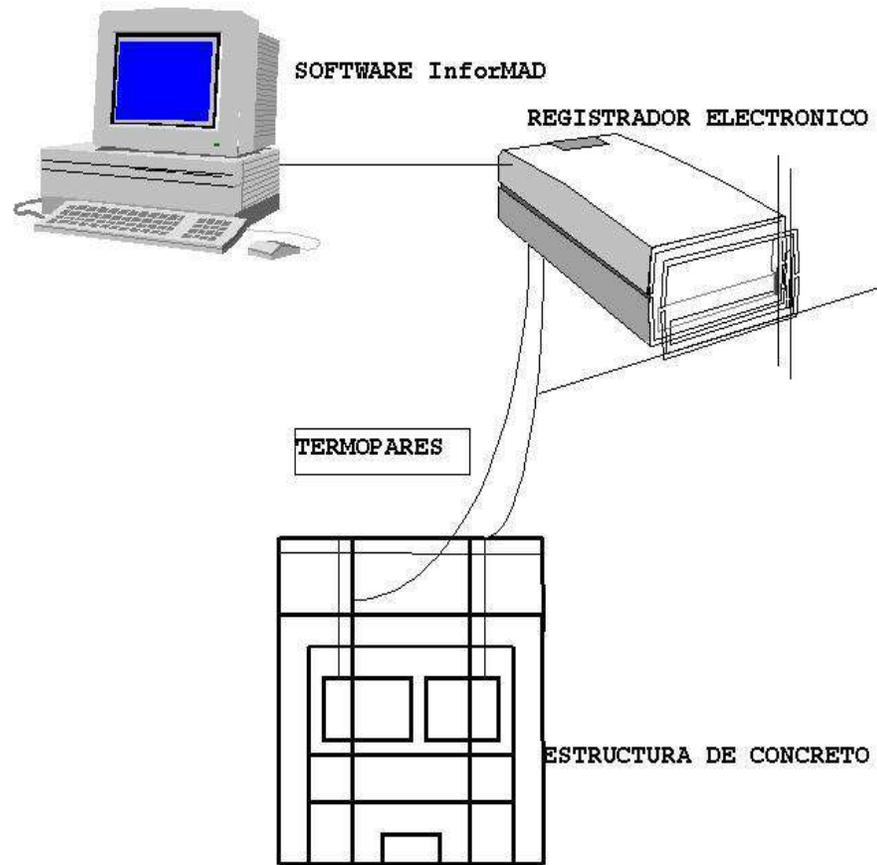
MONITOREO INSTANTANEO DE TEMPERATURA, MADUREZ (Hidratación) Y RESISTENCIA DEL
CONCRETO
APLICACIÓN DEL SISTEMA INFORMAD

DETERMINACION DE TEMPERATURA, MADUREZ Y RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EL
ELEMENTO

DETERMINACION DE ACCIONES DE MEJORAMIENTO EN CUANTO A PROTECCION, CURADO Y
ESPECIFICACIONES

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

SISTEMA INFORMATIZADO PARA CONTROL DE RESISTENCIA, TERMICO-MADUREZ DEL CONCRETO EN OBRA



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

MODELOS R-M RESISTENCIA-MADUREZ DEL CONCRETO

[Knudsen, 1984]:

$$S = S_u \frac{\sqrt{k(t-t_0)}}{1 + \sqrt{k(t-t_0)}}$$

$$S = a + b \log(M)$$

$$S = S_u e^{-\left(\frac{\tau}{t}\right)^\alpha}$$

t = age
 τ = a time constant and
 α = a shape parameter.

$$S = S_u \frac{k(t-t_0)}{1 + k(t-t_0)}$$

S = strength at age t ,
 S_u = limiting strength,
 k = rate constant, 1/day, and
 t_0 = age at start of strength development.

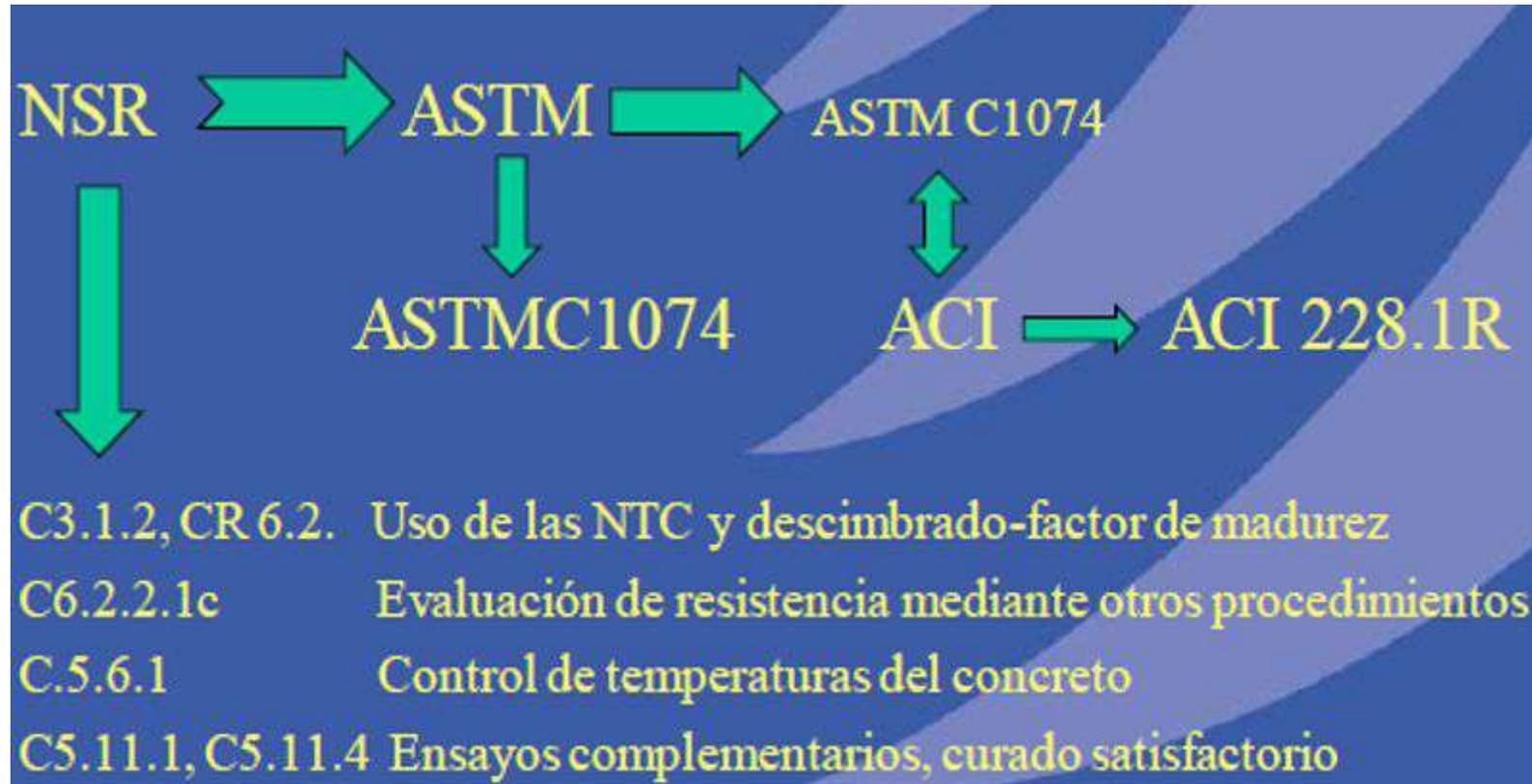
$$\frac{S}{S_u} = \frac{k_r(t_e - t_{0r})}{1 + k_r(t_e - t_{0r})}$$

$$\frac{S}{S_{28}} = \beta \frac{k_r(t_e - t_{0r})}{1 + k_r(t_e - t_{0r})}$$

k_r = value of the rate constant at the reference temperature, and
 t_{0r} = age at start of strength development at the reference temperature.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Soporte NSR para uso de la estimación de resistencia del concreto por Madurez



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CONTEXTO NTC 3756 Colombia

DESARROLLO MUNDIAL DE TECNOLOGIAS DE CONTROL NO DESTRUCTIVO - NDT

APLICACIÓN TCTM EN COLOMBIA PIONEROS EN AMERICA LATINA

APLICACIONES EN CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRA

CONTROL TERMICO

DETERMINACION DE RESISTENCIA

IMPLICACIONES EN DURABILIDAD

MONITOREO DE LA REALIDAD DEL CONCRETO EN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

APLICACIONES EN EL MUNDO TCTM

EUROTUNEL 1992 Francia-UK: Control del concreto lanzado y prefabricado de los tramos del túnel

MINA LARONDE, 2005 Canadá-Quebec: Control del concreto colocado en la mina

TUNEL WELLAND Ontario Canadá: Control del concreto colocado en el Túnel

EDIFICIOS Y PAVIMENTOS Departamentos de Transporte USA y Canadá desde 1997 (Wisconsin, Washington, New York, Indiana, Oklahoma, Ohio, Quebec, Ontario)

TUNEL METRO SUBTERRANEO, Montreal-Laval, Quebec, Departamento de Transporte, Canadá

Múltiples aplicaciones en Europa, China y Japón

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

AMPLIACION METRO SUBTERRANEO MONTREAL-LAVAL, QUEBEC, CANADA



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ULTIMAS APLICACIONES EN EL MUNDO TCTM

AEROPUERTO INTERNACIONAL HARSFIELD-JACKSON DE ATLANTA.

UNIVERSIDAD DE ALBERTA, CANADA, EDIFICIOS
CAMPUS.

UNIVERSIDAD DE ARKANSAS, USA, PAVIMENTOS.

EDIFICIOS, PHOENIX, ARIZONA, USA.

METRO DE WASHINGTON, USA.

PAVICRETOS ESTADO DE ARKANSAS, USA.

PUENTE INTERESTATAL RIO OKLAHOMA, USA.

PAVICRETOS ESTADO DE INDIANA, USA.

ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD DE OKLAHOMA, USA.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ALGUNAS APLICACIONES EN EL MUNDO TCTM

EDIFICIO COMERCIAL FRISCO, TEXAS, USA, POSTENSIONAMIENTO

.

PAVICRETOS FAST-TRACK WILLIAMSBURG, VIRGINIA, USA.

PAVICRETO MASIVO AUSTIN, TEXAS, USA.

TABLERO DEL PUENTE, AMES, IOWA, USA.

TABLERO DE VIA MANCHESTER, IOWA, USA.

ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD DE OKLAHOMA, USA.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

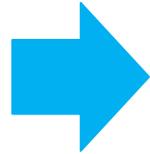
Crterios del control trmico del concreto

- $T_{\text{concreto}} \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ (NSR)
- T_{max} no mayor a $65 \text{ }^\circ\text{C}$
- GT (gradientes trmico) $\leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- PT (pendiente trmica) $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C/hr}$ (ACI)
- Diferencias entre temp. ambiente y temp. superficial del concreto mnimas ($DT \leq 12\text{-}29 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Diferencias entre temperaturas del concreto en diferentes puntos $D_p \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Factores en el tiempo de descimbre (concreto)

- Velocidad de vaciado
- Espesor de elementos (muros)
- Compactación
- Temperatura
- Humedad
- Curado adecuado
- Protección



Resistencia

PRIMERAS APLICACIONES EN COLOMBIA TCTM

PUENTE QUEBRADABLANCA: Grupo Central de Mezclas INV 1995,
control del tablero del puente

PUENTE SALDAÑA: Grupo Central de Mezclas INV 1996,
control del tablero del puente

PUENTES VEHICULARES, 1996 Calle 127 con 9 Calle 26 con 50: Central de Mezclas-Concreto S.A., control vigas pretensadas CAR

EDIFICIO OIKOS EL LAGO Y OIKOS LA COLINA, 1996: Central de Mezclas-Oikos, control de elementos verticales

TORRE COLMENA, 1997: Central de Mezclas-Concreto S.A., Control Placa maciza de cimentación y elementos verticales CAR

EDIFICIO POSTGRADOS CIENCIAS ECONOMICAS UNIVERSIDAD NACIONAL Bogotá, 2001: Interventoría , control placas macizas

APTOS YERBAMORA, Sistema Outinord, 2003: Diseño Urbano, control concreto SIO muros y placas

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ALGUNAS APLICACIONES EN COLOMBIA DE LA TECNOLOGIA DE CONTROL TERMICO Y DE MADUREZ TCTM MONITOREO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN OBRA

CASAS DUPLEX, TUKUMENA DE LOS HAYUELOS: Diseño Urbano S.A., Control concreto SIO muros y placas

PAVICRETO FAST-TRACK MR 50, AEROPUERTO EL DORADO: ODINSA, OPAIN, CONCRELAB, control de rehabilitación de las losas

PAVICRETO FAST-TRACK MR 45, OBRAS CALLE 170: IDU, CONCRETERA TREMIX 2008, control de rehabilitación de las losas

PREFABRICADOS :

Moldar Prefabricados: Losas pretensadas curadas al vapor.

Sistema Placa Lista: prelosas, plaquetas.

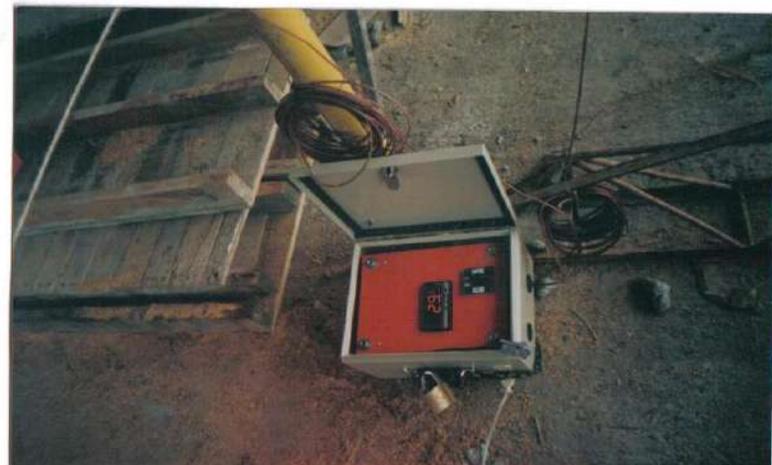
CONTROL DE PRODUCCION DEL CONCRETO EN PLANTA:

Concretera Tremix S.A. - Polimix

INVESTIGACION Y DESARROLLO : Concretera Tremix S.A.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

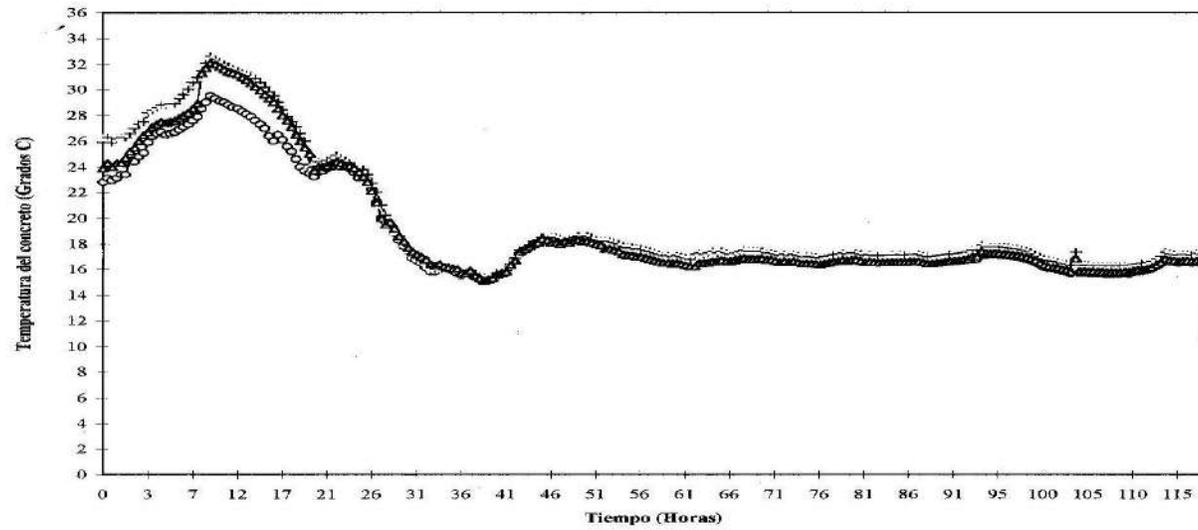
EDIFICIO POSTGRADOS CIENCIAS ECONÓMICAS UNIVERSIDAD NACIONAL
CONTROL TÉRMICO Y DE MADUREZ DEL CONCRETO NTC 3756



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

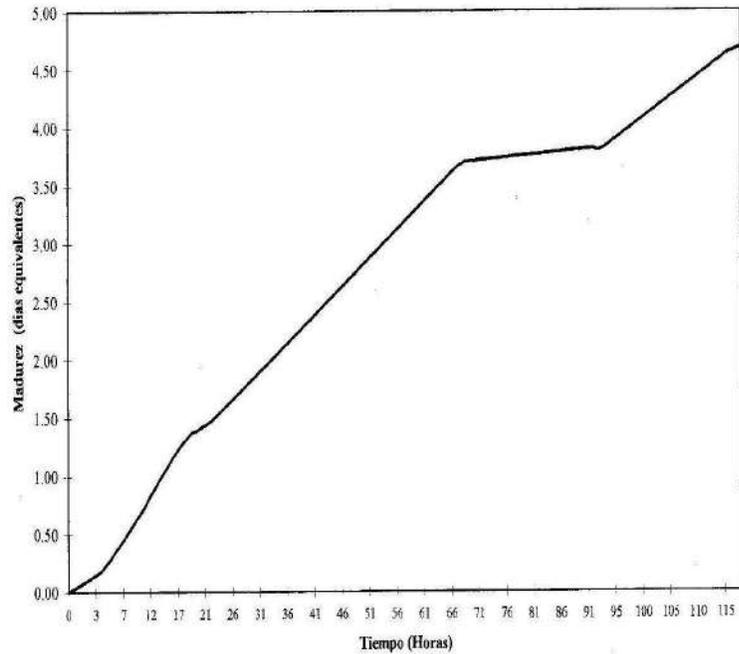
Gráfico2

Temperaturas del concreto puntos 1, 2 y 3 vs. Tiempo (Horas)

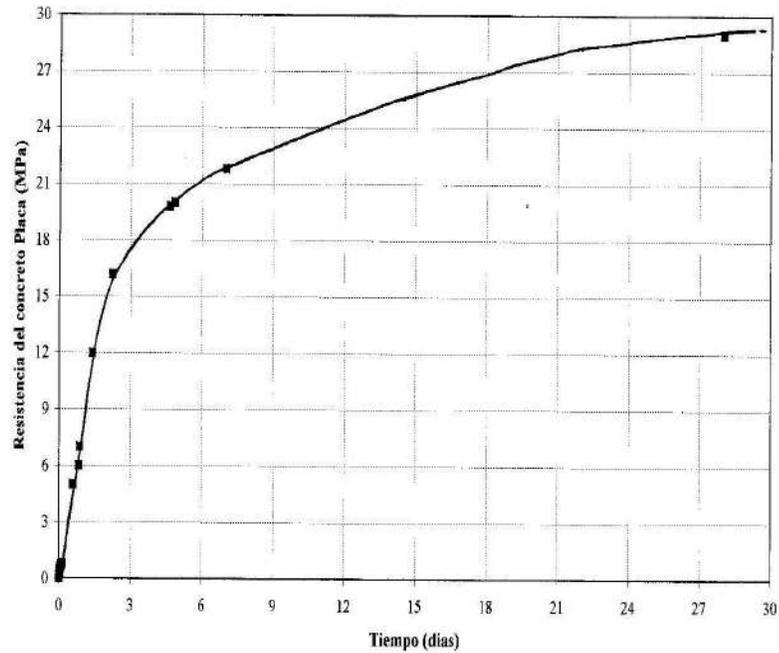


Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Madurez del concreto (días equiv.) vs. Tiempo (Horas)



Resistencia del concreto - Placa (MPa) vs. Tiempo (días)



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc



RESULTADOS

CUMPLIMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LAS PLACAS (29 Mpa-4142 psi a 28 días),
CONFORME NTC 3756

FRAGUADO DEL CONCRETO EN LOS ELEMENTOS A LAS 9,5 HORAS, CON UN DIFERENCIAL TERMICO
BAJO DE 4,5 GRADOS CELSIUS

ALTA REPETIBILIDAD DE LOS PERFILES TERMICOS DEL CONCRETO EN LAS PLACAS

BAJA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE LOS ELEMENTOS-PLACAS
MONITOREADAS

CURADO IMPLEMENTADO CON AGUA Y PLASTICOS ADECUADO
DURANTE 7 DIAS

CUMPLIMIENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LOS ELEMENTOS Y PROBETAS

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Cilindros vs. Madurez, ACI

El material de la estructura tiene un volumen distinto a los cilindros y unas condiciones de endurecimiento (curado, temperatura, exposición al ambiente) diferentes a las normalizadas. Esto hace que se hayan encontrado diferencias significativas entre la resistencia del material en los cilindros y en la estructura.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

APLICACIÓN Tecnología de Control Térmico y de Madurez del concreto Monitoreo de la resistencia (Sistema Industrializado)



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

¿Qué tener en cuenta?

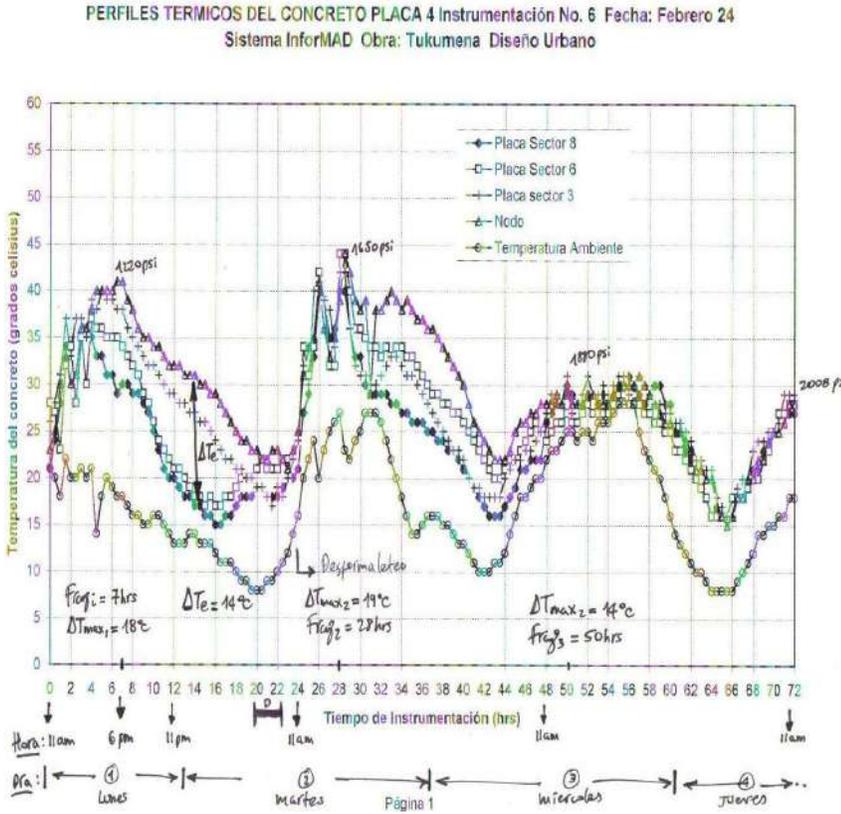
(Aspectos operativos - estructurales)

- Capacidad resistente de los elementos en cada etapa constructiva – f_c min 18-25% (desmolde)
- Resistencia de diseño y velocidad de ganancia de resistencia in situ – f_{cmin} 75% (descimbre)
- Tipo de concreto usado – R vs. t in situ
- Clima y uniformidad del concreto – in situ
- Requisitos de cimbras y formaletas en casos especiales - Evitar desmolde a destiempo
- Planeación y espaciamiento adecuado de cimbras, paralelos-cerchas

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Estadísticos de desempeño Control y monitoreo de resistencia del concreto in situ, control térmico-madurez

Gráfica temper placa 4



SERVICIOS DE SUPERVISION TECNICA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION
ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRA

Fecha: Enero a Mayo de 2003

Sistema Informatizado de control y aseguramiento de la calidad de mezcla de concreto
InforMAD

FRAGUADOS, GRADIENTES MAX. Y RESISTENCIAS DEL CONCRETO
(Método de la Madurez, del Perfil Termico mediante Instrumentación)

OBRA: TUKUMENA

CLIENTE: DISEÑO URBANO

MUROS

Tipo de concreto: Outinont 2500 psi (muros)

Resistencia de Diseño (Muro):	21 Mpa	3000 psi								
Resistencia de Diseño (Muro):	21 Mpa	3000 psi	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia				
Resistencia de Diseño (Muro):	21 Mpa	3000 psi	1 día	3 días	7 días	28 días				
1-Feb	6	muro 1	15.5	15.8	173.90	1757.0	2536.1	3433.8		
1-Feb	6	muro 2	15.5	15	167.98	1754.44	2533.3	3432.2		
10-Feb	7	muro 3	16	20	211.01	1991.0	2411.07	3360.2		
10-Feb	8	muro 4	16	16	216.07	1770.1	2436.3	3436.5		
26-Feb	9	muro 5	15	20	683.9	1090.00	2433.3	3380.6		
26-Feb	9	muro 6	16.5	20	645.5	1580.3	2443.5	3380.6		
26-Feb	9	muro 7	16.4	20	640.2	1600.3	2378.8	3375.6		
26-Feb	10	muro 8	16	19	636.07	1572.5	2376.1	3360.3		
26-Feb	10	muro 9	16	18	621.7	1558.5	2364.4	3353.4		
31-Mar	11	muro 10	11	19	681.9	1776.9	2346.7	3323.2		
31-Mar	11	muro 11	11	20	707.5	1763.2	2350.4	3442.9		
31-Mar	11	muro 12	9.5	18	733.6	1776.5	2530.2	3431.4		
31-Mar	11	muro 13	9.5	18.5	779.3	1770.4	2548.4	3442.2		
31-Mar	11	muro 14	10	17	795.4	1776.5	2544.5	3439.7		
21-Abr	14	muro 15	12	11	740.5	1766.2	2346.7	3323.2		
21-Abr	14	muro 16	13.5	12	762.3	1798.5	2550.4	3442.9		
21-Abr	14	muro 17	14	17	796.2	1805.4	2530.2	3431.4		
21-Abr	14	muro 18	13.5	10	785.2	1801.4	2549.2	3442.2		
21-Abr	14	muro 19	12.5	15	745.5	1772.3	2544.5	3439.7		
9-May	16	muro 20	13	13	792.7	1872.3	2497.9	3468.8		
9-May	16	muro 21	10.5	15	793.4	1824.3	2500.6	3465.4		
9-May	16	muro 22	14	10.5	796.9	1812.9	2580.9	3460.0		
9-May	16	muro 23	13.5	16	792	1809.7	2578.2	3498.5		
16-May	18	muro 24	13	15	802.05	1839.04	2602.7	3472.3		
16-May	18	muro 25	11	14	803.0	1828.4	2593.0	3467.3		
16-May	18	muro 26	14	12	800.3	1826.5	2592.3	3466.4		
PROMEDIO:					13.6	17.0	742.1	1748.3	2506.3	3416.7
RANGO:					10.0	18.0	181.9	275.5	267.0	156.9
DESV STANDAR:					2.7	4.8	60.3	85.6	67.1	66.9

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

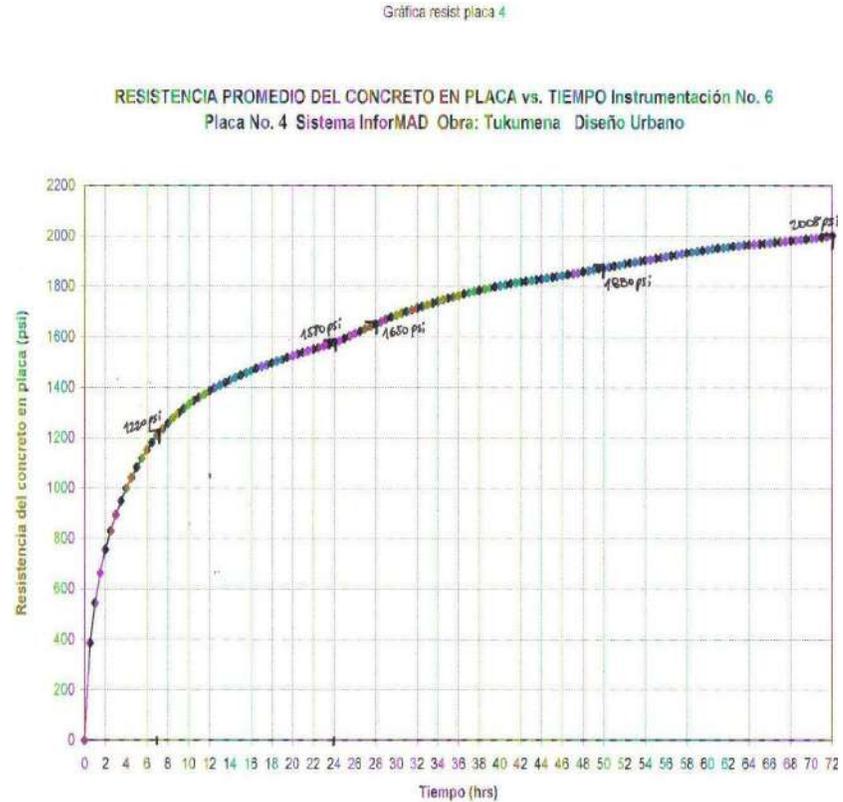


Proceso de desmolde: tiempo y secuencia, evitar daños

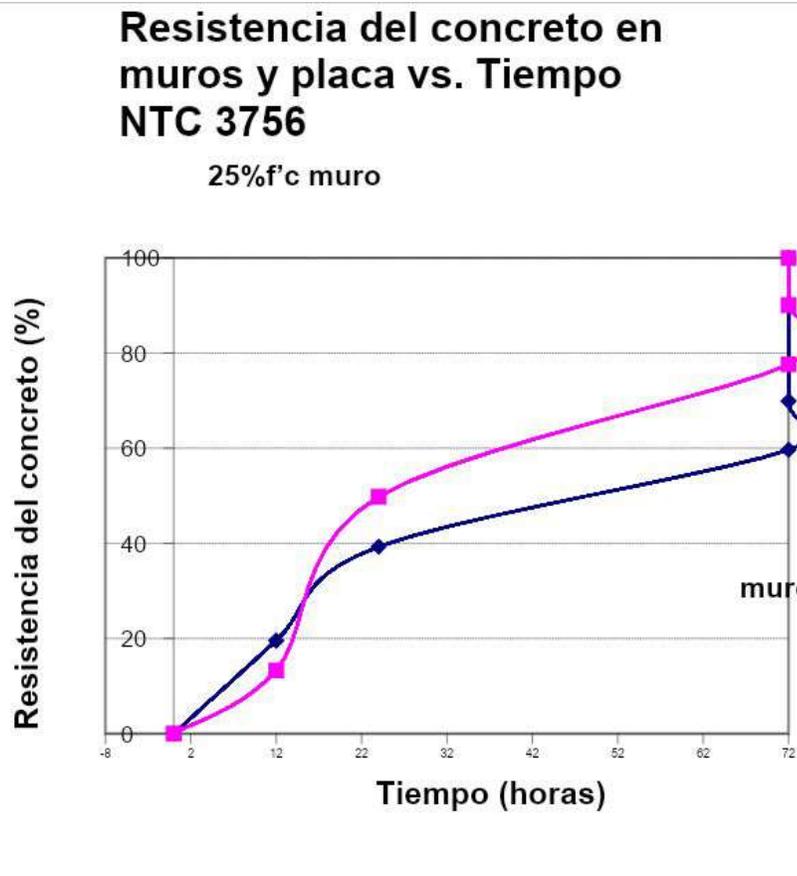


Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

RESISTENCIA DEL CONCRETO EN PLACA EVALUADA IN SITU

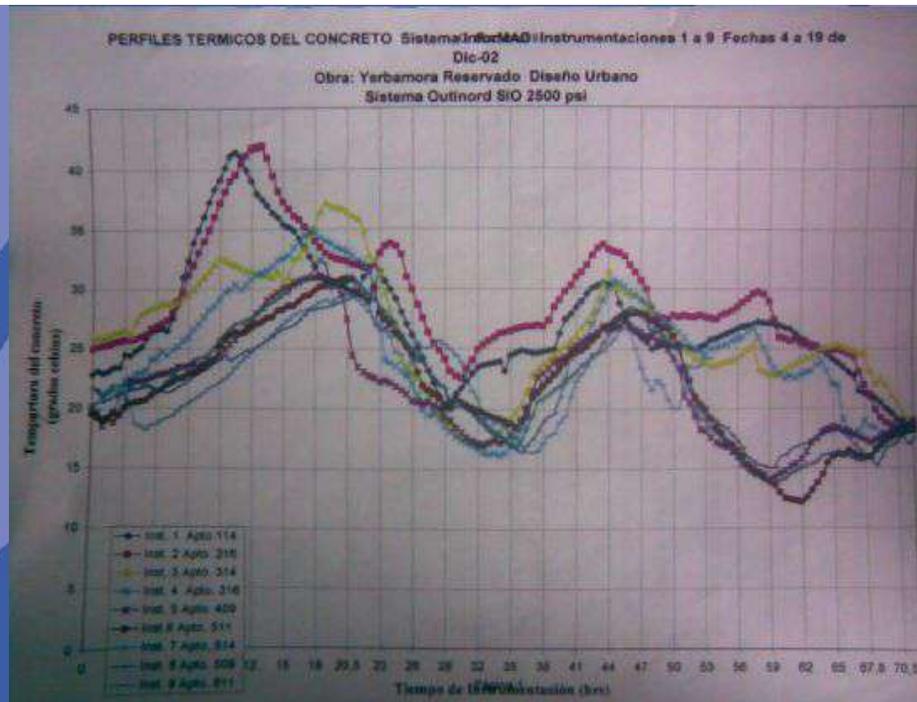


Página 1

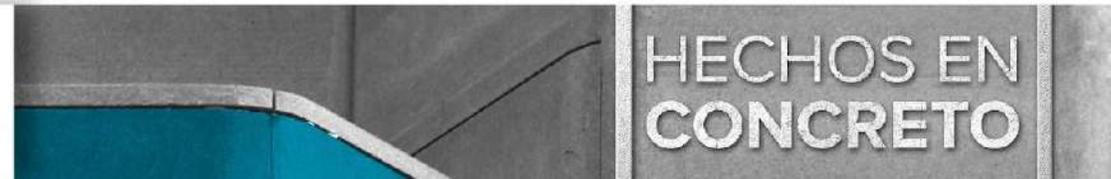


Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

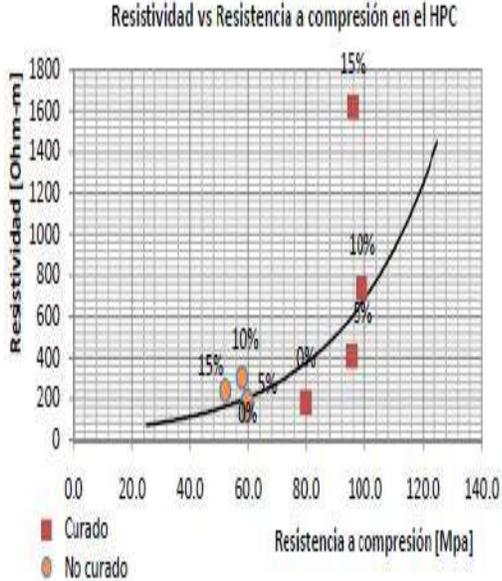
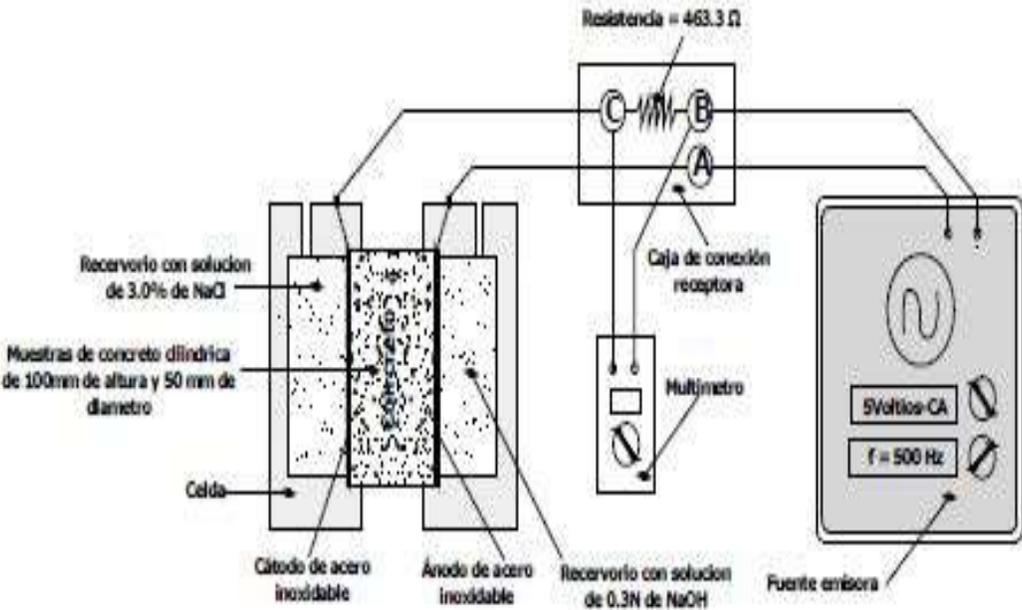
Yerbamora Reservado, tiempos de desmolde



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc



Ensayo de Resistividad eléctrica del concreto



$$Resistividad = \frac{Resistencia\ del\ concreto \times Area\ del\ muestra}{Profundidad\ de\ la\ muestra}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

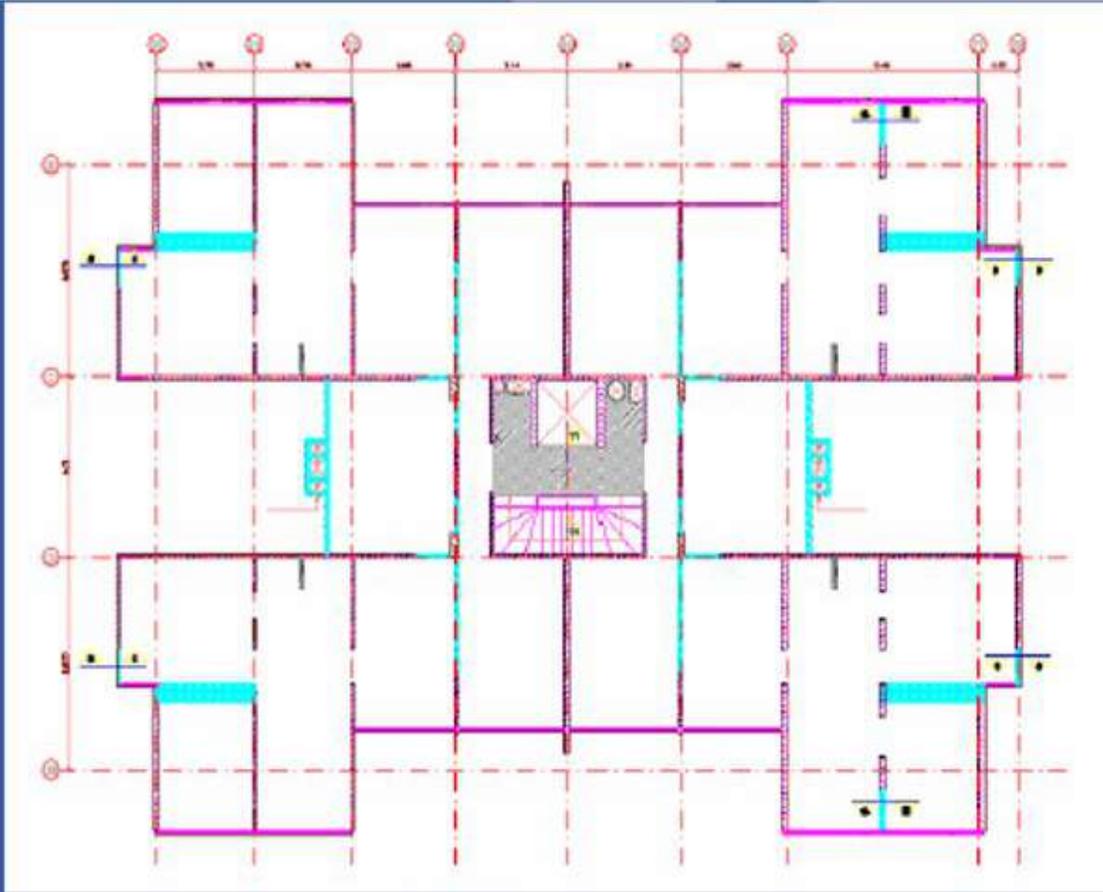
R= Resistencia eléctrica [Ω, Ohmios]

I= Intensidad eléctrica que pasa por el circuito [A, Amperios]

V= Diferencia de Potencial entre los electrodos [V, Voltios]

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ZONAS DE MÁXIMA DEFORMACIÓN PLACAS - EDIFICACIÓN



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

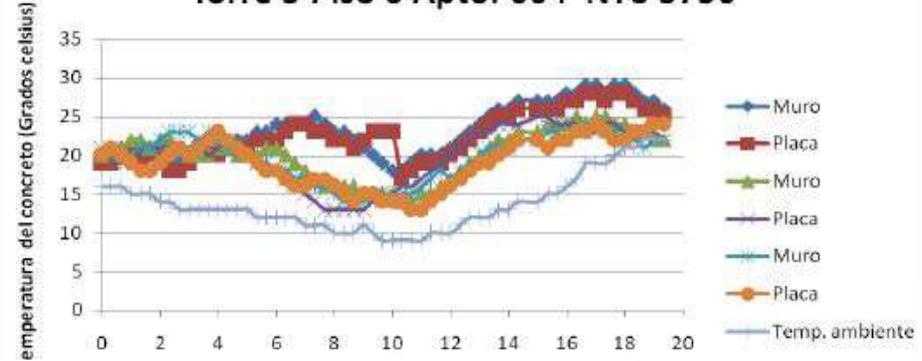
Proyecto Aristas Ambientti

Comportamiento temperatura-tiempo, Muros y placas.

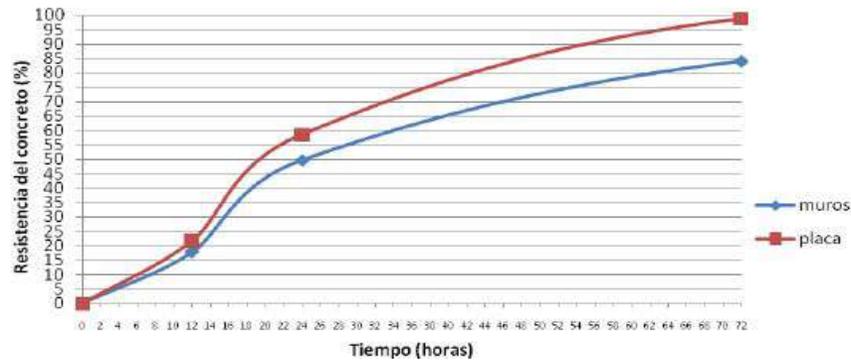
OIKOS-AMBIENTTI, CONTROL DE MUROS Y PLACAS PROYECTO OIKOS ARISTAS. Control térmico y de madurez del concreto para determinación de tiempos de desarrollo, evaluación de fraguados, gradientes térmicos y resistencias, incidencia de la temperatura ambiente sobre la resistencia del concreto in situ. (control en más de 60 aptos, proyecto de más de 11.000 metros cuadrados construidos).



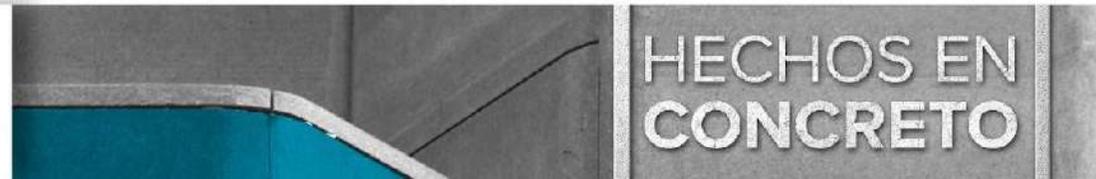
Temperatura del concreto vs. Tiempo.
Instrumentacion No. 11. Dic 10 Oikos Aristas
Torre 3 Piso 6 Apto. 604 NTC 3756



Resistencia del concreto vs. Tiempo
Instrumentacion 14 Enero 14 Oikos Aristas
Piso 10 Apto. 1003 Torre 3 NTC 3756



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc



Errores por tradicionalismo

- Suponer ganancia de resistencia in situ del concreto según porcentajes de resistencia en cilindros 12h, 1d, 3d variabilidad – Es necesario el monitoreo (ISO 22966).
- Usar un desmolde inadecuado según criterio operativo tradicional (12h) – HAY QUE MEDIR Resist. Temprana.
- Desmolde empírico o descontrol en obra.
- Error desmolde sin importar clima, formaleta, ni tipo de concreto (Contratistas sin compromiso por calidad).
- Aplicar control necesario in situ – Desempeño.
- Mejoramiento del curado.
- Sistemas externos - Calor ap.
- Mayor resistencia temprana.

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Factores en el tiempo de descimbre (concreto)

Velocidad de vaciado

Espesor de elementos (muros)

Compactación

Temperatura

Humedad

Curado adecuado

Protección



Resistencia



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

BENEFICIOS

- CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO IN SITU CONFORME NTC 3756
- DETERMINACION DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO
- PREVENCION DE FISURACION POR CAUSA TERMICA
- DETERMINACION DE ACCIONES ADECUADAS EN CUANTO A PROTECCION Y CURADO
- ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO
- ANALISIS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL CONCRETO COLOCADO

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

BENEFICIOS

INFORMACION DIGITALIZADA DE LA CALIDAD DEL CONCRETO
DEL MISMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS DE BAJA RESISTENCIA EN OBRA

FACTIBILIDAD DE SIMULACION Y MODELAMIENTO DEL
COMPORTAMIENTO TERMICO, DE MADUREZ Y RESISTENCIA

MEJORAMIENTO DE GESTION DE CALIDAD EN EL PROYECTO DE
CONSTRUCCION

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

MONITOREO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN OBRA (TCTM) POR METODO DE MADUREZ Y CALORIMETRIA DE LABORATORIO.

OBRA → Aplicación de la NTC 3756 – ASTM C1074



Método de la madurez para estimar resistencia del concreto (OBRA) Temperatura, Madurez, Resistencia

Calorimetría (LAB) → Se halla Calor Hid. Q_h



Para Investigar, diseñar, comparar en Laboratorio cementos, aditivos, mezclas, Temp, Calor Hidratación

Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

CALORIMETRIA DEL CONCRETO ASTM C1679-1702 ASTM C1753 (Semi-adiabatica)

1. Calor de hidratación Q diferente para cada tipo y nivel de resistencia del material cementicio.
2. Depende del diseño de mezcla-componentes (C_{cem} , a/c).
3. Reacción de hidratación genera calor Q_h .
4. Velocidad de generación de calor- afecta fraguado, en obra incide clima, dimensiones, condición de borde.
5. Contenido y tipo de cementantes-Contenido de pasta - Ensayos Repetitivos en LAB – Cámaras especiales
6. Es posible correlacionar Q_h , DT , PT con la resistencia del concreto R (probetas y en obra NDT), valido Método de madurez (correlación Área $T-t$ vs R).

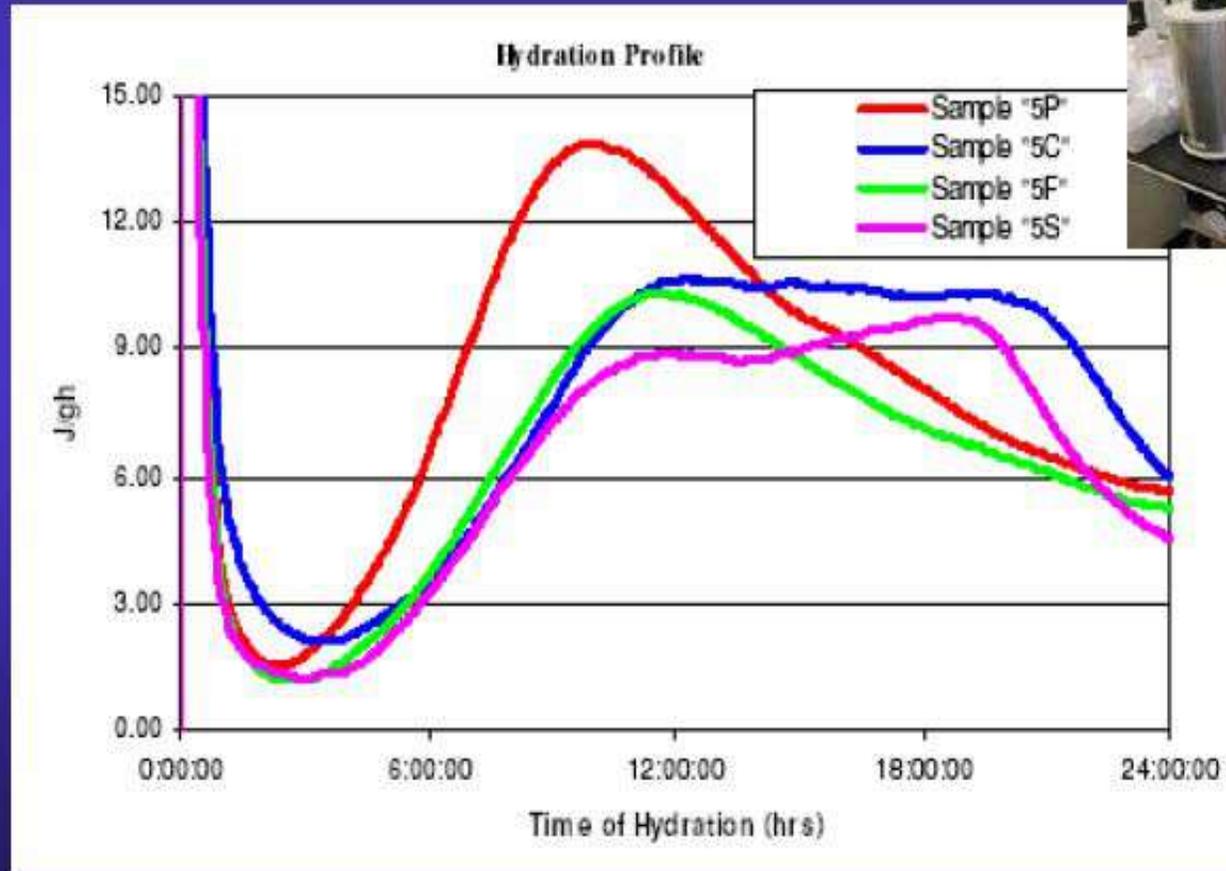
Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Cámaras adiabáticas en laboratorio



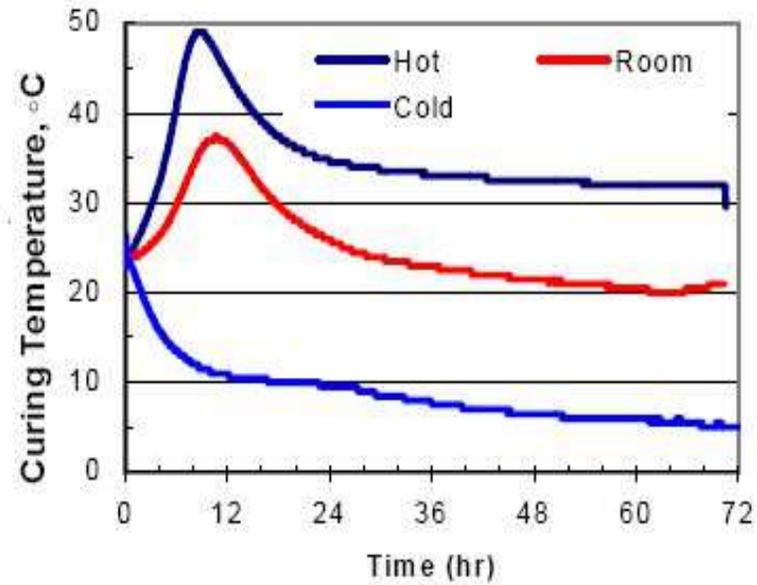
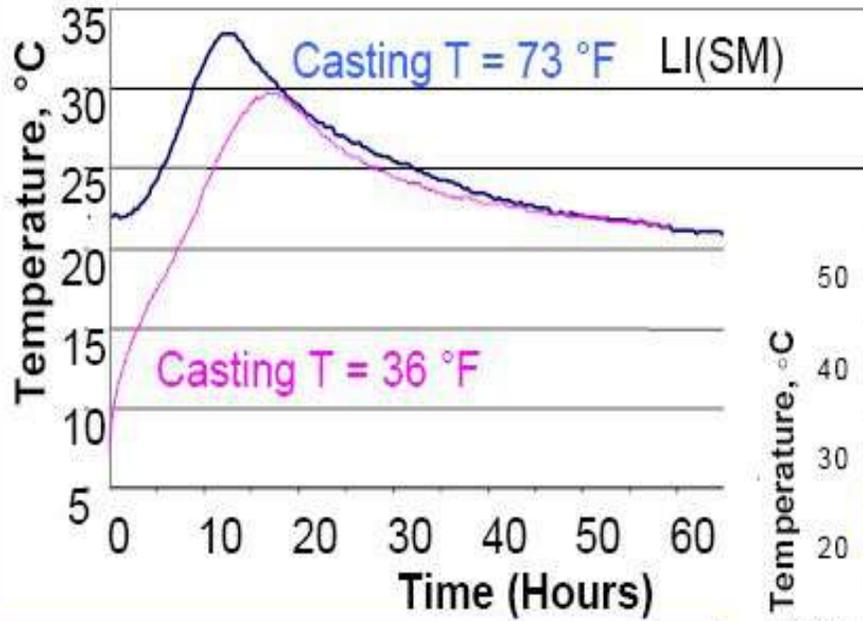
Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Isothermal calorimeter test (Peter Taylor, CTL)



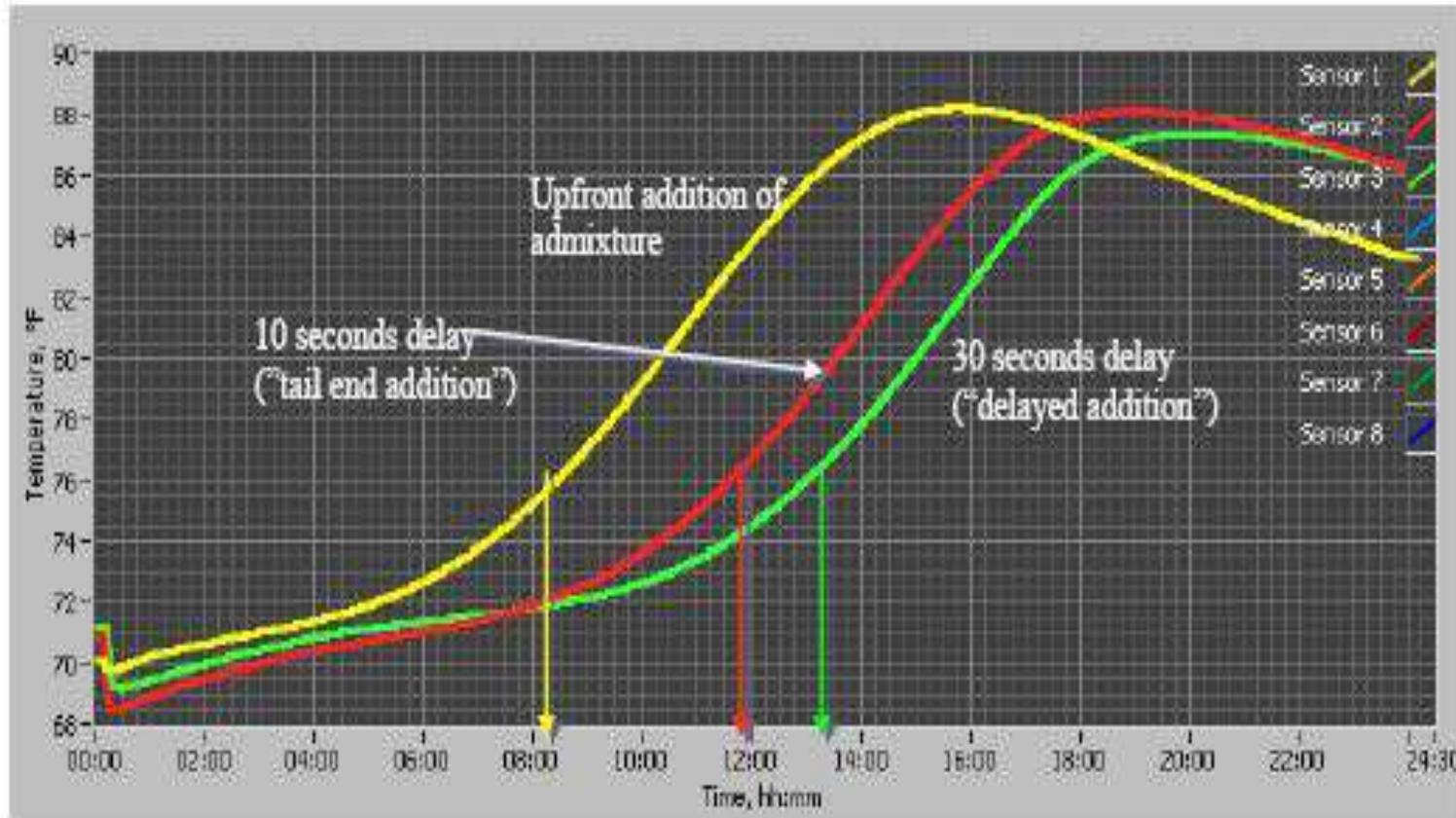
Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Dewar test (G. Zhi and K. Wang, ISU)



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

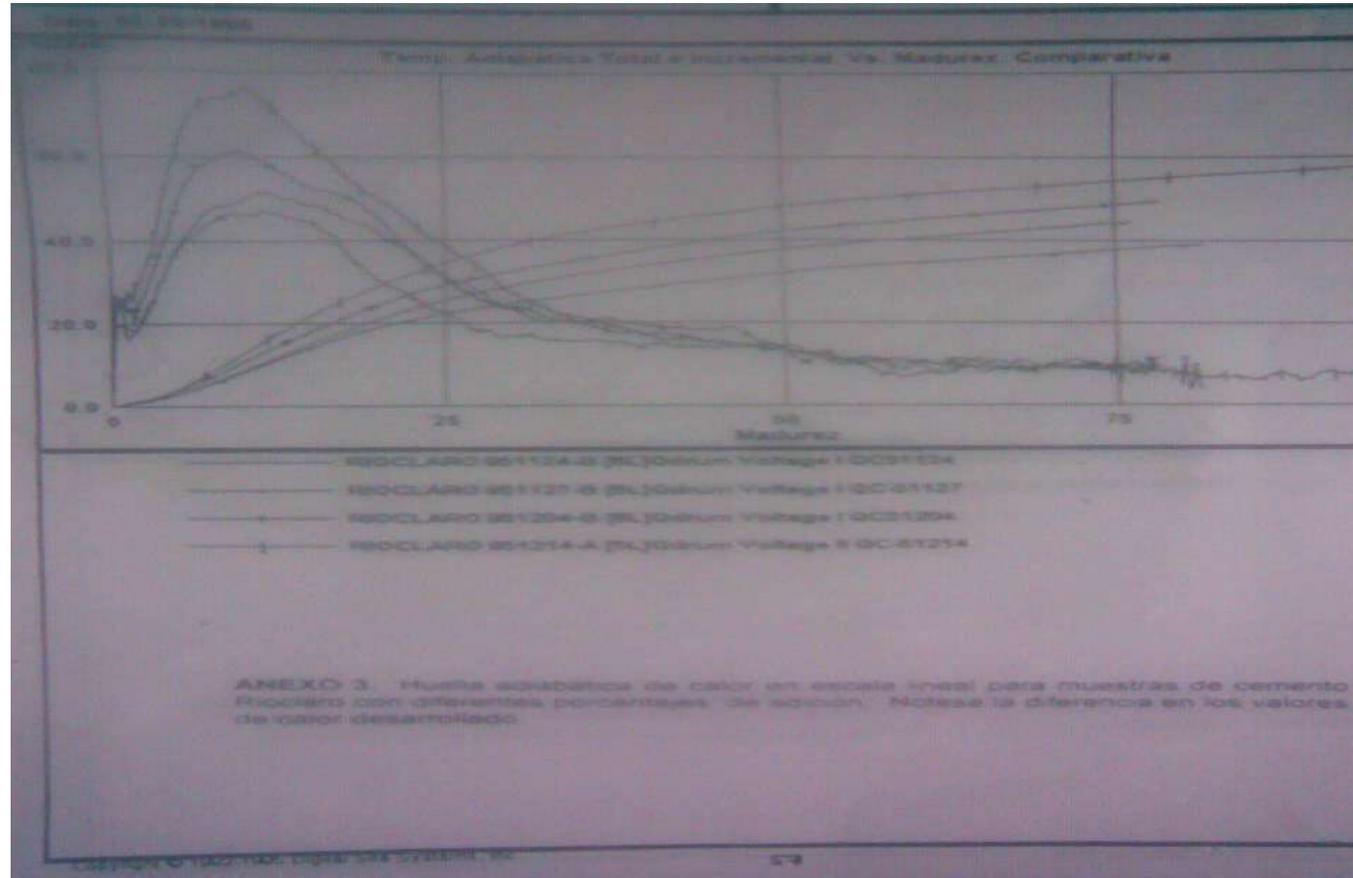
Optimización del tiempo de fraguado inicial usando aditivos



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

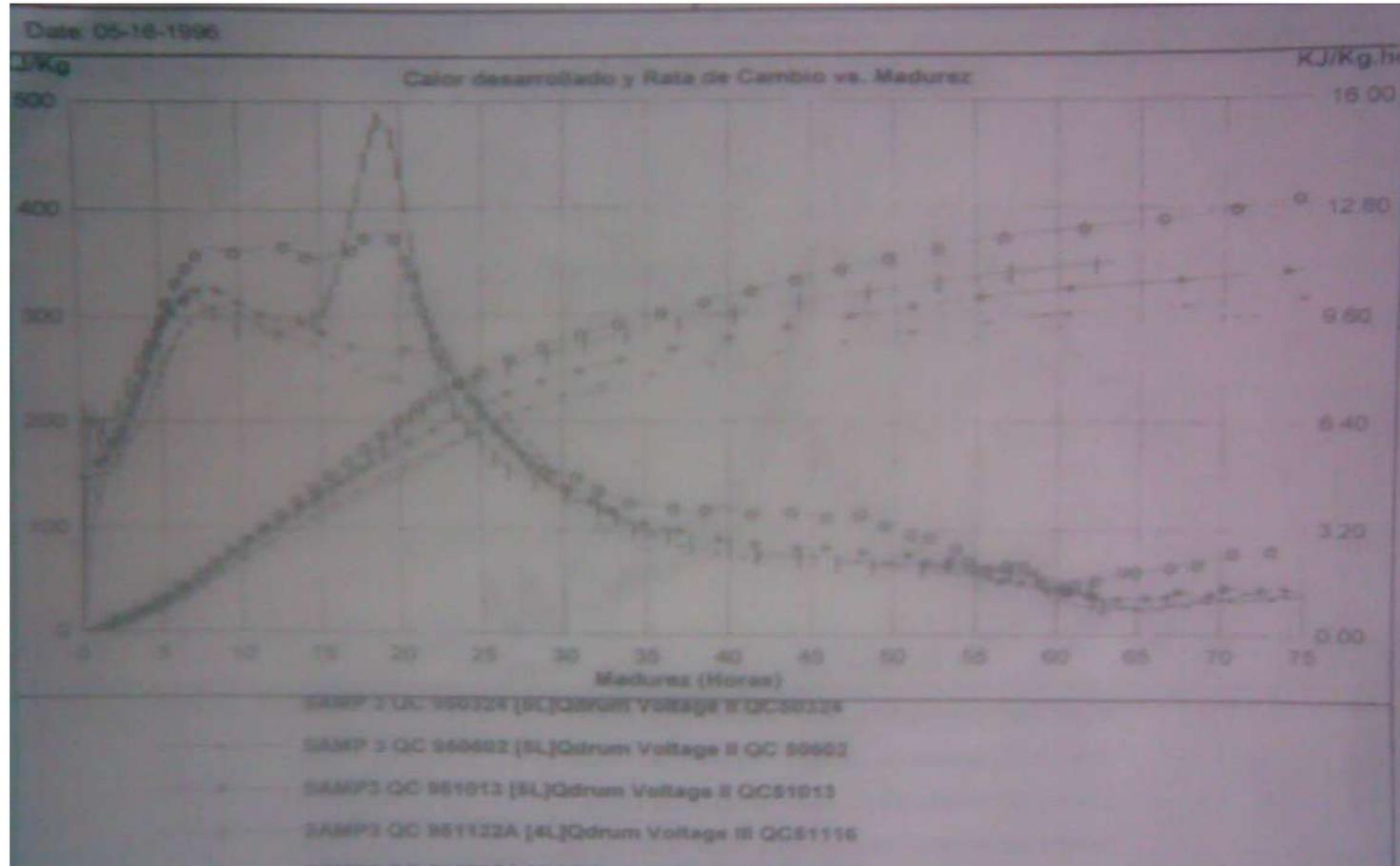
ALGUNAS APLICACIONES EN COLOMBIA (calorimetría lab.)

Diferentes muestras de cemento



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

Evaluación de variabilidad cemento calor de hidratación



Rodrigo Quimbay Herrera, MSc

ESPECIAL

Innovación tecnológica y
sostenibilidad en el concreto

**HECHOS EN
CONCRETO**

PREGUNTAS

ALION
Molins[®] corona

ESPECIAL

Innovación tecnológica y
sostenibilidad en el concreto

**HECHOS EN
CONCRETO**

**¡MUCHAS
GRACIAS!**

ALION
Molins[®] corona