

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO  
HIDRAULICO CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON  
LIGNINA**

**TESISTA: MIGUEL ANGEL CERVANTES FERNÁNDEZ.**

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR: M.S.C. ERASMO ALEJANDRO FERNÁNDEZ SIXTO.**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Félix y Antonia, por su amor y sus sacrificios, quienes me enseñaron el valor de la perseverancia, siempre brindándome su apoyo incondicional por que sin duda son parte esencial de este logro.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## **AGRADECIMIENTO**

Dios, a ti que te debo todo gracias por tantas y tantas oportunidades y con su inmensa misericordia me permitió llegar hasta aquí.

A mis padres, Félix Cervantes García y Antonia Fernández Sixto quienes son mi ejemplo, y fueron los pilares fundamentales de mi vida, gracias porque me brindaron su apoyo durante toda mi formación como persona, como estudiante y como profesional.

A mis hermanos, Felix, Yedy y Abel quienes a pesar que en ocasiones tuvimos momentos malos supieron alentarme para seguir adelante y mi mayor confianza es saber que podre confiar en ellos en todo momento. En especial a mi hermano Felix, gracias por todo tu apoyo incondicional, muchas gracias por todo el esfuerzo económico y emocional que pusiste siempre en mí.

A mi amada Katherin, quien es mi complemento y mi cómplice, siempre de mi lado y de mi mano.

A mi Asesor de Tesis Ing. Erasmo Fernández Sixto, por orientarme siempre hacia adelante con sus ideas y sugerencias contribuyendo a lo largo de todo este proceso para culminar una de mi metas.

A todos mis amigos y compañeros que han formado parte de mi vida universitaria por su amistad, consejos y apoyo anímico.

A los catedráticos por su trabajo, conocimientos, esfuerzo y paciencia durante estos años, que me ayudaron en mi formación profesional.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



A la gloriosa Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la UNHEVAL,  
que me abrió sus puertas para formarme como profesional.

A mi alma mater la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, por permitirme lograr  
alcanzar un escalón más y porque me hace sentir muy orgulloso de que haya sido mi  
casa durante esta etapa universitaria.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## Resumen

En esta investigación, se estudia y analiza la influencia del curado de elementos de concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina, con la finalidad de contribuir en su mayor conocimiento. Los datos generados fueron analizados mediante la teoría de las muestras pequeñas con la distribución “t” Student donde es analizada estadísticamente para la prueba de hipótesis.

En los elementos de concreto hidráulico se utilizó tres distintos métodos de curados: curado por aspersión, curado sumergido en agua y curado con fibras de celulosa unidas con lignina; con el fin de analizar el efecto de estas variables y obtener un rango de influencia sobre la resistencia a la compresión del elemento de concreto hidráulico.

La investigación fue realizada para un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Para el ensayo a la compresión del concreto en estado endurecido se elaboró 90 probetas: 30 probetas curadas por aspersión, 30 probetas curadas sumergidas en agua y 30 probetas curadas con fibras de celulosa unidas con lignina. Los ensayos a la compresión se hicieron a los 7, 14 y 28 días de maduración para los tres métodos de curados.

Finalmente, los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión permite concluir que si influye directamente el método de curado que se aplique a los elementos de concreto hidráulico. El método de curado con fibras de celulosas unidas con lignina respecto a la resistencia a la compresión del concreto tiene mayor influencia que el método de curado por aspersión, pero menos influyente que el curado por el método sumergido en agua.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## Summary

In this research, the influence of the curing of hydraulic concrete elements with cellulose fibers bonded with lignin is studied and analyzed, with the purpose of contributing in his greater knowledge, the data generated were analyzed by the theory of small samples with the distribution “t” Student where it is statistically analyzed for the hypothesis test.

In the hydraulic concrete elements, three different curing methods were used: spray-cured, cured submerged in water and cured with cellulose fibers bonded with lignin; in order to analyze the effect of these variables and obtain a range of influence on the compressive strength of the hydraulic concrete element.

The research was conducted for a concrete of compressive strength of 210 kg / cm<sup>2</sup>. For the compression test of the concrete in hardened state, 90 specimens were prepared: 30 specimens cured by sprinkling, 30 cured specimens submerged in water and 30 specimens cured with cellulose fibers joined with lignin.

The compression tests were made at 7, 14 and 28 days of maturation for the three methods of curing.

Finally, the results obtained from the compressive strength allow concluding that if the curing method that is applied to the hydraulic concrete elements directly influences. The method of curing cellulose fibers bound with lignin with respect to the compressive strength of concrete has a greater influence than the method of spray curing, but less influential than that cured by the method immersed in water.



## Índice General

Resumen .....	I
Summary .....	II
Índice General .....	III
Índice de Tablas.....	VII
Índice de Figuras .....	IX
Índice de Fotografías .....	X
Introducción.....	XI
Capítulo I. Marco Teórico .....	1
1.1.    Antecedentes. ....	2
1.2.    Formulación del Problema. ....	4
1.2.1.    Formulación del problema principal. ....	5
1.2.2.    Formulación de problemas específicos. ....	5
1.3.    Justificación e Importancia.....	6
1.4.    Limitaciones. ....	6
1.5.    Objetivos. ....	7
1.5.1.    Objetivo Principal.....	7
1.5.2.    Objetivos Específicos.....	7
1.6.    Hipótesis.....	7
1.6.1.    Hipótesis Alterna.....	7
1.6.2.    Hipótesis Nula. ....	7



1.7. Variables.....	8
1.7.1. Variable Independiente.....	8
1.7.2. Variable Dependiente.....	8
1.7.3. Variable Intervinientes.....	8
1.8. Indicadores.....	8
1.9. Operacionalizacion de Variables.....	8
1.9. Tamaño de Muestra.....	9
1.10. Revisión de Estudio Realizados.....	10
1.11. Definición de Términos Básicos.....	13
1.11.1. Concreto.....	13
1.11.2. Resistencia.....	13
1.11.3. Resistencia a la Compresión.....	14
1.11.4. Curado.....	14
1.11.5. Agua.....	15
1.11.6. Agregado.....	16
1.11.7. Fibras de Celulosa Unidas con Lignina (Aserrín).....	16
Capítulo 2. Marco Metodológico.....	18
2.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	19
2.1.1. Tipo de Investigación.....	19





2.1.2. Nivel de Investigación.....	19
2.1.3. Diseño de lo Experimental. ....	20
2.2. Técnicas de Recolección de Datos. ....	20
2.2.1. La Observación.....	20
2.3. Variables Experimentales.....	21
2.4. Metodología del Trabajo de Investigación. ....	21
2.5. Diseño para la Elaboración de Probetas. ....	22
2.5.1. Características de los Materiales. ....	22
2.5.2. Procedimiento de Diseño.....	27
2.6. Elaboración y Curado de Probetas de Concreto. ....	33
2.6.1. Elaboración de Probetas de Concreto.....	33
2.6.2. Curado de Probetas de Concreto. ....	38
2.7. Refrendado de Probetas de Concreto (Capping). ....	41
2.8. Ensayo de Concreto.....	41
2.8.1. Ensayo de Concreto en Estado Fresco. ....	41
2.8.2. Ensayo de Concreto en Estado Endurecido.....	42
2.9. Resultados de Ensayos de Probetas de concreto en estado Endurecido. ....	43
2.10. Análisis Resultados. ....	47
2.10.3. Diseño Experimental de la Investigación.....	53



Capítulo III. Discusión de Resultados.....	61
3.1. Interpretación de Resultados.....	62
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	75
Líneas Futuras de Investigación.....	76
Bibliografía.....	77
Anexos.....	82



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## Índice de Tablas

<b>TABLA 1.</b> OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	8
<b>TABLA 2.</b> TAMAÑO DE MUESTRA .....	10
<b>TABLA 3.</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS MADEREROS CORRIENTES .....	17
<b>TABLA 4.</b> FUENTES TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	20
<b>TABLA 5.</b> PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO.....	22
<b>TABLA 6.</b> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.....	22
<b>TABLA 7.</b> PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO. ....	24
<b>TABLA 8.</b> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO .....	24
<b>TABLA 9.</b> PROPIEDADES DEL CEMENTO Y AGUA .....	26
<b>TABLA 10.</b> PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PIEDRA Y ARENA.....	27
<b>TABLA 11.</b> DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO $F'c$ .....	28
<b>TABLA 12.</b> VOLUMEN DE AGUA POR M <sup>3</sup> .....	28
<b>TABLA 13.</b> RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA .....	29
<b>TABLA 14.</b> VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO .....	29
<b>TABLA 15.</b> VOLUMEN AIRE ATRAPADO.....	30
<b>TABLA 16.</b> VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS MATERIALES.....	30
<b>TABLA 17.</b> CANTIDAD DE MATERIALES POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO.....	31
<b>TABLA 18.</b> DOSIFICACIÓN EN PESO CORREGIDO POR HUMEDAD POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO .....	32
<b>TABLA 19.</b> RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	44
<b>TABLA 20.</b> RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS .....	45
<b>TABLA 21.</b> RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS .....	46
<b>TABLA 22.</b> RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	48
<b>TABLA 23.</b> ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS .....	49
<b>TABLA 24.</b> ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS .....	50



<b>TABLA 25.</b> ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 DIAS .....	51
<b>TABLA 26.</b> MEDIA MUESTRAL DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION .....	54
<b>TABLA 27.</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DEL CURADO CON FIBRAS DE CELULOSAS UNIDAS CON LIGNINA .....	55
<b>TABLA 28.</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DEL CURADO CON ASPERSION .....	56
<b>TABLA 29.</b> PRUEBA DE LEVENE SOBRE IGUALA DE VARIANZA.....	56
<b>TABLA 30.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 7 DIAS .....	63
<b>TABLA 31.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 14 DIAS .....	64
<b>TABLA 32.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS .....	66
<b>TABLA 33.</b> RESULTADOS PROMEDIOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION .....	67
<b>TABLA 34.</b> RESULTADOS GRAL DE LOS CURADOS CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA Y CON ASPERSION ...	70



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



## Índice de Figuras

<b>FIGURA 1.</b> CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO. ....	23
<b>FIGURA 2.</b> CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO.....	25
<b>FIGURA 3.</b> DATOS MUESTRALES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION .....	47
<b>FIGURA 4.</b> ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 DIAS .....	49
<b>FIGURA 5.</b> ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 14 DIAS.....	50
<b>FIGURA 6.</b> ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 DIAS.....	51
<b>FIGURA 7.</b> DIFERENCIA DE LAS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ENTRE CURADO SUMERGIDO EN AGUA Y CURADO POR ASPERSION .....	52
<b>FIGURA 8.</b> DIFERENCIA DE LAS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ENTRE CURADO SUMERGIDO EN AGUA Y CURADO CON ASERRIN .....	52
<b>FIGURA 9.</b> DIFERENCIA DE LAS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ENTRE CURADO CON ASERRIN Y CURADO POR ASPERSION.....	53
<b>FIGURA 10.</b> DISTRIBUCION "T" DE STUDENT .....	58
<b>FIGURA 11.</b> VALORES DE ACEPTACION DE HIPOTESIS .....	59
<b>FIGURA 12.</b> DISTRIBUCION "T" STUDENT DE LA HIPOTESIS.....	60
<b>FIGURA 13.</b> RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO A LOS 7, 14 Y 28 DIAS.....	62
<b>FIGURA 14.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 7 DIAS.....	63
<b>FIGURA 15.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 14 DIAS.....	65
<b>FIGURA 16.</b> RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS.....	66
<b>FIGURA 17.</b> RESULTADOS PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION .....	68
<b>FIGURA 18.</b> VALIDACION "T" DE STUDENT.....	71



## Índice de Fotografías

<b>FOTOGRAFIA 1.</b> ENSAYO DE GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO. ....	23
<b>FOTOGRAFIA 2.</b> ENSAYO DE GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO. ....	25
<b>FOTOGRAFIA 3.</b> CEMENTO ANDINO. ....	26
<b>FOTOGRAFIA 4.</b> ENSAYOS MULTIPLES DE LOS AGREGADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS. ....	32
<b>FOTOGRAFIA 5.</b> MATERIALES EMPLEADOS PARA ELABORAR LAS PROBETAS. ....	33
<b>FOTOGRAFIA 6.</b> MOLDES DE PROBETAS DE PLASTICO DE 6" ....	34
<b>FOTOGRAFIA 7.</b> ENSAYOS DE ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS. ....	35
<b>FOTOGRAFIA 8.</b> MEZCLADORA MECANICA. ....	35
<b>FOTOGRAFIA 9.</b> ELABORACION DE PROBETAS. ....	36
<b>FOTOGRAFIA 10.</b> ACABADO FINAL DE LA ELABORACION DE PROBETAS. ....	36
<b>FOTOGRAFIA 11.</b> MOLDES FINALES INCLUIDOS INTERNAMENTE LAS PROBETAS. ....	37
<b>FOTOGRAFIA 12.</b> DESMOLDADO DE LAS PROBETAS. ....	37
<b>FOTOGRAFIA 13.</b> CURADO POR ASPERSION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRAULICO. ....	38
<b>FOTOGRAFIA 14.</b> CURADO SUMERGIDO EN AGUA DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRAULICO. ....	39
<b>FOTOGRAFIA 15.</b> CURADO CON FIBRAS DE CELULOSAS UNIDAS CON LIGNINA DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRAULICO. ....	40
<b>FOTOGRAFIA 16.</b> CAPPING DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRAULICO. ....	41
<b>FOTOGRAFIA 17.</b> ENSAYO DE PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO. ....	42
<b>FOTOGRAFIA 18.</b> ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EN ENSAYO ENDURECIDO. ....	43



## Introducción

Las obras por lo general no cuentan con un control riguroso de curado, la aplicación de métodos de curados no se realiza apropiadamente, los cuales no favorecen las obtenciones de resistencia en el concreto a 28 días. Este proceso es fundamental y de tanta importancia como la dosificación o la fabricación de la misma y se deberían destinar recursos para tan importante proceso.

En este sentido esta investigación pretende efectuar una contribución práctica a todas las personas vinculadas en el amplio mundo de la construcción e ingeniería, dando a conocer materiales económicos, de fácil manipulación y de buen comportamiento térmico, tal es el caso de las fibras de celulosa unidas con lignina.

Por ello se propone tres métodos de curado de concreto hidráulico, tales como el curado por aspersión, curado sumergido en agua y curado con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), donde se analizaran su resistencia a la compresión en tres edades distintas 7, 14 y 28 días respectivamente.

Este trabajo está enfocado a evaluar la influencia del método de curado con fibras de celulosas unidas con lignina en los concretos hidráulicos en comparación con los otros dos métodos de curado en los 7, 14 y 28 días de elaborado, respecto a la resistencia a la compresión.

Comprobando la eficacia del uso de las fibras de celulosa unidas con lignina en el curado del concreto hidráulico, siendo este fácil de adquirir y a su vez dándole un valor adicional a un material desechable y de esta forma aportando a la conservación ambiental.



## Capítulo I. Marco Teórico



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel





### 1.1. Antecedentes.

El curado del concreto es algo de lo que todos hablan, pero pocos sabemos exactamente sobre sus mecanismos. El concreto es una mezcla del agua, cemento, agregados y eventualmente aditivos; Cuando la mezcla se completa, una serie de reacciones químicas comienzan a desarrollarse y se produce la hidratación del cemento, creando un material estructural firme y resistente. Durante el tiempo que se demora en completarse la hidratación es necesario mantener la mezcla bajo condiciones ambientales específicas. Este proceso es conocido como curado del concreto. Durante el curado se debe proteger el contenido de agua dentro de la mezcla, tanto de temperaturas frías como de la evaporación excesiva.

**RNE E.060 (2016)**, explica, que el agua que utilizemos para el proceso de curado deberá ser preferentemente potable, también precisa que el concreto deberá ser curado de manera que la temperatura no deberá estar por debajo de los 10° y por lo menos por 7 días, o 3 días en caso de concretos de alta resistencia, además menciona que se podrán usar distintos métodos de curado, mas no se aclara el grado de incidencia de este proceso en la resistencia final a la compresión del concreto.

**Hernández, N. (2010)**, señala que de los resultados obtenidos se determinó que es fundamental la realización del curado, ya que la omisión de su aplicación influye negativamente en la resistencia del concreto.

En la publicación de su trabajo de investigación **Garin, L., Santilli, A., y Pejoja, E. (2012)**, concluye que el análisis de los resultados experimentales permite comprobar que el curado tiene un efecto significativo en la resistencia a compresión



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



del hormigón. Sin importar la relación agua/cemento, con un curado al 100% de humedad se consiguen aumentos en la resistencia a rotura del hormigón, frente a un curado al 50% de humedad.

En su investigación **Amaro, I. (2002)**, afirma que en relación con el curado en agua bajo condiciones estándar, que ha sido tomado como patrón de referencia, se ha encontrado que el método de curado en obra más recomendable es el empleo de yute humedecido en todos aquellos casos en que resulta imposible mantener bajo condiciones de curado en agua a los elementos estructurales. En este caso la disminución de resistencia es de solo 2.8% a los 28 días.

En Colombia **Niño, P. (2014)**, asegura que básicamente para cada mezcla, es necesaria la aplicación de un curado adecuado en cuanto a parámetros como los tiempos de duración de cada fase, la temperaturas y humedad apropiadas, en relación con los grados de hidratación de los componentes ya que de esto dependerá en gran medida la obtención de las resistencias a compresión elevadas a edades tempranas, y sin que estas se vean afectadas a 28 días.

El curado consiste en propiciar y mantener un ambiente de apropiada temperatura y contenido de humedad en el concreto, de modo que este desarrolle el potencial de las propiedades que se esperan de él, tales como: alcanzar su máxima resistencia y durabilidad, impermeabilidad y disminuir el riesgo de fisuración.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



En este sentido esta investigación pretende efectuar una contribución práctica a la ingeniería civil, dando a conocer materiales económicos, de fácil manipulación y de buen comportamiento térmico, como es las fibras de celulosa unidas con lignina.

En Chile **Guichapai, F. (2008)**, Establece que el tratamiento de curado más eficiente de los usados en este estudio, es el de la capa con arena húmeda, seguida por el curado con lamina de polietileno y por último, el menos eficiente y acercándose bastante al concreto patrón sin curar, es el curado con capa de fibras de celulosa unidas con lignina.

En una investigación reciente **Medina, L., y Quispe, N. (2017)**, concluye que después de evaluados los resultados obtenemos que el polietileno con fibras de celulosa unidas con lignina tiene mejor comportamiento térmico frente a los ciclos de congelamiento y deshielo, con lo cual el concreto es menos afectado por dichos ciclos y obtiene una mejor resistencia comparado con los demás tipos de protección.

## **1.2. Formulación del Problema.**

En la problemática de la contaminación encontramos un gran número de industrias generosas de residuos no peligrosos que ocupan grandes volúmenes sin brindar ningún beneficio. Dentro de estas industrias se encuentran las madereras; el residuo que generan es el desperdicio de madera o aserrín.

La calidad del concreto como producto final, además de tomar en cuenta ciertas consideraciones de diseño, calidad del material a usar, etc. Dependerá también de un buen curado el cual promueve la hidratación del cemento y el desarrollo de la



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



resistencia del concreto, dichos procedimientos de curado incluyen el control de temperatura y los movimientos de la humedad desde y hacia el concreto, en consecuencia son un aspecto importante a considerar para garantizar la calidad del concreto a diseñar.

Uno de los métodos de curado es el curado con aserrín el cual prácticamente no se utiliza, ya sea por falta de un control riguroso, ambiente impropio, exigencia debido al plazo de entrega de obra, tiempo de curado, etc. En consecuencia las condiciones de curado con aserrín afectaran no solo la resistencia a la tensión y a la compresión, sino también la durabilidad y obtendremos resultados diferentes respecto a métodos de curados comunes (curados por inmersión y por aspersión) para cada caso; por ello es necesario determinar una correlación entre estos valores para saber, que valor de  $f_c'$  se tiene realmente con el curado con aserrín en comparación con lo obtenido con curados por aspersión.

### **1.2.1. Formulación del problema principal.**

- ¿Cuánto influye el curado en elementos de concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina?

### **1.2.2. Formulación de problemas específicos.**

- ¿Cuáles son las características de las fibras de celulosa unidas con lignina?
- ¿Cómo es el curado del concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del diseño de concreto hidráulico curado con fibras de celulosa unidas con lignina?



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



### 1.3. Justificación e Importancia.

La investigación pretende dar alcances necesarios para determinar la diferencia que existe entre concretos curado con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín) y concretos curado por aspersion y sumergidos en agua; hoy en día en las obras civiles el curado con fibras de celulosa unidas con lignina llamado comúnmente aserrín son escasamente utilizables. Siendo el aserrín un material de gran abundancia en nuestra región y muy fácil de conseguir, los cuales difícilmente son reutilizables en nuestra ciudad, esto hace que esta investigación tenga gran relevancia social, y pretenda por lo menos conocer los factores principales del concreto en su fase inicial y final al ser curado con fibras de celulosa unidas con lignina, por lo que la investigación es justificable.

Además la importancia de esta investigación es la reutilización de un material de gran abundancia en nuestra región como es el aserrín.

### 1.4. Limitaciones.

- Las fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), solo se usaron de la ciudad de Huánuco.
- Nuestra investigación se limita en concretos  $f'c=210$ , ya que no se realizó para otro tipo de resistencia.
- La investigación se realizó con cemento portland Andino tipo I.
- Para la fabricación del concreto solo se utilizó el trompito mezclador.
- Los ensayos al concreto se limitó a pruebas de resistencia a la compresión.
- No se emplearan aditivos.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## **1.5. Objetivos.**

### **1.5.1. Objetivo Principal.**

- Evaluar la influencia del curado en elementos de concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar las características de las fibras de celulosa unidas con lignina.
- Determinar el curado del concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina.
- Evaluar la resistencia a la compresión del diseño de concreto hidráulico curado con fibras de celulosa unidas con lignina.

## **1.6. Hipótesis.**

### **1.6.1. Hipótesis Alterna.**

- La aplicación de fibras de celulosa unidas con lignina influye significativamente en el curado de elementos de concreto hidráulicos.

### **1.6.2. Hipótesis Nula.**

- La aplicación de fibras de celulosa unidas con lignina no influye significativamente en el curado de elementos de concreto hidráulicos.



## 1.7. Variables.

### 1.7.1. Variable Independiente.

- Curado con fibras de celulosa unidas con lignina, se determinara la influencia que produce sobre la resistencia del concreto.

### 1.7.2. Variable Dependiente.

- Resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.7.3. Variable Intervinientes.

- Granulometría del agregado.
- Relación agua cemento (a/c).

## 1.8. Indicadores.

- Análisis granulométrico.
- Relación agua cemento (a/c).
- Resistencia a la compresión.
- Curado de concreto.

## 1.9. Operacionalizacion de Variables.

**Tabla 1.** Operacionalización de Variables de Investigación.

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES	UNIDAD
Independiente	Curado	-	Litros
Dependiente	Resistencia a Compresión	f'c	kg/cm <sup>2</sup>
Interviniente	Análisis Granulométrico	-	-
	Relación Agua - Cemento	a/c	-

Fuente: Elaboración propia.



### 1.9. Tamaño de Muestra.

En la elección del tamaño de la muestra para el diseño experimental por lo general, si se esperan diferencias pequeñas entre tratamientos será necesario un mayor tamaño de muestra, aunque existen varios métodos para estimar el tamaño muestral, muchas veces tienen poca aplicabilidad porque requiere ciertos conocimientos previos sobre la varianza del error experimental. Si recurrimos a la experiencia de que el número de réplicas en la mayoría de las situaciones experimentales en las que se involucran un factor varía entre cinco y diez, incluso puede llegar hasta 30 (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

Tomando en cuenta las consideraciones antes citadas se tiene:

$$n = 30$$

Además:

$$N = kn$$

Donde:

- $n$  = Número de réplicas.
- $k$  = Número de tratamientos.
- $N$  = Número total de muestras

Finalmente:

- $n = 30$  réplicas.
- $k = 3$  tratamientos.
- $N = 3 \times 10$
- $N = 90$  probetas.





**Tabla 2.** Tamaño de Muestra.

DESCRIPCION	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			NUMERO DE MUESTRA
		7 días	14 días	28 días	
<b>CURADO POR ASPERSION</b>	F`c = 210 KG/CM2	10	10	10	30
<b>CURADO CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA</b>	F`c = 210 KG/CM2	10	10	10	30
<b>CURADO SUMERGIDO EN AGUA</b>	F`c = 210 KG/CM2	10	10	10	30
<b>TOTAL</b>					<b>90</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 1.10. Revisión de Estudio Realizados.

El curado del concreto son todas aquellas prácticas realizadas para asegurar la correcta evolución de sus propiedades, tales como la resistencia especificada y la durabilidad. El concreto debe mantenerse bajo condiciones de temperatura y humedad hasta lograr que la hidratación del cemento se desarrolle por completo.

Desde prácticamente hace 100 años el tema del curado del concreto ha estado en estudio. En el año 1907, la Asociación Nacional de Usuarios de Cemento (NACU) en Estados Unidos, confeccionó una guía, la cual recomendaba proteger al concreto del secado prematuro, manteniéndolo bajo ambiente húmedo por al menos 24 horas después de su colocación inicial. Cuatro años después esa Asociación pasó a ser lo que hoy se conoce como el Instituto Americano del Concreto (ACI). A principios de



los años 40 aparece la norma ACI 318, la cual incluía el tema del curado, pero recién en los años 90 el ACI publicó una norma que trataba específicamente este tema, la ACI 308-92: “Práctica estándar para el curado del concreto”, la cual fue reemplazada por las normas que se ocupan hoy, la ACI 308R-01: “Guía para el curado del concreto” y la ACI 308.1-98: “Especificaciones estándar para el curado del concreto”.

En España Barcelona **Carmona, Aguado, Molins y Cabrera (2009)**, afirman: De esta manera, se pueden alcanzar objetivos muy ambiciosos, aunque en todos los casos se debe tener en cuenta un factor muy importante para su ejecución como es el curado.

**Fernández, L. (2009)**, establece que el principal objetivo del curado es brindarle al concreto las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el desarrollo de sus propiedades, en base a su composición y características, lo cual también es considerado por la norma española EHE 2008.

Por otro lado, el **ACI Committee 308R (2008)**, establece que el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del concreto endurecido. Por lo tanto, un buen curado es necesario para tener un concreto de buena calidad.

El concreto se puede considerar como una mezcla en proporciones adecuadas de: áridos, cemento, aditivos y agua. El contacto del agua con el cemento provoca una reacción de hidratación la cual genera el endurecimiento de la mezcla.



La norma española **EHE (2008)**, establece que durante el fraguado y primer período de endurecimiento, se debe asegurar que el concreto tenga las condiciones adecuadas para su hidratación.

**Neville, A. (2011)**, estableció que las propiedades mecánicas del concreto dependen en una mayor medida de los cambios en la microestructura de la pasta de cemento, que de la composición química de los productos hidratados. Por lo tanto, el volumen de poros capilares juega un papel importante en las propiedades mecánicas del concreto.

**Fernández, L. (2010)**, considera que cuando las condiciones de curado no son las adecuadas para la evolución de la hidratación, ésta se ralentiza pudiendo llegar a interrumpirse. **Ralentizar** es la acción que permite lograr que algo se vuelva más lento o se desarrolle con menor rapidez. Esto quiere decir que la ralentización consiste en reducir la velocidad o en dotar de lentitud a un cierto procedimiento.

Una de las causas que puede provocar la detención de la reacción de hidratación es la falta de agua libre, lo que conduce a una mayor porosidad y por ende a una menor resistencia a compresión.

**González, F. (2006)**, realza la importancia de realizar un buen curado para poder obtener una mayor resistencia característica del concreto, lo cual refuerza el experimento realizado por **Gonnerman, H. y Shuman, E. (1928)**, del cual se deduce un aumento en la resistencia a compresión del concreto cuando se realiza un curado húmedo del material.



## **1.11. Definición de Términos Básicos.**

### **1.11.1. Concreto.**

**McCormac (2002)**, El concreto en una mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, la durabilidad y el tiempo de fraguado.

### **1.11.2. Resistencia.**

**Abrams (1918)**, indico que en un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, el factor determinante de la resistencia era la relación agua – cemento de diseño, en la que se excluye el agua absorbida por el agregado.

El norteamericano Gilkey y Walker posteriormente demostraron que la resistencia del concreto es función de cuatro factores:

- Relación agua – cemento.
- Relación cemento – agregado.
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
- Tamaño máximo del agrado.

Este concepto se ha complementado por Powers con las teorías sobre grado de hidratación, relación gel – espacio y resistencia por adherencia pasto – agregado.

Esta propiedad de resistencia es la más importante del concreto en estado endurecido, ya que el concreto tenía la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción o tensión.



### 1.11.3. Resistencia a la Compresión.

Igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión.

**Rivera (2009)**, Generalmente el diseñador de estructuras, especifica en la memoria de cálculos y en los planos una resistencia a la compresión del concreto ( $F'_c$ ), la cual utilizó como base para calcular el dimensionamiento y el refuerzo de los diferentes elementos de una obra.

Cuando en la obra se obtenga una resistencia menor que la especificada ( $F'_c$ ), se disminuirá el factor de seguridad de la estructura. Para evitar esta posible disminución de seguridad y debido a que en toda obra se obtienen diferentes valores de resistencia para una misma mezcla, debido a variaciones en la dosificación, mezcla, transporte, colocación, compactación y curado del concreto; la mezcla deberá dosificarse para obtener una resistencia a la compresión promedio ( $F'_{cr}$ ) mayor que  $F'_c$ .

En la práctica resulta antieconómico indicar una resistencia mínima, igual a la resistencia de diseño; ya que de acuerdo al análisis estadístico, siempre existe la posibilidad de obtener algunos valores más bajos.

### 1.11.4. Curado.

**Harmsen (2005)**, El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del



concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia. Existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor. El primero puede ser de cuatro tipos: por inmersión, haciendo uso de rociadores, utilizando coberturas húmedas como yute y utilizando tierra, arena o aserrín sobre el concreto recién vaciado.

#### **1.11.5. Agua.**

**Riva (2000)**, refiere que: La norma peruana NTP 339 088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

- El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3ppm).
- El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- El contenido de sulfato, expresado como ion  $SO_4$ , será menor de 0.6 gr/l (600ppm).
- El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1 gr/l (1000ppm).
- El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en  $NaHCO_3$ , será menor de 1 gr/l (1000ppm).
- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1ppm.
- Relación agua – cemento.
- Relación cemento – agregado.



- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
- Tamaño máximo del agrado.

#### **1.11.6. Agregado.**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidos entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011-2008. (Rivva, 2014).

#### **1.11.7. Fibras de Celulosa Unidas con Lignina (Aserrín).**

**Serret, N., Giralt, G., y Quinteros, M. (2016)**, menciona que: Las fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de las misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con la forma de lámina curvada o espiral.

La composición química y física determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar, específicamente las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar. Por esto se necesita caracterizar estas biomásas en cuanto ha contenido de humedad, volátiles, carbono fijo, cenizas y granulometría.



**Tabla 3.** Características de los Residuos Madereros Corrientes.

<b>Residuos</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>Contenido de cenizas (%)</b>
<b>Lijaduras</b>	<1	2-10	0,1-0,5
<b>Virutas</b>	1-12	10-20	0,1-1,0
<b>Aserrín</b>	1-10	25-40	0,5-2,0
<b>Corteza desmenuzada</b>	1-100	25-75	1,0-2,0
<b>Residuos forestales</b>		30-60	3,0-20

Fuente: (<http://www.fao.org/docrep/T0269S/t0269S10.htm>)



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel





## Capítulo 2. Marco Metodológico.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## 2.1. Tipo y Nivel de Investigación.

### 2.1.1. Tipo de Investigación.

Entre 1990 y 2000, en el mundo comenzó la institucionalización del enfoque mixto (Teddlie y Tashakkori, 2009). Durante esta década el enfoque mixto se aplica en diversos tipos de campos, como la educación, la ingeniería, la comunicación, la medicina, etc.

El enfoque de la investigación desarrollado es del tipo Cuantitativo y Cualitativo (Borja, 2012).

### 2.1.2. Nivel de Investigación.

#### Tipo Cuantitativa:

El estudio se hará a nivel Descriptivo – Experimental – Analítico.

- **Descriptiva.** Comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización del curado del concreto con fibras de celulosa unidas con lignina.
- **Experimental.** Para determinar las características físicas y mecánicas de la resistencia a la compresión del concreto curado con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), se realizarán ensayos en el laboratorio de Geotecnia y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - UNHEVAL.
- **Analítico.** Los diferentes tópicos serán analizados ampliamente sus correspondientes variables los mismos que nos permitirá llegar a conclusiones valiosas para constatar la hipótesis de trabajo.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



### **Tipo Cualitativa:**

Se describirá en todo el estudio el procedimiento de muestreo, análisis y evaluación de la compresión del concreto curado con Fibras de celulosa unidas con lignina.

#### **2.1.3. Diseño de lo Experimental.**

El diseño de experimentos se determinara mediante la teoría de las muestras pequeñas con la distribución “t” Student donde es analizada estadísticamente para la prueba de hipótesis. (Martínez, 2012).

La presente investigación se llevó a cabo dentro del laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil y arquitectura en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco, para la realización de experimentos.

## **2.2. Técnicas de Recolección de Datos.**

### **2.2.1. La Observación.**

La observación es una técnica recogida de información en la que el observador se pone en contacto directo y personalmente con el fenómeno a observar. De esta forma se obtiene información de primera mano.

Como técnica de investigación científica, es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objetivo de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada (Bernal, 2010).

**Tabla 4.** Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

<b>Fuentes</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos de Recolección de Datos</b>
Físicas y electrónicas	Observación de datos	Equipos y herramientas

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



### 2.3. Variables Experimentales.

La variable independiente considerada en esta investigación es el curado del concreto hidráulico. Según **RNE E.060 (2016)**, explica, que el agua que utilicemos para el proceso de curado deberá ser preferentemente potable, también precisa que el concreto deberá ser curado de manera que la temperatura no deberá estar por debajo de los 10° y por lo menos por 7 días, o 3 días en caso de concretos de alta resistencia, además menciona que se podrán usar distintos métodos de curado, mas no se aclara el grado de incidencia de este proceso en la resistencia final a la compresión del concreto.

Por esta razón, se escogió utilizar 3 métodos de curados: curado por aspersión, curado sumergido en agua y curado con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín); con el fin de analizar el efecto de esta variable sobre la resistencia del concreto hidráulico.

### 2.4. Metodología del Trabajo de Investigación.

La metodología empleada para el presente trabajo de investigación ha sido propuesta en tres grupos, un grupo que comprende el análisis de curado del concreto hidráulico curado por aspersión, curados sumergido en agua y con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), con la finalidad de detallar los pasos fundamentales para lograr los objetivos de la tesis.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## 2.5. Diseño para la Elaboración de Probetas.

Los materiales a utilizar para la elaboración de probetas, serán: cemento andino tipo I, agua y agregados piedra chancada, arena

### 2.5.1. Características de los Materiales.

#### 2.5.1.1. Agregados grueso.

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.012. El agregado puede ser grava, piedra chancada, etc.

**Tabla 5.** Propiedades del Agregado Grueso.

PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Tamaño Máximo Nominal	1 "	
Peso Especifico	2.98	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Natural	1.23	%
% Absorción	4.47	%
Peso Volumétrico Suelto	1751	gr/cm <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Compactado	1898	gr/cm <sup>3</sup>
% Material Fino <200	0.56	%

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos Y Pavimentos FIC

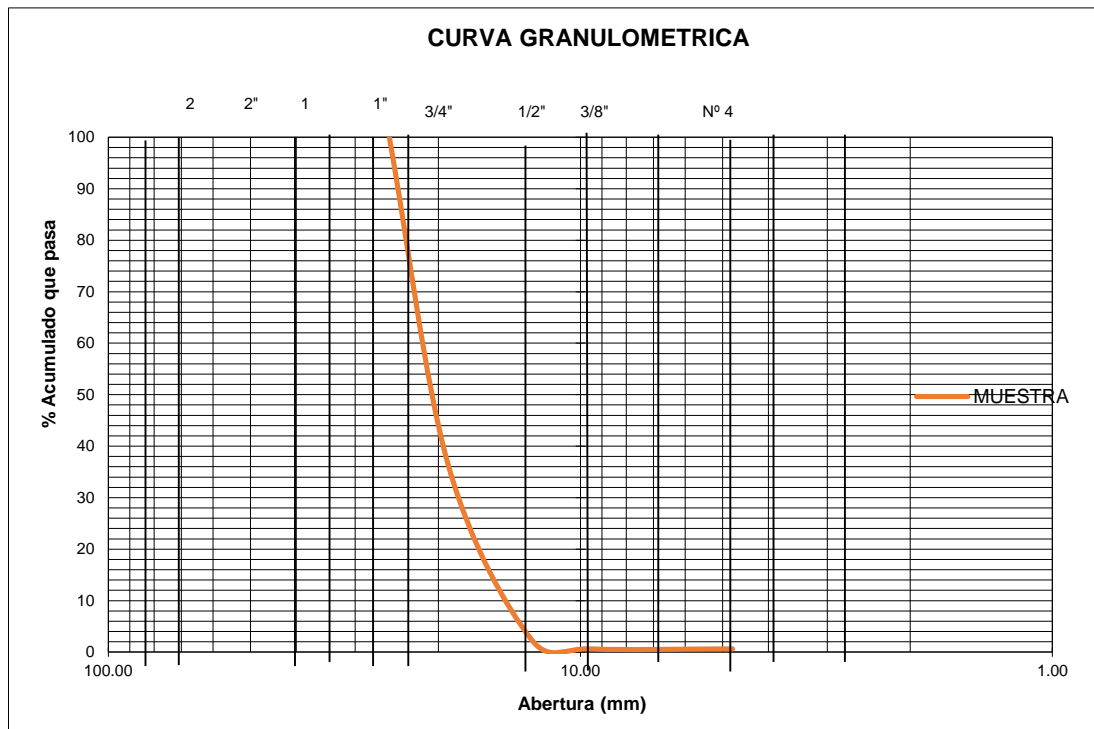
**Tabla 6.** Análisis Granulométrico Graduado del Agregado Grueso.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	%	%	% RETENIDO
	mm	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO
2 1/2"	63.500			100.00	0.00
2"	50.800			100.00	0.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	0.00
1 "	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00
3/4"	19.050	3683.00	63.68	36.32	63.68
1/2"	12.700	1959.00	33.87	2.46	97.54
3/8"	9.525	106.00	1.83	0.62	99.38
Nro. 4	4.760	0.00	0.00	0.62	99.38
Nro. 8	2.360	32.00	0.55	0.07	99.93
FONDO		4.00	0.07	0.55	99.45

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos Y Pavimentos FIC.



**Figura N° 1. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.**



Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía N° 1. Ensayo de Granulométrica del Agregado Grueso.**

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



### 2.5.1.2. Agregados Fino.

Se considera como agregados finos a la arena o piedra naturalmente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.012. Las arenas provienen de la desintegración natural de rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan se acumulan en lugares determinados.

**Tabla 7.** Propiedades del Agregado Fino.

PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Peso Especifico	2.64	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Natural	9.22	%
% Absorción	0.29	%
Peso Volumétrico Suelto	1542	kg/m <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Compactado	1670	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos Y Pavimentos FIC.

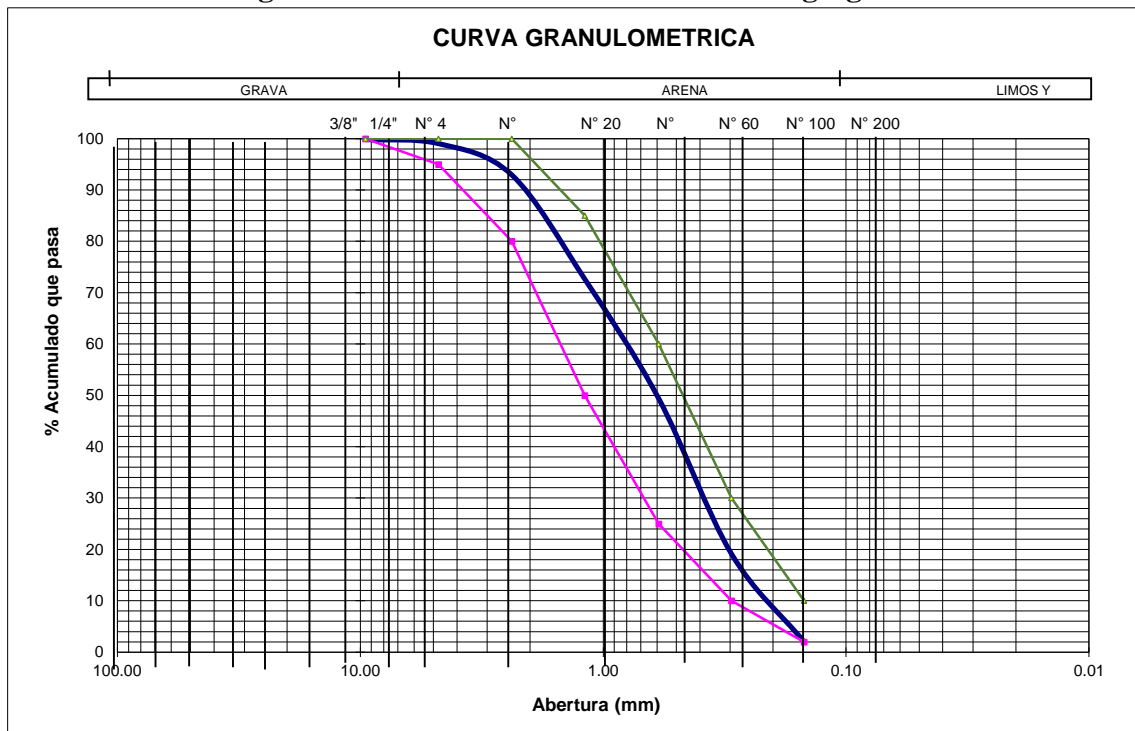
**Tabla 8.** Análisis Granulométrico Graduado del Agregado Fino.

TAMIZ	PESO	%	%	% RETENIDO
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADO
			100.00	
3/8"	8.00	0.18	99.82	0.18
4	36.00	0.81	99.01	0.99
8	270.00	6.07	92.94	7.06
16	904.00	20.32	72.62	27.38
30	1036.00	23.29	49.33	50.67
50	1340.00	30.13	19.20	80.80
100	764.00	17.18	2.02	97.98
FONDO	89.00	2.00	0.02	99.98

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos Y Pavimentos FIC.



**Figura N° 2. Curva Granulométrica del Agregado Fino.**



Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía N° 2. Ensayo de Granulométrica del Agregado Fino.**

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**





### 2.5.1.3. Cemento.

En esta investigación se utilizara cemento Portland tipo I (Cemento Andino), fijados en la norma NTP 339.009 o ASTM C 150. Teniendo en considera que una mayor dosis de cemento generara un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración (De Solminihac, Videla, Fernández & Castro, 2007).



**Fotografía N° 3. Cemento Andino.**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.1.4. Agua.

En agua presente en la mezcla de concreto en esta investigación será el agua potable de la Ciudad Universitaria UNHEVAL; consideradas aptas de acuerdo a la norma NTP 339.088 y ASTM C 109M.

**Tabla 9.** Propiedades del cemento y agua.

Propiedades		Valor	Unidad
Peso específico del cemento	Pec	3.15	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico del agua	Pew	1	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.



### 2.5.2. Procedimiento de Diseño.

El diseño de mezclas es un proceso para seleccionar los componentes del concreto y determinar sus cantidades relativas, con el fin de producir un concreto con ciertas características de trabajabilidad, consistencia, durabilidad, permeabilidad y resistencia, principalmente a un costo económico y razonable. Todo depende el uso que se le dará al concreto. Para la presente investigación el diseño de mezcla utilizada es  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Datos:

**Tabla 10.** Propiedades de los agregados piedra y arena.

	<b>Piedra</b>	<b>Arena</b>
<b>a.- Peso específico</b>	2.98 Tn/m <sup>3</sup>	2.64 Tn/m <sup>3</sup>
<b>b.- Peso seco compactado</b>	1898 Kg/m <sup>3</sup>	1670 Kg/m <sup>3</sup>
<b>c.- Contenido de Humedad</b>	1.23 %	9.22 %
<b>d.- % de Absorción</b>	4.47 %	0.29 %
<b>e - Peso suelto</b>	1751 Kg/m <sup>3</sup>	1542 Kg/m <sup>3</sup>
<b>f.- Cemento</b>	3150 Kg/m <sup>3</sup>	
<b>g.- Asentamiento</b>	3" a 4"	

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos Y Pavimentos FIC.

#### A) Determinación del T.M.N.

$$T.M.N = 1 \text{ "}$$

#### B) Determinación del Módulo de Fineza

$$M.F. = \frac{\% \text{Acumulado} (4 + 8 + 16 + 30 + 50 + 100)}{100} = 2.65$$



### C) Resistencia Promedio que debe Diseñar la Mezcla

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

De la Tabla de Compresión requerido tenemos:

**Tabla 11.** Determinación de la resistencia promedio  $F'c$ .

$F'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$F'c$ especificada
$F'cr = F'c + 70 \text{ kg/cm}^2$	< 210 Kg/cm <sup>2</sup>
$F'cr = F'c + 84 \text{ kg/cm}^2$	210 - 350 kg/cm <sup>2</sup>
$F'cr = F'c + 98 \text{ kg/cm}^2$	> 350 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Diseño de Mezcla – Enrique Rivva López

Utilizaremos la siguiente tabla para determinar  $F'cr$ :

$$F'cr = F'c + 84 = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

### D) Volumen Unitario de Agua

**Tabla 12.** Volumen de agua por m<sup>3</sup>.

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos de nominales de agregado grueso y consistencia indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	<b>193</b>	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Diseño de Mezcla – Enrique Rivva López

$$\text{Volumen unitario de agua} = 193 \text{ Lt/m}^3$$



### E) Buscar la Relación Agua – Cemento (a/c)

**Tabla 13.** Relación agua/cemento por resistencia.

F'cr kg/cm <sup>2</sup>	A/C	A/C
	Concreto sin aire Incorporado	Concreto con aire Incorporado
450	0.38	...
400	0.43	....
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Diseño de Mezcla – Enrique Rivva López

De la tabla interpolando valores tenemos: F'cr = 294 kg/cm<sup>2</sup>

F'cr		a/c	
250.00	---	0.62	
294	---	x ...?	x ... = 0.5584
300	---	0.55	

### F) Factor Cemento

$$\text{M.F.} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación Agua/ cemento}} = 345.630 \text{ ( 8.13 bolsas de cemento)}$$

### G) Contenido de Agregado Grueso

**Tabla 14.** Volumen del agregado grueso por volumen unitario.

Tamaño máximo N. del Agregado	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44					
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53					
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66	0.62	0.60
3"	0.81	0.79	0.77	0.75					
6"	0.87	0.85	0.83	0.81					

Fuente: Diseño de Mezcla – Enrique Rivva López



De la tabla interpolando valores tenemos: M.F. = 2.65

M.F.		r
2.60	-----	0.69
2.65	-----	a.g. ...?
2.80	-----	0.67

Cantidad de agregado grueso (a.g.): a.g. = **0.6851 m<sup>3</sup>**

#### H) Determinación del Volumen de Aire Atrapado

**Tabla 15.** Volumen de aire atrapado.

T.M.N	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
% aire atrapado	3.0	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Diseño de Mezcla – Enrique Rivva López

De la tabla se obtiene el volumen de aire atrapado será 1.5%.

Y por m<sup>3</sup> de concreto = **0.015 m<sup>3</sup>**

#### I) Cantidad de Agregado Grueso

Peso Seco A. Grueso = Peso Seco Compactado A. G. x a.g.

Peso Seco A. Grueso = 1898 x 0.6851 = **1300.34 Kg**

#### J) Cantidad de Agregado Fino

**Tabla 16.** Volúmenes absolutos de los materiales.

MATERIAL	PESO (kg)	P.E.	VOL. ABSOL.
Agua	193	1000	0.193
Cemento	345.63	3150	0.110
Ag. Grueso	1300.34	2.98/1000	0.436
Aire	0.015		0.015
<b>TOTAL</b>			<b>0.754</b>

Fuente: Elaboración Propia

Volumen del Agregado Fino = 1 – 0.754 = 0.246 m<sup>3</sup>

Peso Seco de Arena Fino = Vol. A. F. x P.E. x 1000

Peso Seco de Arena Fino = 0.246 x 2.64 x 1000 = **648.43 Kg**



**K) Cantidad de Materiales por m3 de Concreto**

<b>Agua</b> =	193.00	Lt/m3
<b>Cemento</b> =	345.63	Kg/m3
<b>Piedra</b> =	1300.4	Kg/m3
<b>Arena</b> =	648.43	Kg/m3

**Tabla 17.** Cantidad de materiales por m3 de concreto

<b>C</b>	<b>A</b> Arena / cemento	<b>P</b> Piedra/Cemento
1	1.88	3.76

Fuente: Elaboración Propia

$$a/c = 0.5584$$

**L) Corrección por Humedad del Agregado**

A.F. Arena Húmeda =	648.43 Kg.
A.G. Piedra Húmeda =	1300.34 Kg.
Agua libre en Arena = % absorción x arena =	$-0.29/100 \times 648.43 = -1.88$
Agua libre en Piedra = % absorción x piedra =	$-4.47/100 \times 1300.34 = -58.13$
Contribución Total = - 1.88 – 58.13 =	-60.01 Lt/m3

$$\text{Entonces: Agua} = 193.00 - (-60.01) = 253.01 \text{ lt}$$

**M) Cantidad de Materiales por m3 Corregidos Humedad**

Agua =	253.01	lt.	a/c efectiva=	0.732
Cemento =	345.63	Kg.		
Piedra =	1300.34	Kg.		
Arena =	648.43	Kg.		



**Tabla 18.** Dosificación en peso corregido por humedad por m<sup>3</sup> de concreto

C	A	P	Agua
1	Arena C./cemento C.	Piedra C./Cemento C.	Agua C./ bolsa de cemento
<b>1</b>	<b>1.88</b>	<b>3.76</b>	<b>31.111 lt/saco</b>

Fuente: Elaboración Propia

**N) Pesos por Tanda de un Saco**

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= 31.11 = \mathbf{31.11} \text{ lt/saco} \\ \text{Cemento} &= 1 \times 45.50 = \mathbf{42.50} \text{ Kg.} \\ \text{Piedra} &= 3.76 \times 42.50 = \mathbf{159.89} \text{ Kg.} \\ \text{Arena} &= 1.88 \times 42.50 = \mathbf{79.73} \text{ Kg.} \end{aligned}$$

**Fotografía N° 4.** Ensayo múltiples de los agregados para el diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## 2.6. Elaboración y Curado de Probetas de Concreto.

### 2.6.1. Elaboración de Probetas de Concreto.

El procedimiento para la elaboración de probetas de concreto se realizó en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compacto por apisonado o vibración, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC E 702 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.183.

#### **Materiales:**

- Agregado fino (arena gruesa).
- Agregado grueso (piedra chancada)
- Cemento Portland tipo I.
- Agua potable.



*Fotografía N° 5. Materiales empleados para elaborar las probetas.*

Fuente: Elaboración propia.





**Instrumentos.**

- Moldes de probetas de 6"x12".
- Mezcladora de concreto.
- Varilla lisa.
- Martillo de goma.
- Espátula.
- Pala cuchara.
- Balanza.
- Regla metálica.



**Fotografía N° 6. Moldes de probetas de plástico de 6".**

Fuente: Elaboración propia.



### **Procedimiento.**

El asentamiento del concreto Slump se hizo conforme a las normas NTP 339.035 y ASTM C-143, se pudo verificar que cumple con el diseño de mezclas de 3-4”.



***Fotografía N° 7. Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.***

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró el tamaño de la mezcladora con capacidad máxima de 5.5 probetas, para poder retirar con mucha facilidad los moldes de las probetas con la compresora de aire, se engrasó con aceite cada uno de ellos interiormente. Se designó tres tipos de codificación y con tres colores distintos para los tres tipos de curados.



***Fotografía N° 8. Mezcladora mecánica.***

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**



Después de obtener la mezcla se pasó a realizar la probeta de concreto, para cada molde se agregó la mezcla en tres capas, y entre capa y capa se realizaba 25 varillados y 15 golpes alrededor del molde con el martillo de goma. Considerando la norma NTP 339.033.



**Fotografía N° 9. Elaboración de Probetas.**

Fuente: Elaboración propia.

Después de completar los moldes con el concreto se procedió a realizar un reglado previo quitando el exceso de la mezcla, posteriormente se dejó reposar durante 1 hora para luego hacer un reglado final para un mejor acabado. El mismo procedimiento se realizó para las 90 probetas de concreto.



**Fotografía N° 10. Acabado final de la elaboración de Probetas.**

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel**





**Fotografía N° 11. Moldes finales incluidos internamente las probetas.**

Fuente: Elaboración propia.

Al día siguiente de la elaboración de las probetas, se procedió a desmoldar cada probeta usando la compresora de aire.



**Fotografía N° 12. Desmoldado de las probetas.**

Fuente: Elaboración propia.



## 2.6.2. Curado de Probetas de Concreto.

Hoy en día existen diversos métodos, procedimientos y materiales para el curado; sin embargo el principio es el mismo, garantizar un contenido satisfactorio de humedad y temperatura para que se desarrollen las propiedades deseadas en el concreto.

De los diversos tipos de curados, para el presente trabajo de investigación ha sido propuesta los siguientes tipos de curado del concreto hidráulico: curado por aspersión, curados sumergido en agua y con fibras de celulosa unidas con lignina (aserrín), con la finalidad de detallar los pasos fundamentales para lograr los objetivos de la tesis.

Cabe precisar que se utilizó la misma cantidad de agua potable para los tres tipos de curados de probetas de concreto.

### 2.6.2.1. Curado por Aspersión.

Este método consiste en la aplicación de agua, mediante aspersión, utilizando boquillas especiales o rociadores directamente al concreto.



**Fotografía N° 13. Curado por aspersión de probetas de concreto hidráulico.**

Fuente: Elaboración propia.



### 2.6.2.2. Curado Sumergido en Agua (Inmersión).

Este método es el más completo del curado. Controlando la temperatura de las mismas, para evitar daños en el material.



*Fotografía N° 14. Curado sumergido en agua de probetas de concreto hidráulico.*

Fuente: Elaboración propia.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



### *2.6.2.3. Curado con Fibras Celulosas Unidas con Lignina (Aserrín).*

En este método se fibras de celulosas unidas con lignina, el cual se humedece constantemente para mantener condiciones de humedad ópticas sobre superficies de concreto.



*Fotografía N° 15. Curado con fibras de celulosas unidas con lignina de probetas de concreto hidráulico.*

Fuente: Elaboración propia.



## 2.7. Refrendado de Probetas de Concreto (Capping).

El procedimiento para el refrendado de probetas de concreto (Capping) con yeso de alta resistencia, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E 703 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.037.



*Fotografía N° 16. Capping de probetas de concreto hidráulico.*

Fuente: Elaboración propia.

## 2.8. Ensayo de Concreto.

### 2.8.1. Ensayo de Concreto en Estado Fresco.

#### 2.8.1.1. Peso Unitario y Contenido de Aire.

El peso unitario y contenido de aire del concreto, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC E 714 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.046; con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del concreto.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel







**Fotografía N° 17. Ensayo de peso unitario y contenido de aire del concreto.**

Fuente: Elaboración propia.

### **2.8.1.2. Asentamiento (SLUMP).**

El asentamiento del concreto (Slump), se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC E 705 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.035.

### **2.8.2. Ensayo de Concreto en Estado Endurecido.**

#### **2.8.2.1. Resistencia a Compresión.**

La resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto poroso de 15 cm de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E 704 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.034.

Este ensayo se realizó a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto, lo que nos permite conocer la primera propiedad muy importante para nuestra investigación, la resistencia a la compresión.





**Fotografía N° 18. Ensayo de probetas de concreto en estado endurecido.**

Fuente: Elaboración propia.

## **2.9. Resultados de Ensayos de Probetas de concreto en estado Endurecido.**

### **2.9.1. Resistencia a la Compresión.**

En las siguientes tablas se resumen los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión ( $f'_c$ ), realizados en especímenes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



**Tabla 19.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días.

Probetas de concreto		Descripción			
Método de Curado	Muestra	d (cm)	L (cm)	P (kg)	fsp (kg-f/cm <sup>2</sup> )
Curado por Aspersión	Probeta - 01	15.05	30.05	21854.73	124.50
	Probeta - 02	15.05	30.10	24891.57	141.80
	Probeta - 03	15.00	30.00	25067.11	142.80
	Probeta - 04	15.05	30.15	24979.34	142.30
	Probeta - 05	15.05	30.15	26137.91	148.90
	Probeta - 06	15.05	30.10	27103.38	154.40
	Probeta - 07	15.10	30.10	25558.62	145.60
	Probeta - 08	15.10	30.05	24154.30	137.60
	Probeta - 09	15.10	30.15	23768.12	135.40
	Probeta - 10	15.05	30.05	25857.04	147.30
Curado con Fibras de Celulosa Unidas con Lignina	Probeta - 11	15.05	30.10	30772.16	175.30
	Probeta - 12	15.05	30.15	26225.68	149.40
	Probeta - 13	15.05	30.10	31965.83	182.10
	Probeta - 14	15.05	30.05	29701.37	169.20
	Probeta - 15	15.05	30.10	32264.25	183.80
	Probeta - 16	15.10	30.05	33036.63	188.20
	Probeta - 17	15.00	30.10	26980.50	153.70
	Probeta - 18	15.00	30.00	24610.71	140.20
	Probeta - 19	15.05	30.15	32334.47	184.20
	Probeta - 20	15.00	30.15	31825.40	181.30
Curado Sumergido en Agua (Inmersión)	Probeta - 21	15.05	30.10	32141.37	183.10
	Probeta - 22	15.05	30.10	34686.70	197.60
	Probeta - 23	15.00	30.05	32545.12	185.40
	Probeta - 24	15.05	30.15	31562.09	179.80
	Probeta - 25	15.05	30.05	32966.41	187.80
	Probeta - 26	15.05	30.10	33931.88	193.30
	Probeta - 27	15.10	30.15	36354.33	207.10
	Probeta - 28	15.10	30.10	34493.61	196.50
	Probeta - 29	15.10	30.05	35687.28	203.30
	Probeta - 30	15.05	30.10	33809.00	192.60

Fuente: Elaboración Propia



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



**Tabla 20.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días.

Probetas de concreto		Descripción			
Método de Curado	Muestra	d (cm)	L (cm)	P (kg)	fsp (kg-f/cm <sup>2</sup> )
Curado por Aspersión	Probeta - 31	15.05	30.05	29455.61	167.80
	Probeta - 32	15.05	30.10	32316.91	184.10
	Probeta - 33	15.00	30.00	31597.20	180.00
	Probeta - 34	15.05	30.15	31070.58	177.00
	Probeta - 35	15.05	30.15	31825.40	181.30
	Probeta - 36	15.05	30.10	31263.67	178.10
	Probeta - 37	15.10	30.10	31298.78	178.30
	Probeta - 38	15.10	30.05	28525.25	162.50
	Probeta - 39	15.10	30.15	27630.00	157.40
	Probeta - 40	15.05	30.05	32246.70	183.70
Curado con Fibras de Celulosa Unidas con Lignina	Probeta - 41	15.05	30.10	37741.10	215.00
	Probeta - 42	15.05	30.15	38039.52	216.70
	Probeta - 43	15.05	30.10	39391.18	224.40
	Probeta - 44	15.05	30.05	33422.82	190.40
	Probeta - 45	15.05	30.10	37284.70	212.40
	Probeta - 46	15.10	30.05	37126.71	211.50
	Probeta - 47	15.00	30.10	37495.34	213.60
	Probeta - 48	15.00	30.00	39373.62	224.30
	Probeta - 49	15.05	30.15	33229.72	189.30
	Probeta - 50	15.00	30.15	34054.76	194.00
Curado Sumergido en Agua (Inmersión)	Probeta - 51	15.05	30.10	37126.71	211.50
	Probeta - 52	15.05	30.10	40672.62	231.70
	Probeta - 53	15.00	30.05	41181.68	234.60
	Probeta - 54	15.05	30.15	36424.55	207.50
	Probeta - 55	15.05	30.05	38917.22	221.70
	Probeta - 56	15.05	30.10	38934.77	221.80
	Probeta - 57	15.10	30.15	38934.77	221.80
	Probeta - 58	15.10	30.10	41602.98	237.00
	Probeta - 59	15.10	30.05	35459.08	202.00
	Probeta - 60	15.05	30.10	38373.04	218.60

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 21.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días.

Probetas de concreto		Descripción			
Método de Curado	Muestra	d (cm)	L (cm)	P (kg)	fsp (kg-f/cm <sup>2</sup> )
Curado por Aspersión	Probeta - 61	15.05	30.05	34844.69	198.50
	Probeta - 62	15.05	30.10	34634.04	197.30
	Probeta - 63	15.00	30.00	32439.79	184.80
	Probeta - 64	15.05	30.15	37091.60	211.30
	Probeta - 65	15.05	30.15	36547.43	208.20
	Probeta - 66	15.05	30.10	36003.25	205.10
	Probeta - 67	15.10	30.10	36564.98	208.30
	Probeta - 68	15.10	30.05	37407.57	213.10
	Probeta - 69	15.10	30.15	33861.67	192.90
	Probeta - 70	15.05	30.05	34827.14	198.40
Curado con Fibras de Celulosa Unidas con Lignina	Probeta - 71	15.05	30.10	42392.91	241.50
	Probeta - 72	15.05	30.15	44113.20	251.30
	Probeta - 73	15.05	30.10	41550.32	236.70
	Probeta - 74	15.05	30.05	48308.61	275.20
	Probeta - 75	15.05	30.10	46535.65	265.10
	Probeta - 76	15.10	30.05	43375.93	247.10
	Probeta - 77	15.00	30.10	44130.76	251.40
	Probeta - 78	15.00	30.00	40391.75	230.10
	Probeta - 79	15.05	30.15	42375.36	241.40
	Probeta - 80	15.00	30.15	44025.43	250.80
Curado Sumergido en Agua (Inmersión)	Probeta - 81	15.05	30.10	47659.11	271.50
	Probeta - 82	15.05	30.10	46202.13	263.20
	Probeta - 83	15.00	30.05	48589.47	276.80
	Probeta - 84	15.05	30.15	48536.81	276.50
	Probeta - 85	15.05	30.05	48852.78	278.30
	Probeta - 86	15.05	30.10	46763.86	266.40
	Probeta - 87	15.10	30.15	47290.48	269.40
	Probeta - 88	15.10	30.10	48220.84	274.70
	Probeta - 89	15.10	30.05	48747.46	277.70
	Probeta - 90	15.05	30.10	48940.55	278.80

Fuente: Elaboración Propia



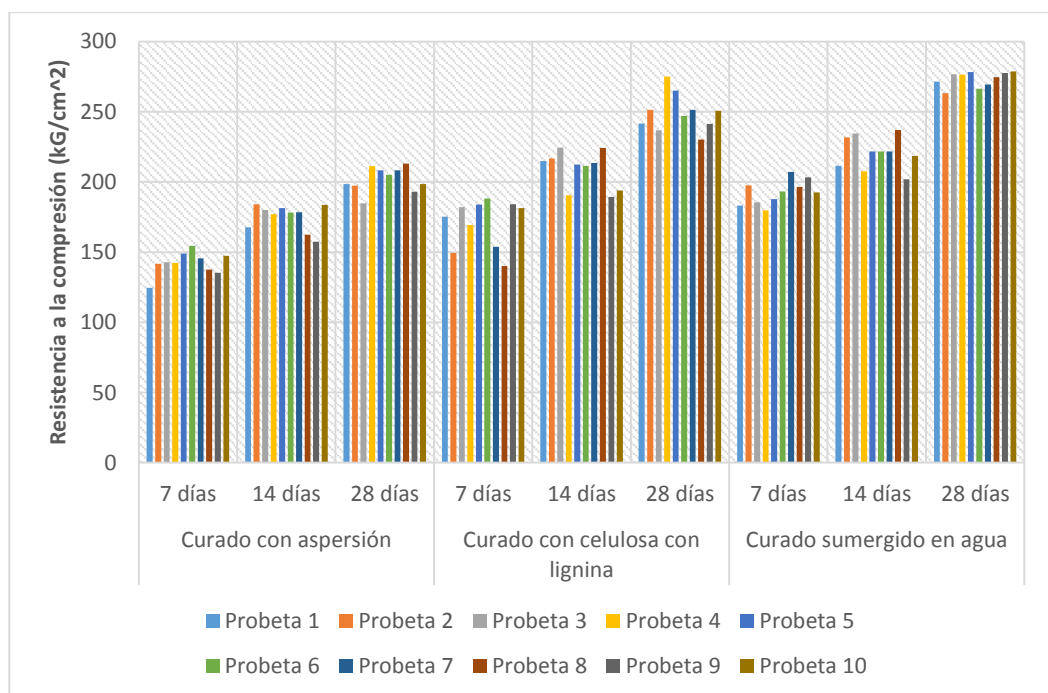
## 2.10. Análisis Resultados.

En este capítulo se presenta la sistematización de los resultados del trabajo de campo. Se presentara los resultados en tablas de frecuencia, figuras y estadígrafos correspondientes. También se hizo la prueba de normalidad de los datos para determinar si se aproxima a la distribución normal; luego se presenta la prueba de hipótesis mediante la comparación de medias con resultados independientes a través de la distribución t de Student.

### 2.10.1. Procesamiento de Datos.

Para desarrollar el análisis de datos, es necesario tener un diseño balanceado, es decir el mismo número de repeticiones por cada tratamiento.

**Figura N° 3. Datos Muéstrales de la Resistencia a la Compresión.**



Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 22.** Resultados de ensayos de resistencia a la compresión.

Probetas de concreto		RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg-f/cm <sup>2</sup> )		
Método de Curado	Muestra	7 días	14 días	28 días
Curado por Aspersión	Probeta - 01,31,61	124.50	167.80	198.50
	Probeta - 02,32,62	141.80	184.10	197.30
	Probeta - 03,33,63	142.80	180.00	184.80
	Probeta - 04,34,64	142.30	177.00	211.30
	Probeta - 05,35,65	148.90	181.30	208.20
	Probeta - 06,36,66	154.40	178.10	205.10
	Probeta - 07,37,67	145.60	178.30	208.30
	Probeta - 08,38,68	137.60	162.50	213.10
	Probeta - 09,39,69	135.40	157.40	192.90
	Probeta - 10,40,70	147.30	183.70	198.40
Curado con Fibras de Celulosa Unidas con Lignina	Probeta - 11,41,71	175.30	215.00	241.50
	Probeta - 12,42,72	149.40	216.70	251.30
	Probeta - 13,43,73	182.10	224.40	236.70
	Probeta - 14,44,74	169.20	190.40	275.20
	Probeta - 15,45,75	183.80	212.40	265.10
	Probeta - 16,46,76	188.20	211.50	247.10
	Probeta - 17,47,77	153.70	213.60	251.40
	Probeta - 18,48,78	140.20	224.30	230.10
	Probeta - 19,49,79	184.20	189.30	241.40
	Probeta - 20,50,80	181.30	194.00	250.80
Curado Sumergido en Agua (Inmersión)	Probeta - 21,51,81	183.10	211.50	271.50
	Probeta - 22,52,82	197.60	231.70	263.20
	Probeta - 23,53,83	185.40	234.60	276.80
	Probeta - 24,54,84	179.80	207.50	276.50
	Probeta - 25,55,85	187.80	221.70	278.30
	Probeta - 26,56,86	193.30	221.80	266.40
	Probeta - 27,57,87	207.10	221.80	269.40
	Probeta - 28,58,88	196.50	237.00	274.70
	Probeta - 29,59,89	203.30	202.00	277.70
	Probeta - 30,60,90	192.60	218.60	278.80

Fuente: Elaboración Propia



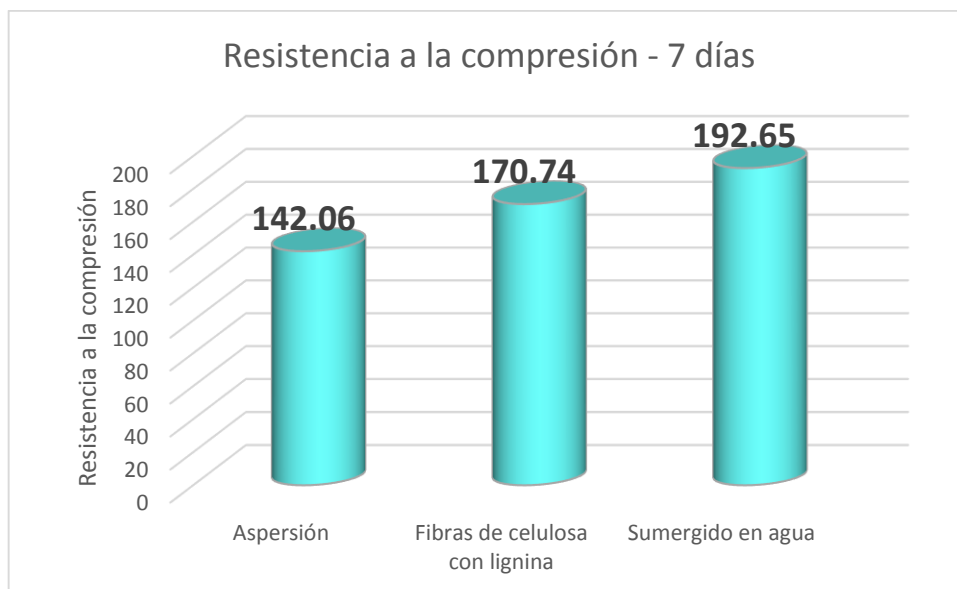
### 2.10.2. Análisis Estadístico: Resistencia a la compresión.

**Tabla 23.** Análisis estadísticos de resistencia a la compresión 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESION - 7 DIAS			
Estadígrafo	Aspersión	Fibras de Celulosa con Lignina	Sumergido
Media Aritmética kg/cm <sup>2</sup>	142.06	170.74	192.65
Varianza (kg-f/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	68.04	288.75	77.15
Desviación estándar	8.25	16.99	8.78
Coficiente de variación	5.81	9.95	4.56

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.** Análisis estadístico de resistencia a la compresión 7 días.



Fuente: Elaboración Propia

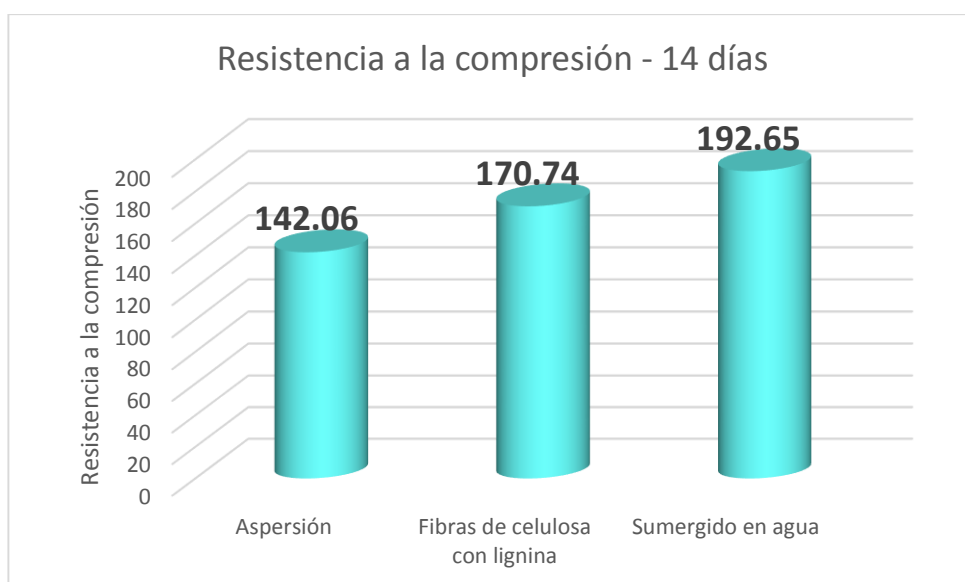




**Tabla 24.** Análisis estadísticos de resistencia a la compresión 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESION - 14 DIAS			
Estadígrafo	Aspersión	Fibras de Celulosa con Lignina	Sumergido
Media Aritmética kg/cm <sup>2</sup>	175.02	209.16	220.82
Varianza (kg-f/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	85.06	173.81	132.91
Desviación estándar	9.22	13.18	11.53
Coefficiente de variación	5.27	6.3	5.22

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 5.** Análisis estadístico de resistencia a la compresión 14 días.

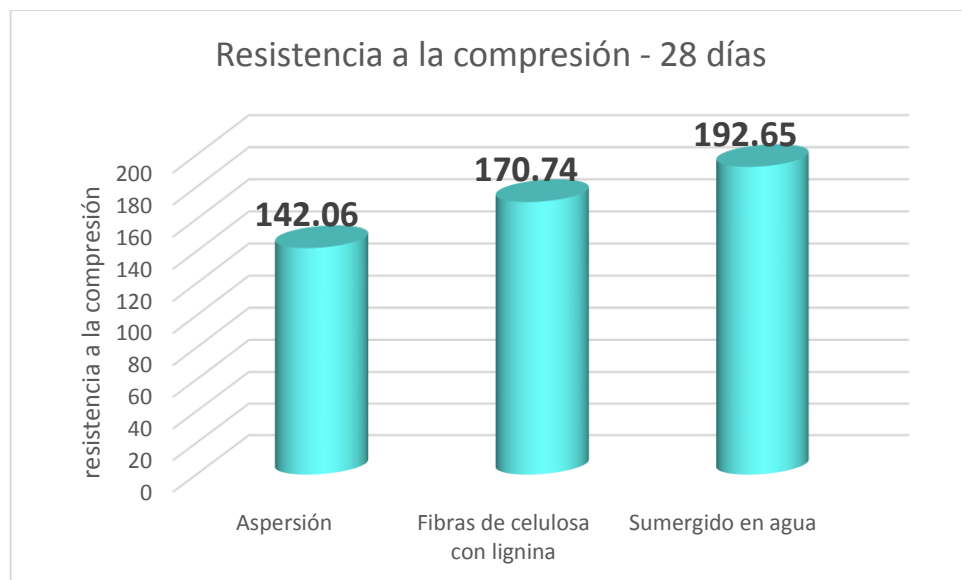
Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 25.** Análisis estadísticos de resistencia a la compresión 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESION - 28 DIAS			
Estadígrafo	Aspersión	Fibras de Celulosa con Lignina	Sumergido
Media Aritmética kg/cm <sup>2</sup>	201.79	249.06	273.33
Varianza (kg-f/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	80.33	176.22	29.68
Desviación estándar	8.96	13.27	5.45
Coefficiente de variación	4.44	5.33	1.99

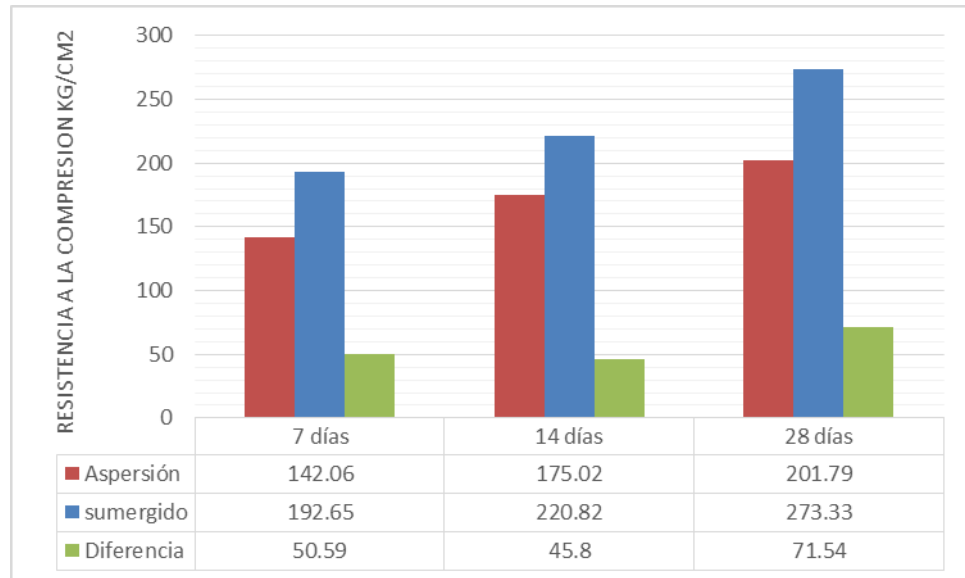
Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 6.** Análisis estadístico de resistencia a la compresión 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

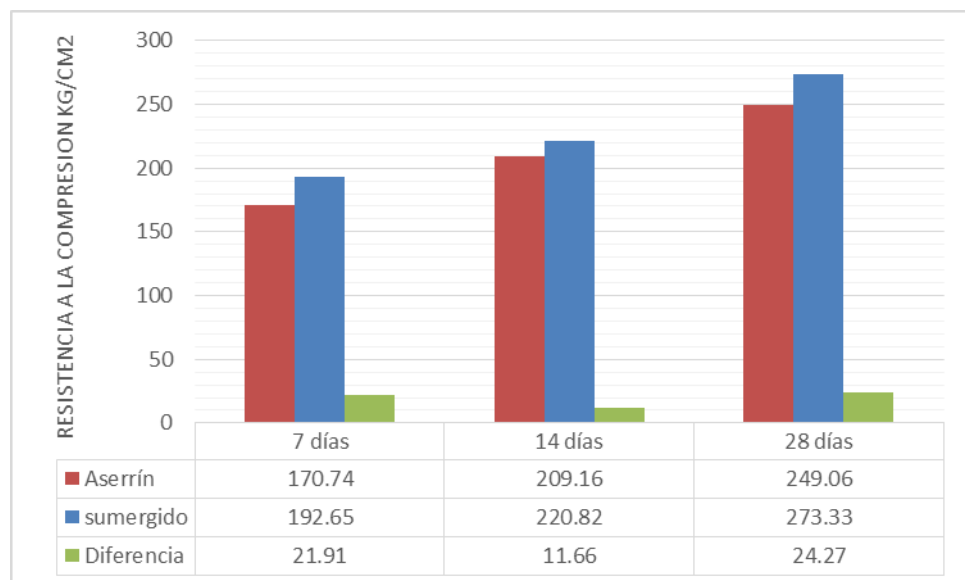


**Figura N° 7. Diferencia de las resistencias a la compresión del concreto entre curado sumergido en gua y curado por aspersión.**



Fuente: Elaboración Propia

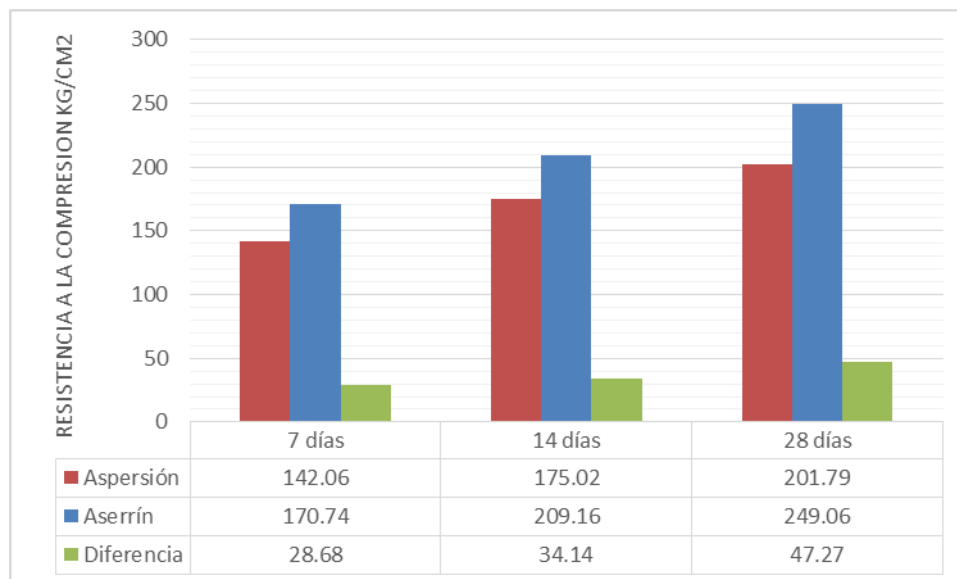
**Figura N° 8. Diferencia de las resistencias a la compresión del concreto entre curado sumergido en gua y curado con aserrín.**



Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 9. Diferencia de las resistencias a la compresión del concreto entre curado con aserrín y curado por aspersión.**



Fuente: Elaboración Propia

### 2.10.3. Diseño Experimental de la Investigación.

El diseño experimental consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionan evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. (Gutierrez & De la Vara, 2008)

#### 2.10.3.1. Teoría de las Muestras Pequeñas Distribución “t” de Student.

En problemas referentes a la prueba de hipótesis, cuando se conoce la desviación típica poblacional no importa que el tamaño de la muestra sea grande o pequeña. Se dice que una muestra es grande, si el número de unidades es mayor a treinta y es pequeña si es menor o igual a treinta.



A pesar de las correcciones que se le puede hacer a las desviaciones típicas, no es efectiva en todas las muestras; por lo razón la distribución de todas las medias muestrales, no tiene un comportamiento similar a la distribución normal, a pesar de ser una distribución continua. A esta distribución se le conoce como distribución “t” de Student (Martínez, 2012)

**Tabla 26.** Media muestral del ensayo de resistencia a la compresión.

OBSERVACIONES	METODO DE CURADO		
	ASPERSION	FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA	SUMERGIDO
1	198.5	241.5	271.5
2	197.3	251.3	263.2
3	184.8	236.7	276.8
4	211.3	275.2	276.5
5	208.2	265.1	278.3
6	205.1	247.1	266.4
7	208.3	251.4	269.4
8	213.1	230.1	274.7
9	192.9	241.4	277.7
10	198.4	250.8	278.8
<b>MEDIA</b>	<b>201.79</b>	<b>249.06</b>	<b>273.33</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Prueba de Hipótesis.

La prueba de hipótesis permitirá elevar el nivel científico de la investigación. Previo a ello se hizo la prueba de normalidad para saber si corresponde a una prueba paramétrica o no paramétrica.



La contrastación correspondiente se realizará para diferenciar el tratamiento del curado de elementos de concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina y por aspersión.

**I) Prueba de Normalidad.**

**a) Prueba de normalidad de las observaciones generales sobre el aprendizaje de funciones**

Descripción y análisis de normalidad

1°. Planteo de hipótesis para prueba de normalidad

$H_0$  : Las observaciones se ajustan a una distribución normal.

$H_a$  : Las observaciones no se ajustan a una distribución normal.

2°. Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

3°. Estadístico de prueba: Método de Shapiro Wilk en razón de que la cantidad de datos es menor que 50.

**Tabla 27.** Prueba de normalidad del curado con fibras de celulosa unidas con lignina.

**Pruebas de normalidad**

Método curado	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Curado con fibras de celulosa unidas con lignina	,230	10	,143	,945	10	,609

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 28.** Prueba de normalidad del curado con aspersión.**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Curado con aspersión	,163	10	,200*	,943	10	,591

Fuente: Elaboración Propia

4°. Decisión: como sig. En los curados con aspersión y con fibras de celulosa unidas con lignina son mayores que el nivel de significancia 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula; es decir las observaciones se ajustan a una distribución aproximadamente normal.

En ese sentido la contrastación de la hipótesis corresponde a una prueba estadística paramétrica.

Asimismo se hizo la prueba de Levene para verificar la igualdad de varianzas.

H0 : Las varianzas son iguales.

Ha : Las varianzas no son iguales.

**Tabla 29.** Prueba de Levene sobre igualdad de varianzas.

Evaluación	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	
	F	Sig.
Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales	,576	,458

Fuente: Elaboración Propia



El valor del p – valor de la prueba de Levene igual a 0.458 es mayor a 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula afirmando que las varianzas son homogéneas de los curados con aspersión y con fibras de celulosa unidas con lignina

## II) **Contrastación de hipótesis.**

### ➤ **Contrastación de la hipótesis general**

#### A. **Formulación de hipótesis**

##### **Hipótesis de investigación:**

**H<sub>0</sub>:** La aplicación de fibras de celulosa unidas con lignina no influye significativamente en el curado de elementos de concreto hidráulico.

$$\mathbf{H_0: } \mu_e \leq \mu_c$$

**H<sub>1</sub>:** La aplicación de fibras de celulosa unidas con lignina influye significativamente en el curado de elementos de concreto hidráulico.

$$\mathbf{H_1: } \mu_e > \mu_c$$

Donde:

**H<sub>0</sub>** = Hipótesis nula

**H<sub>1</sub>** = Hipótesis alternativa

#### B. **Determinación si la prueba es unilateral o bilateral**

La hipótesis alternativa indica que la prueba es bilateral.





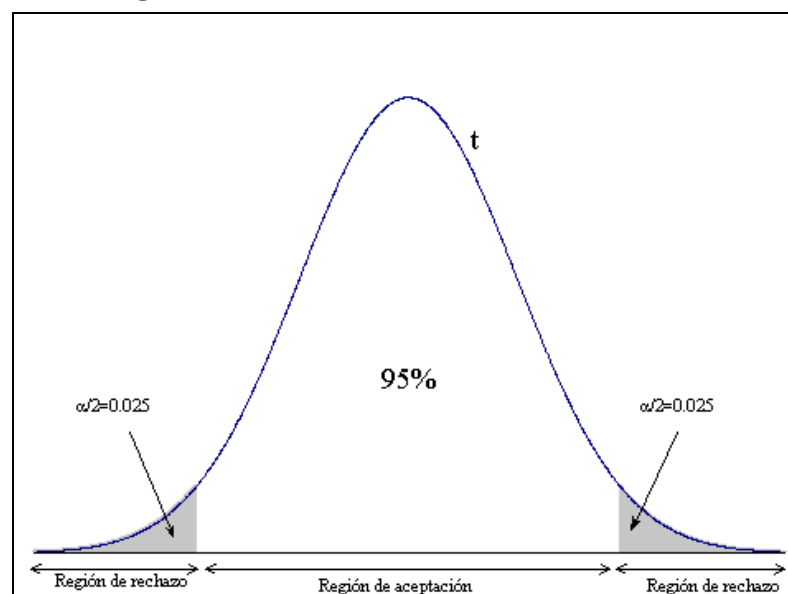
**C. Nivel de significación de la prueba y nivel de confiabilidad**

$gl = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$ . Asimismo se asumió el nivel de confiabilidad del 95% y nivel de significancia del 5%.

**D. Valor del estadístico de prueba y distribución de probabilidad**

El valor del estadístico de prueba es la comparación de medias de resultados independientes a través de la distribución t de Student. El uso del estadístico de prueba mencionado cumple con la propiedad que  $n_1$  y  $n_2$  no son mayores que 30, asimismo el uso de la distribución de probabilidad indicada es porque el valor de significancia de normalidad mediante Shapiro Wilk resultó mayor que el nivel de significancia igual a 0,05 en ambas técnicas de curado. Asimismo la prueba de Levine permitió verificar que las varianzas son aproximadamente iguales.

**Figura N° 10. Distribución “t” de Student.**



Fuente: [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t\\_student/images/t\\_stud3.gif](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t_student/images/t_stud3.gif)



Se consideró una confiabilidad del 95% del tamaño de muestra para validar la hipótesis, entonces analizamos las regiones para la aceptación y/o rechazo, haciéndose un contraste de la hipótesis. Teniendo el valor 95% nos queda el margen de aceptación o rechazo de la hipótesis  $\pm\alpha/2$  que es igual a 0.025 por lo que se tendrá que un valor de validación de hipótesis igual 2.101.

**Figura N° 11. Valores de aceptación de hipótesis.**

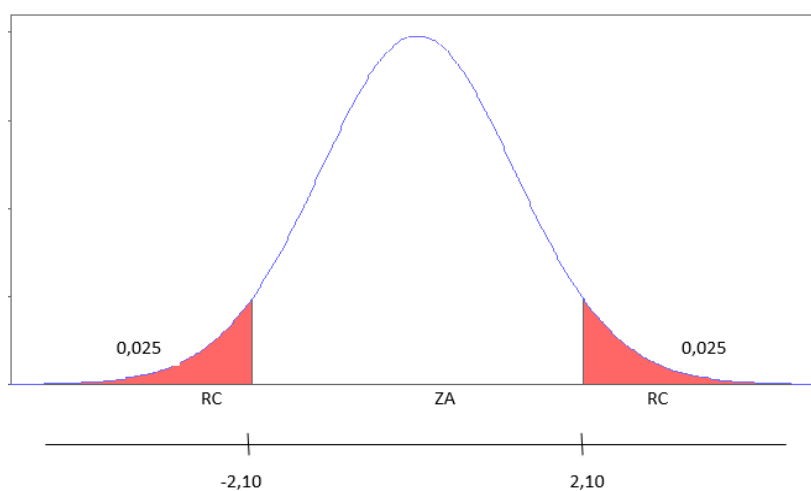
r	1 - $\alpha$							
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Fuente: Estadística descriptiva e inferencial – Mg. Manuel Córdova Zamora.



Finalmente, la representación de la aceptación y/o rechazo de la hipótesis quedara representada en la figura N° 11.

**Figura N° 12. Distribución “t” de Student de la hipótesis.**



Fuente: Elaboración Propia

➤ Prueba estadístico.

Aceptar  $H_0$  si  $-2.10 < t < 2.10$

Rechazar  $H_0$  si  $-2.10 \geq t \geq 2.10$



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



### **Capítulo III. Discusión de Resultados.**



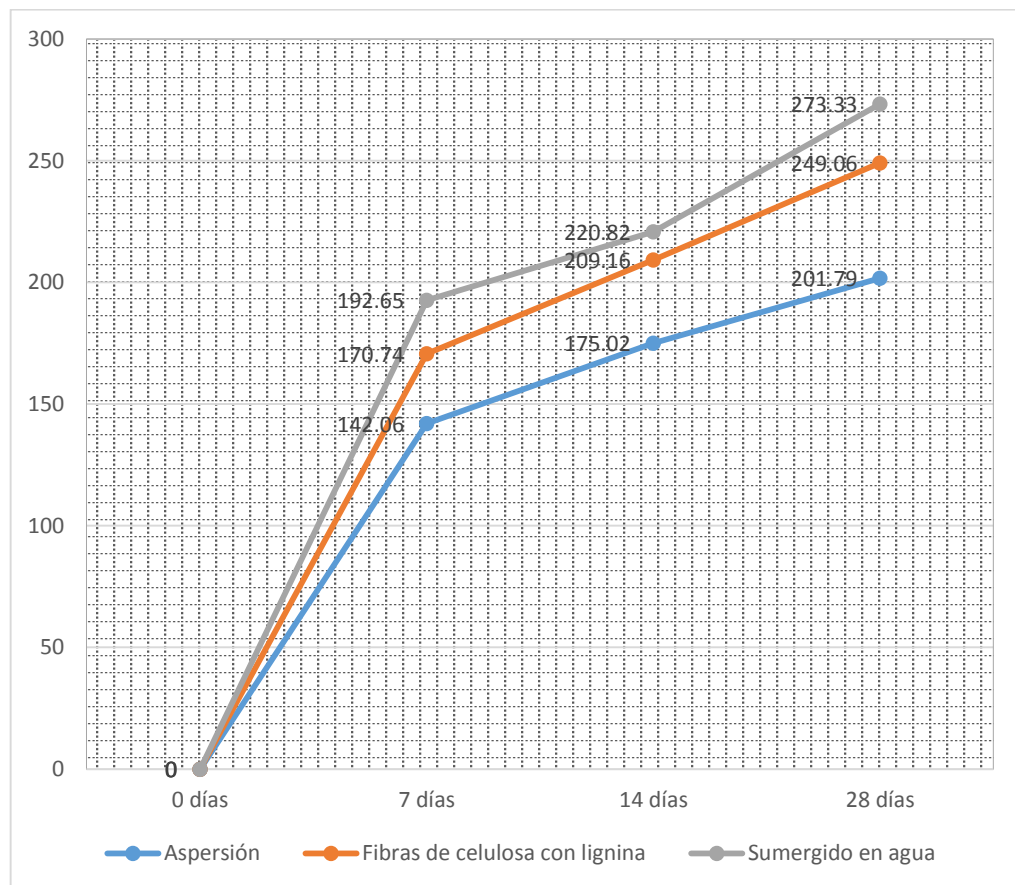
**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



### 3.1. Interpretación de Resultados.

Se tiene en la figura N° 12, la resistencia a la compresión de 7, 14 y 28 días de edad del concreto hidráulico.

**Figura N° 13. Resistencia a la compresión promedio a los 7, 14 y 28 días.**



Fuente: Elaboración Propia

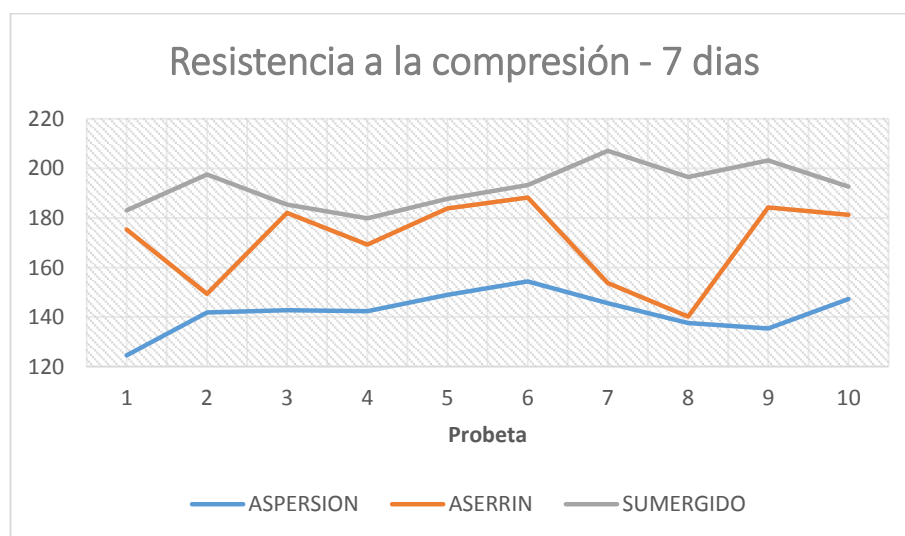
En la figura N° 12 se observa que en general presentan un comportamiento similar en cuanto al desarrollo de la resistencia en el tiempo.



**Tabla 30.** Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días.

PROBETAS	METODO DE CURADO		
	ASPERSION (kg/cm <sup>2</sup> )	ASERRIN (kg/cm <sup>2</sup> )	SUMERGIDO (kg/cm <sup>2</sup> )
01,11,21	124.5	175.3	183.1
02,12,22	141.8	149.4	197.6
03,13,23	142.8	182.1	185.4
04,14,24	142.3	169.2	179.8
05,15,25	148.9	183.8	187.8
06,16,26	154.4	188.2	193.3
07,17,27	145.6	153.7	207.1
08,18,28	137.6	140.2	196.5
09,19,29	135.4	184.2	203.3
10,20,30	147.3	181.3	192.6

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 14.** Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia



### Interpretación.

En la tabla y gráfico se observa que en las pruebas que se hicieron en probetas sobre el curado de elementos de concreto hidráulico en los 7 días mediante el curado con aspersión, curado con fibras de celulosa unidas con lignina y el tratamiento sumergido.

Se observa que a los 7 días el tratamiento sumergido genera mejor resistencia a la compresión; asimismo se observa que el curado con fibras de celulosa unidas con lignina genera mejor resistencia que el curado con aspersión. En ese sentido el curado con fibras de celulosa unidas con lignina constituye una técnica apropiada para el curado de los elementos de concreto.

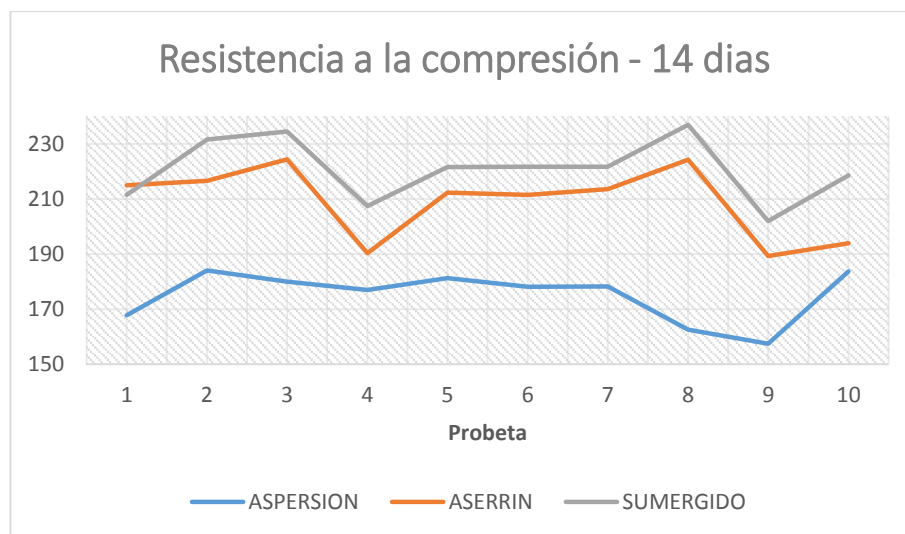
**Tabla 31.** Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días.

PROBETAS	METODO DE CURADO		
	ASPERSION (kg/cm <sup>2</sup> )	ASERRIN (kg/cm <sup>2</sup> )	SUMERGIDO (kg/cm <sup>2</sup> )
31,41,51	167.8	215	211.5
32,42,52	184.1	216.7	231.7
33,43,53	180	224.4	234.6
34,44,54	177	190.4	207.5
35,45,55	181.3	212.4	221.7
36,46,56	178.1	211.5	221.8
37,47,57	178.3	213.6	221.8
38,48,58	162.5	224.3	237
39,49,59	157.4	189.3	202
40,50,60	183.7	194	218.6

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 15. Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días.**



Fuente: Elaboración Propia

### **Interpretación.**

En la tabla y gráfico se observa que en las pruebas que se hicieron en probetas sobre el curado de elementos de concreto hidráulico en los 14 días mediante el curado con aspersión, curado con fibras de celulosa unidas con lignina y el tratamiento sumergido.

Se observa que a los 14 días el tratamiento sumergido genera mejor resistencia a la compresión; asimismo se observa que el curado con fibras de celulosa unidas con lignina genera mejor resistencia que el curado con aspersión. En ese sentido el curado con fibras de celulosa unidas con lignina constituye una técnica apropiada para el curado de los elementos de concreto y que en algunas pruebas se acercaron a tratamiento sumergido.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel

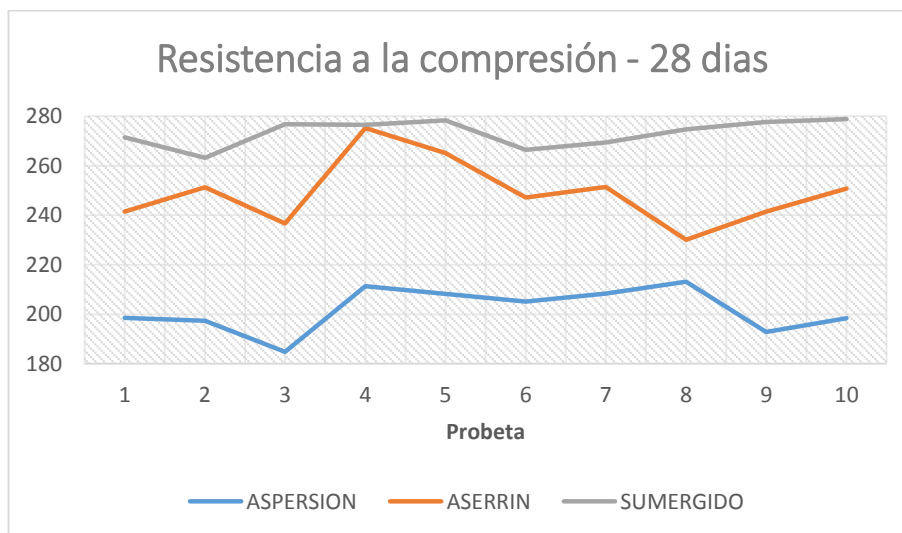




**Tabla 32.** Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días.

PROBETAS	METODO DE CURADO		
	ASPERSION (kg/cm <sup>2</sup> )	ASERRIN (kg/cm <sup>2</sup> )	SUMERGIDO (kg/cm <sup>2</sup> )
61,71,81	198.5	241.5	271.5
62,72,82	197.3	251.3	263.2
63,73,83	184.8	236.7	276.8
64,74,84	211.3	275.2	276.5
65,75,85	208.2	265.1	278.3
66,76,86	205.1	247.1	266.4
67,77,87	208.3	251.4	269.4
68,78,88	213.1	230.1	274.7
69,79,89	192.9	241.4	277.7
70,80,90	198.4	250.8	278.8

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 16.** Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia



### **Interpretación.**

En la tabla y gráfico se observa que en las pruebas que se hicieron en probetas sobre el curado de elementos de concreto hidráulico en los 28 días mediante el curado con aspersión, curado con fibras de celulosa unidas con lignina y el tratamiento sumergido.

Se observa que a los 28 días el tratamiento sumergido genera mejor resistencia a la compresión; asimismo se observa que el curado con fibras de celulosa unidas con lignina genera mejor resistencia que el curado con aspersión. En ese sentido el curado con fibras de celulosa unidas con lignina constituye una técnica apropiada para el curado de los elementos de concreto y que muestran diferencias significativas que el curado con aspersión.

**Tabla 33.** Resultados promedio de la resistencia a la compresión

<b>METODO DE CURADO</b>	<b>RESULTADOS PROMEDIOS RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>		
	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
<b>Aspersión</b>	142.06	175.02	201.79
<b>Aserrín</b>	170.74	209.16	249.06
<b>Sumergido</b>	192.65	220.82	273.33

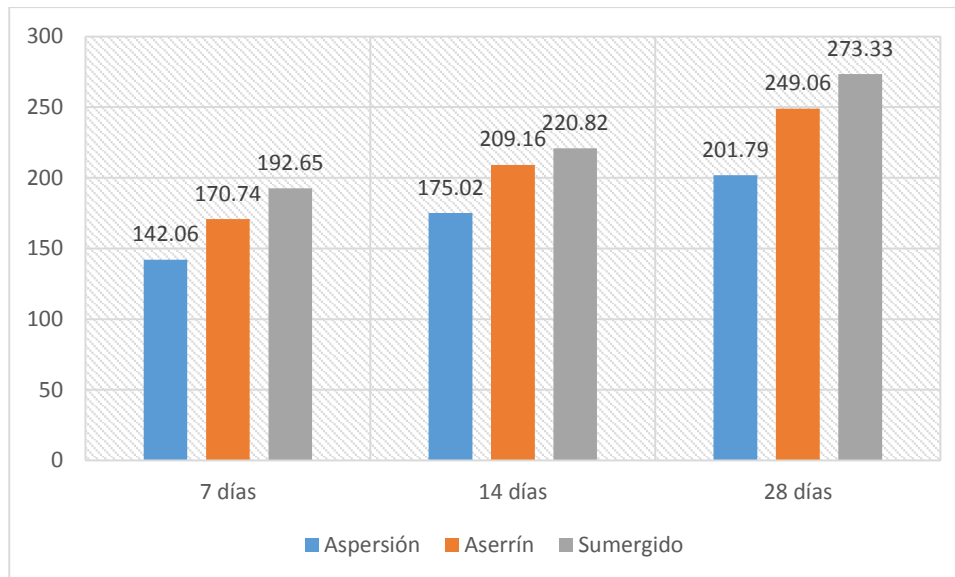
Fuente: Elaboración Propia



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



**Figura N° 17. Resultados promedio de la resistencia a la compresión.**



### **Interpretación.**

En los resultados de los promedios que generaron los tres tipos de tratamiento y en periodos distintos se evidencia claramente que el tratamiento sumergido de resistencia a la compresión no ha sido superado por el curado con aspersión ni con el curado con fibras de celulosa unidas con lignina en ninguno de los periodos correspondientes.

Asimismo se evidencia claramente que el curado con fibras de celulosa unidas con lignina generan mejor resultado de resistencia a la compresión respecto al curado con aspersión. A los 28 días el curado con fibras de celulosa unidas con lignina ha generado mejor resultado.



El valor del estadístico de prueba se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}$$

Donde:

t: Valor calculado de “t” de Student

$\bar{X}_1$ : Media del curado con fibras de celulosa unidas con lignina

$\bar{X}_2$ : Media del curado con aspersión

$$s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \sqrt{\frac{(\sum X_1^2 + \sum X_2^2)}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

$$\sum X_1^2 = \sum (X_1)^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n} \quad \text{y}$$

$$\sum X_2^2 = \sum (X_2)^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

$\sum X_1^2$ : Suma de las desviaciones al cuadrado del curado con fibras de celulosa unidas con lignina.

$\sum X_2^2$ : Suma de las desviaciones al cuadrado del curado con aspersión.



**Tabla 34.** Resultados generales de los curados con fibras de celulosa unidas con lignina y con aspersión

observaciones	METODO DE CURADO			
	Curado con fibras de celulosa unidas con lignina		Curado con aspersión	
	$X_1$	$(X_1)^2$	$X_2$	$(X_2)^2$
1	241.5	58322	198.5	39402
2	251.3	63152	197.3	38927
3	236.7	56027	184.8	34151
4	275.2	75735	211.3	44648
5	265.1	70278	208.2	43347
6	247.1	61058	205.1	42066
7	251.4	63202	208.3	43389
8	230.1	52946	213.1	45412
9	241.4	58274	192.9	37210
10	250.8	62901	198.4	39363
$\Sigma$ M. Aritmética	<b>2491</b>	<b>621895</b>	<b>2018</b>	<b>407915</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$\bar{X}_1 = 249.06$$

$$\bar{X}_2 = 201.79$$

$$n_1 = 10$$

$$n_2 = 10$$

**Cálculo con respecto a  $X_1$  :**

$$\sum X_1^2 = \sum (X_1)^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}$$

$$\sum X_1^2 = 1586.02$$



**Cálculo con respecto a  $X_2$  :**

$$\sum X_2^2 = \sum (X_2)^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

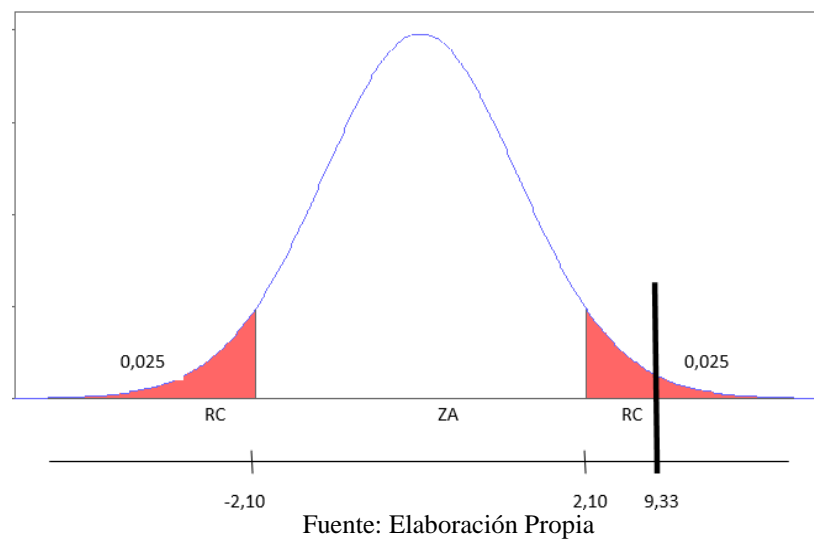
$$\sum X_2^2 = 722.95$$

Luego:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(\sum X_1^2 + \sum X_2^2)}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Reemplazando:  $t = 9,33$

**Figura N° 18. Validación “t” de Student.**



$t = 9.33 > 2.10$ , se ubica en la zona de rechazo, en consecuencia se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ). Por lo verificado se afirma que la aplicación de fibras de celulosa unidas con lignina influye significativamente en el curado de elementos de concreto hidráulico.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



## Conclusiones

El curado del concreto con fibras de celulosas unidas con ligninas, tiene como características absorber el agua y de esta manera aporta a que el concreto se mantenga húmedo por un mayor tiempo, promoviendo la hidratación del cemento y el desarrollo de la resistencia a la compresión, en comparación con el método del curado en aspersión.

El curado por aspersión presenta una pérdida de resistencia del 26.17% en relación con el concreto curado sumergido en agua a los 28 días. El curado con fibras de celulosa unidas con lignina presenta una pérdida de resistencia del 8.88% en relación con el concreto curado sumergido en agua a los 28 días.

En relación con el curado sumergido en agua, que ha sido tomado como patrón de referencia, se ha encontrado que el método de curado en obra más recomendado es el curado con fibras de celulosas unidas con lignina, debido a su mejor comportamiento al control de calor de hidratación respecto al curado del concreto por aspersión.

Se puede decir que no se requiere de métodos de curados con grandes inversiones económicas y tecnológicas para obtener significantes resultados en la resistencia a la compresión del concreto y una de las alternativas es el método del curado con fibras de celulosa unidas con lignina.

Se conoció más de cerca los tres métodos de curados que se aplican a los concretos y se comprendió la importancia de la relación existente entre un buen curado y la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto



En los concretos hidráulicos curados con fibras de celulosa unidas con lignina se aprecian coloración en todo la parte superficial, debido al humedecimiento de dicho material, afectando el acabado final del concreto.

Un punto muy importante del curado con fibras de celulosa unidas con lignina es que se determinó los siguientes principios:

- Reducir: evitar que de una u otra forma se genere desperdicios innecesarios del agua, ya que de lo contrario se generaría pérdida de tiempo y dinero.
- Reutilizar: volver a usar el material varias veces sin necesidad de destruirlos o deshacerse de ellos.
- Reciclar: que las fibras de celulosas unidas con lignina puede ser aun reciclados para otro fines, aún después de haber sido utilizados para el curado del concreto.

En general el enfoque de esta investigación, fue calcular la influencia del curado con fibras de celulosas unidas con lignina y su aplicación en los concretos hidráulicos, aprovechando así un material reciclado, en el peor de los casos desechados.

De esta manera se estableció un margen importante, como es el reciclaje dentro de esta actividad, dejándonos una garantía importante para someter este proyecto y catalogarlo como “investigación en pro del medio ambiente”, esto gracias a los resultados obtenidos que sin duda nos dictan una vez más que podemos construir cuidando y protegiendo de cierta forma nuestra naturaleza.

Después de evaluados los resultados, obtenemos que el curado del concreto con fibras de celulosas unidas con lignina tienen mejor comportamiento al control de calor de hidratación respecto al curado del concreto por aspersión. Se hizo el análisis con la





teoría de las muestras pequeñas distribución “t” Student. Se ha demostrado que para un nivel de significancia del 5%, la resistencia a la compresión se ubica en la zona de rechazo; lo que nos permite rechazar la hipótesis nula y aceptar nuestra hipótesis de investigación.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



### **Recomendaciones**

El concreto desarrollado en esta investigación presenta unas resistencias a la compresión cercanas a las del diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo debido a la dispersión existentes en los resultados obtenidos, se recomienda un análisis más minucioso de las variables iniciales de diseño para conseguir mejores resistencias.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda utilizar el curado con fibras de celulosa unidas con ligninas, ya que obtuvimos mejores resultados a la resistencia a la compresión respecto al curado con aspersion, a ello adicionarle que con este método de curado estaremos reutilizando un material ya desechables para muchos.

Independiente del método del curado a utilizar, es recomendable hacer una programación o control que permita determinar la eficiencia del método adoptado, para lo cual se debe utilizar un patrón de comparación. En está presente tesis, se pudo verificar que el concreto curado sumergido en agua (inmersión) presenta los mejores valores de resistencia, lo que ratifica como una excelente referencia de análisis.

De acuerdo al estudio realizado, se demuestra la influencia del método de curado con fibras de celulosas unidas con lignina en los concretos hidráulicos; sin embargo para un mejor control se recomienda realizar moldes metálicos para poder rodear el concreto de una manera más fija y estable.

Se recomienda cubrir el concreto con un plástico o una tela antes de aplicar el método del curado con fibras de celulosas unidas con lignina para evitar la coloración de su superficie.



### **Líneas Futuras de Investigación.**

Se recomienda continuar con la investigación de la influencia del curado de concreto hidráulico con fibras de celulosa unidas con lignina respecto a la resistencia a la tracción y a la flexión.

Se sugiere realizar una investigación acerca de la protección del concreto con fibras de celulosas unidas con lignina sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo en las etapas de curado de 7, 14 y 28 días.

Se recomienda profundizar esta investigación sobre los métodos de curado con otros materiales como son las mantas térmicas, arena, lana mineral, etc.

Las industrias madereras generan el aserrín en grandes cantidades, aunque no es toxico, se recomienda encontrar alguna utilidad que pueda ser provechoso y que tenga menor impacto en el medio ambiente, como la integración del aserrín en la fabricación de bloques de concreto y sus respectivas propiedades tanto físicas como mecánicas. Se recomienda realizar una investigación más profunda del material.



### Bibliografía

- Reglamento Nacional de Edificaciones E. 060 – 2016. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Hernández, N. (2010). Efecto del curado sobre un concreto de resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Ingeniería UC, vol. 17(3), 92-96.
- Garin, L., Santilli, A., y Pejoja, E. (2012). Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón. Difusión científica y técnica, 10(2012), 109-114.
- Amaro, M. (2002). *Estudio de la variación de la resistencia en compresión en concretos de alta resistencia debido al curado en laboratorio y bajo condiciones de obra* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Niño, P. (2014). *Influencia del régimen de curado sobre la resistencia a compresión del concreto de ultra alto desempeño*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Guichapai, F. (2008). *Comparación de Tres Métodos Prácticos de Curado de Hormigón Aplicados en Obras Menores Frente a un Patrón de Hormigón sin Curar*. (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Medina, L., y Quispe, N. (2017). *Protección Óptima en el Proceso de Curado y su Influencia en la Resistencia de los Concretos Expuestos a*



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



*Ciclos de Congelamiento y Deshielo.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

- Gutiérrez, H., y de la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos.* México D.F., México: Programas Educativos S.A. de C.V.
- NACU (1907), Report by the Committe on laws and ordinances. Journal Proceedings.
- ACI Standards and Reports (2001). ACI 318: Building code requirements for structural concrete. Estados Unidos de America.
- ACI Standards and Reports (2001). ACI 308: Guide to curing concrete. Estados Unidos de America.
- ACI Committee 308R. (2001). Guide to Curing Concrete. *American Concrete Institute.*01-30.
- Carmona, S., Aguado de Cea, A., Molins, C., Cabrera, M., Control de la tenacidad de los hormigones reforzados con fibras usando el ensayo de doble punzonamiento. *Ingeniería de Construcción*, 24(2) 119 – 140.
- Fernández, L. (2009). Importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento. Parte I: Análisis teórico de los efectos del secado prematuro. *Hormigón*, 38 – 47.
- ACI Committe 308R-01. (2008). Guide to Curing Concrete. *American Concrete Institute*, 01-30.
- EHE. (2008). Instrucción del Hormigón Estructural. *Ministerio de Fomento.* Centro de Publicaciones Madrid, España.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



- Neville, A. Properties of Concrete. Pearson Educational Ltd.(2011)
- Fernández, L. (2010). Propuesta de indicadores de la eficacia del curado en obra. *Concrete y Cemento, Investigación y Desarrollo*, 1(2),17 – 29.
- Gonzales, F. (2006). Manual de Supervisión de Obras de Concreto. México: LIMUSA.
- Gonnerman, H., Shuman, E. (1928). Flexure and tension tests of plain concrete. *Research and Development Laboratories of the Portland Cement Association*. 527-564.
- McCormac, J. C., y Brown, R. H. (2002). *Diseño de concreto reforzado*, México D.F., México: Alfaomega.
- Abrams, D. (1918). Diseño de Mezclas de Concreto. Institute Structural Materials.
- Rivera G.A. (2009). *Concreto Simple*. Cauca, Colombia: Javeriana.
- Borja, M. (2012) *Metodología de la Investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú: s.n., 2012.
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima, Perú: Fondo Editorial 2002.
- Riva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú: ACI, 2000.
- Rivva, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- Serret, N., Giralt, G., y Quintero, M. (2016). Caracterización de Aserrín de Diferentes Maderas. *Tecnología Química*, 36(3), 395-405. Recuperado de



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852016000300012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300012)

- Teddlie, C., y Tashakkori, A. (2009). Una Tipología general de diseño de Investigación con Métodos Mixtos. *Investigación en las Escuelas*, 13(1), 12-28.
- Martínez, A. (2012). *Diseños Experimentales*. Chapingo, México: Trillas.
- Bernal, C.A. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson.
- Norma Técnica Peruana 400.012. (2001). Análisis Granulométrico del Agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 339.009. (2008). Especificación normalizada para Cemento Portland. Lima, Perú.
- Castro, J., De Solminihac, H., Videla, C., y Fernández, B. (2007). Estudio en laboratorio para pavimentos porosos de Hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 24(3), 271-284. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Norma Técnica Peruana 339.088. (2014). Requisitos de Calidad del Agua para el Concreto. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 339.183. (2003). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio. Lima, Perú.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



- Norma Técnica Peruana 339.037. (2008). Practica Normalizada para el Refrentado de Testigos Cilíndricos de Concreto. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 339.046. (2008). Practica Normalizada para el Refrentado de Testigos Cilíndricos de Concreto. Lima, Perú.



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel





## Anexos



**INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO  
CON FIBRAS DE CELULOSA UNIDAS CON LIGNINA**  
TESISTA: Cervantes Fernández, Miguel Ángel



**MTC E 702****ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGON (CONCRETO) EN EL LABORATORIO****1.0 OBJETO**

- 1.1 Establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

- 2.1 Esta práctica proporciona requisitos normalizados para la preparación de materiales, mezclas de concreto y la elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo bajo condiciones controladas.
- 2.2 Si la preparación de los especímenes se controla como lo indica esta norma, ellos se pueden emplear para obtener información útil en:
- 2.2.1 Dosificación de mezclas de concreto.
- 2.2.2 Evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- 2.2.3 Correlaciones con resultados de pruebas no destructivas, y
- 2.2.4 Elaboración de especímenes con fines de investigación.
- 2.3 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.
- 2.4 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

**3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

- 3.1 NTP 339.183 CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.
- 3.2 ASTM C 192 Standard Practices for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

**4.0 EQUIPO Y MATERIALES****4.1 EQUIPOS**

- 4.1.1 Moldes en general – Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado, o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual van a ser usados. Los moldes deben ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida. Un sellante apropiado como arcilla, parafina, grasa o cera microcristalina, puede ser utilizado para impedir filtraciones por las uniones. Para fijar el molde a la base del mismo, éste debe tener medios adecuados para ello. Los moldes reutilizables se deben cubrir ligeramente con aceite mineral o un material apropiado de desprendimiento, antes de su uso.
- 4.1.2 Moldes cilíndricos reutilizables
- 4.1.2.1 Moldes para fabricación de muestras para pruebas verticales – Deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente.
- El plano transversal del cilindro debe ser perpendicular al eje del cilindro.
- La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de  $\pm 2,0$  mm y en la altura la tolerancia será de  $\pm 6,0$  mm
- Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, deben estar de acuerdo con la especificación ASTM C-470 "Molds For Forming Concrete Test Cylinders Vertically".

#### 4.1.2.2 Moldes para fabricación de muestras para pruebas de flujo plástico (Creep)

El uso de moldes horizontales está proyectado solamente para especímenes de flujo plástico (creep) que contienen medidores de deformación embebidos axialmente. Los moldes para cilindros de flujo plástico (creep) que van a ser llenados mientras se sostienen en posición horizontal deben tener un canal alimentador paralelo al eje del molde que se extienda a todo lo largo para recibir el concreto. El ancho del canal debe ser de la mitad del diámetro del espécimen. Si es necesario, los bordes del canal pueden ser reforzados para mantener la estabilidad dimensional. A menos que los especímenes vayan a ser refrendados para obtener extremos planos, los moldes deberán estar equipados con dos placas maquinadas de metal para las bases. Estas placas deben ser de, por lo menos, 1" (25 mm) de espesor y las superficies de trabajo deben cumplir con los requerimientos de ser planas y regulares superficialmente como se indica en la norma ASTM C 617. Se deben tomar las medidas necesarias para fijar las placas firmemente al molde. La superficie interna de cada placa de base debe estar provista de, por lo menos, tres uñas o pernos de aproximadamente 1" (25 mm) de largo, sujetos firmemente a la placa para empotrarse en el concreto. Una placa base debe perforarse desde adentro en un ángulo que permita al alambre del medidor de deformación salir del espécimen a través del borde de la placa. Se deben tomar las medidas necesarias para colocar con precisión el medidor de deformación. Todos los orificios necesarios deben ser lo más pequeños que sea posible, para minimizar alteraciones en las subsecuentes medidas de deformación y deben ser sellados para prevenir escapes.

#### 4.1.3 Vigas y moldes prismáticos – Deben ser de forma rectangular (salvo que se especifique de otro modo) y de las dimensiones requeridas para producir especímenes del tamaño deseado. La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre sí y libres de torceduras u ondulaciones.

La tolerancia en las dimensiones nominales de la sección transversal será de  $\pm 3,2$  mm (1/16") para dimensiones mayores o iguales a 152 mm (6") y de  $\pm 1,6$  mm (1/16") para dimensiones menores de 152 mm (6").

Excepto para muestras destinadas a ensayos de flexión, la longitud nominal de los moldes debe tener una tolerancia de 1,6 mm (1/16"). Los moldes para ensayos de flexión no deberán tener una longitud inferior en más de 1,6 mm (1/16") con respecto a la longitud especificada, pero puede excederse dicha longitud en más del valor mencionado.

#### 4.1.4 Varilla compactadora – Debe ser de acero, cilíndrica y su extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Según el diámetro y longitud, la varilla compactadora puede ser de dos tipos:

4.1.4.1 Varilla compactadora larga – De diámetro igual a 16 mm (5/8"), y aproximadamente 600 mm (24") de longitud.

4.1.4.2 Varilla compactadora corta – De diámetro igual a 10 mm (3/8") y aproximadamente 300 mm (12") de longitud.

4.1.5 Martillo – Debe ser de caucho, que pese  $0,57 \pm 0,23$  kg ( $1,25 \pm 0,5$  lb).

#### 4.1.6 Vibradores:

4.1.6.1 Vibradores Internos – Pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. El diámetro de un vibrador redondo no debe ser mayor de la cuarta parte del diámetro del cilindro ni de la cuarta parte del ancho de la viga o del molde prismático. Vibradores de otras formas deberán tener un perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador redondo apropiado.

La longitud total de vibrador y brazo deberá exceder a la profundidad de la sección que está siendo vibrada en 76,0 mm (3"), como mínimo.

- 4.1.6.2 Vibradores externos – Pueden ser de mesa o de plancha. La frecuencia de vibración debe ser de 3600 rpm o mayor y su construcción debe ser tal, que el molde quede firme y asegurado sobre la mesa. Se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.
- 4.1.7 Cono para medir el asentamiento – Debe cumplir con los requisitos indicados en la norma MTC E 705.
- 4.1.8 Recipientes para muestreo y mezcla – Deben ser de fondo plano, metálico, de alto calibre, impermeable, de profundidad adecuada y de suficiente capacidad para permitir una mezcla fácil de toda la bachada con una pala o palustre o, si la mezcla se hace de manera mecánica, para recibir toda la bachada de la descarga del mezclador y permitir la remezcla en el recipiente con la pala o palustre.
- 4.1.9 Aparatos para medir el contenido de aire – El aparato para medir el contenido de aire debe cumplir con lo establecido en la norma MTC E 706.
- 4.1.10 Balanzas – Las balanzas para determinar la masa de las muestras deben tener una precisión de 0,30%.
- 4.1.11 Mezcladora de concreto – La mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamiento inferior a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor reclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última, reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.
- 4.1.12 Equipo Misceláneo – Tamices, palas, palustres, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.
- 4.1.13 Termómetro – Debe cumplir los requisitos de la norma ASTM C 1064.
- 4.1.14 Equipo para tamizado por vía húmeda – Si se requiere este tipo de tamizado, el equipo deberá satisfacer los requisitos de la norma MTC E 701.

## 4.2 MATERIALES

Temperatura: Los materiales deben ser llevados a una temperatura uniforme, preferiblemente entre 20° a 30°C, antes de ser mezclados excepto cuando se estipule otra temperatura.

- 4.2.1 Cemento - El cemento se debe almacenar en recipientes impermeables (preferiblemente metálicos) y colocados en un lugar seco. Debe ser mezclado perfectamente para proveer un suministro uniforme durante todo el ensayo.

Debe ser pasado por el tamiz de 850  $\mu\text{m}$  (N° 20) para retirar cualquier grumo, ser mezclado de nuevo sobre un plástico y retornado al recipiente.

- 4.2.2 Agregados - Para evitar la segregación del agregado grueso, el agregado se debe separar en fracciones de tamaño individual y recombinar luego, para cada bachada, con las proporciones necesarias para producir la gradación deseada.

Cuando una fracción de tamaño está presente en cantidad superior al 10%, el cociente entre el tamaño del tamiz superior y el del inferior no debe exceder de 2,0. Grupos aún más cercanos de tamaño resultan aconsejables.

A menos que el agregado fino se separe en fracciones de tamaño individual, se debe mantener en condición húmeda, o devolver a su condición húmeda hasta que sea usado, para prevenir la segregación, a menos que el material uniformemente grado se subdivida en lotes de tamaño de bachada usando un cuarteador con aberturas de tamaño adecuado. Si se están estudiando gradaciones inusuales, se puede necesitar secar y separar el agregado fino en fracciones de tamaño individual. En este caso, si la cantidad total requerida de agregado fino es mayor que la que se puede mezclar de forma eficiente como una sola unidad, las fracciones de tamaño individual deben ser pesadas en las cantidades requeridas para cada bachada individual. Si la cantidad total de agregado fino requerida es tal que se puede mezclar perfectamente y mantener en una condición

húmeda, entonces se deberá manejar de esta manera. El peso específico y la absorción de los agregados se deberán determinar de acuerdo con las normas MTC E 205 e MTC E 206.

Antes de incorporarse en el concreto, el agregado se debe preparar a una condición definida y uniforme de humedad. El peso del agregado que va a ser usado en la bachada se debe determinar por uno de los siguientes procedimientos:

- Los agregados de baja absorción (absorción inferior al 1,0%) pueden ser pesados en un ambiente seco, teniendo en cuenta la cantidad de agua que será absorbida por el concreto sin fraguar. Este procedimiento es particularmente útil para el agregado grueso, el cual puede ser reducido a bachadas como tamaños individuales; debido al peligro de la segregación, este procedimiento puede ser usado con el agregado fino únicamente cuando tal agregado se ha separado en tamaños individuales.
- Las fracciones de tamaños individuales de agregado pueden ser pesadas separadamente, recombinadas en un recipiente tapado en las cantidades requeridas para la bachada y sumergidas en agua por 24 horas, antes de su uso. Después de la inmersión, se deja decantar el exceso de agua y se determina el peso del agregado combinado junto con el agua de mezcla. Se debe tener en cuenta la cantidad de agua absorbida por el agregado.
- El agregado se puede llevar hasta una condición saturada y mantenerse en ella, con una humedad superficial suficiente para evitar pérdidas por drenaje, al menos 24 horas antes de su uso. Cuando se utiliza este método, la humedad del agregado debe ser determinada para poder calcular las cantidades de agregado saturado que se van a utilizar. La humedad superficial debe considerarse como parte del agua de mezcla. Este método descrito (humedad un poco por encima de la cantidad de absorción), es particularmente útil para agregados finos. Es menos usado para agregados gruesos, debido a la dificultad para encontrar con precisión la humedad, pero si se usa, cada fracción de tamaño individual debe manejarse separadamente para asegurar la obtención de la gradación apropiada.
- Los agregados fino y grueso pueden ser llevados hasta una condición saturada y superficialmente seca y mantenidos en ella, hasta que sean formadas las bachadas para su uso. Este método se usa principalmente para preparar material para bachadas que no excedan de  $0,007 \text{ m}^3$  ( $\frac{1}{4} \text{ pie}^3$ ) en volumen. Se debe tener mucho cuidado en evitar el secado durante su pesaje y su uso.

Agregados livianos – Estos agregados tienen generalmente un grado de absorción tal que ninguno de los procedimientos descritos es aplicable para ellos. La humedad de estos agregados en el momento del mezclado puede tener efectos importantes sobre las propiedades de los concretos, frescos y endurecidos, tales como pérdida de asentamiento, resistencia a la compresión, y al congelamiento y deshielo.

- 4.2.3 Aditivos – Los aditivos en polvo que son enteramente o en parte insolubles, que no contengan sales higroscópicas y que tengan que ser agregados en cantidades pequeñas, deben ser mezclados con una porción de cemento antes de introducir la mezcla en la mezcladora, de manera de asegurar su perfecta distribución en el concreto.

Los aditivos insolubles que son usados en cantidades excedentes al 10% en masa del cemento, como las puzolanas, deben ser manejados y adicionados a la mezcla en la misma forma como se maneja el cemento.

Los aditivos en polvo altamente insolubles, pero que contienen sales higroscópicas, pueden causar la aglomeración del cemento y deben ser mezclados con la arena antes de introducirlos a la mezcladora.

Los aditivos que son solubles en agua y los aditivos líquidos, deben ser adicionados a la mezcladora en solución con el agua de la mezcla. La cantidad de tal solución usada debe ser incluida en el cálculo del agua de la mezcla.

Los aditivos que son incompatibles en su forma concentrada, tales como las soluciones de cloruro de calcio y algunos aditivos incluso de aire y retardantes de fraguado, no deben ser entremezclados antes de ser adicionados al concreto.

El tiempo, la secuencia y el método utilizados para adicionar algunos aditivos a la mezcla de concreto, pueden tener efectos importantes sobre propiedades tales como el tiempo de fraguado y el contenido de aire.

El método seleccionado para la adición de aditivos se debe mantener inalterable de una mezcla a otra.

## **5.0 MUESTRA**

- 5.1 Muestras cilíndricas – Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50,0 mm (2") de diámetro por 100 mm (4") de longitud.

Si se desea establecer correlaciones o comparaciones con cilindros elaborados en el campo, los cilindros deberán ser de 150 mm x 300 mm (6" x 12"). De lo contrario, las dimensiones dependerán de lo indicado en la Sección 4.4 de esta norma y del método específico de ensayo.

Las muestras cilíndricas para los ensayos, exceptuando las destinadas al flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeadas con el eje del cilindro vertical y dejándolo en esta posición durante el fraguado.

Los especímenes cilíndricos para flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeados con el eje cilíndrico, ya sea vertical u horizontal y puede permitirse su endurecimiento en la posición en la cual fueron moldeados.

- 5.2 Muestras prismáticas – Las vigas para ensayos de flexión, prismas para congelamiento y deshielo, compresión, adherencia, cambios de longitud o de volumen, deben ser elaboradas con el eje longitudinal en posición horizontal, a menos que el ensayo en cuestión lo exija de otra manera, y sus dimensiones se deberán ajustar a los requisitos especificados de cada ensayo.

- 5.3 Otras muestras – Otras formas y tamaños de muestras para ensayos específicos pueden ser elaboradas de acuerdo con las condiciones generales especificadas en esta norma.

- 5.4 Tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño del agregado – El diámetro de una muestra cilíndrica o la mínima dimensión de una sección transversal rectangular debe ser, por lo menos, 3 veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado en la elaboración de la mezcla.

Partículas superiores al tamaño máximo nominal, que presenten de manera ocasional, deben ser retiradas de la mezcla, durante el moldeo. Cuando el concreto contenga partículas de tamaño mayor que el apropiado para el tamaño del molde o de los equipos a ser usados, la muestra deberá someterse a tamizado húmedo, conforme se describe en la norma MTC E 701.

- 5.5 Número de muestras – El número de especímenes y el número de bachadas de ensayo dependen de la práctica local y de la naturaleza del programa de ensayos. Los métodos de ensayo o las especificaciones para los cuales se elaboran los especímenes suelen dar orientaciones sobre el particular.

Usualmente, se deben elaborar tres o más especímenes para cada edad y condición del ensayo, a menos que se especifique otra cosa. Los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezcladas en días diferentes.

En todas las bachadas se debe elaborar un número igual de especímenes.

Cuando sea imposible moldear al menos un espécimen para cada variable en un día determinado, la mezcla para completar la serie entera de especímenes se debe efectuar tan pronto como sea posible (cuestión de pocos días) y una de las mezclas deberá ser repetida cada día, como un estándar de comparación.

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión. Los especímenes que contienen cemento tipo III son ensayados frecuentemente a 1, 3, 7 y 28 días. Tanto para el ensayo de compresión como el de flexión, se pueden hacer ensayos a 3 meses, 6 meses y un año. Para otras edades de ensayo se pueden requerir otros tipos de especímenes.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Mezcla de concreto – La mezcla de concreto debe ser tal, que deje un 10% de residuo después de haber moldeado el espécimen de ensayo.

Los procedimientos de mezclado manual no son aplicables a concretos con aire incluido o a concretos con asentamiento no medible. El mezclado manual se debe limitar a bachadas de 0,007 m<sup>3</sup> (¼ pie<sup>3</sup>) de volumen o menos.

- 6.1.1 Mezcla con máquina – Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera, según se indica en la Sección 5.4. Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adición a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unos cuantas revoluciones se adicionan el agregado fino, el cemento y el agua, con la mezcladora en funcionamiento.

Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones.

Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.

Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante el período de reposo.

Se debe restituir todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora, para conservar las proporciones (Nota 1).

El concreto se debe recibir en el recipiente limpio y seco y se debe remezclar con un palustre o pala, hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación.

**Nota 1.** Es difícil recobrar todo el mortero impregnado en las partes de las mezcladoras. Para compensar esta dificultad, se puede seguir uno de los procedimientos siguientes para asegurar las proporciones finales correctas en la mezcla:

1) "Embadurnando la mezcladora" – Justo antes de mezclar la bachada, la mezcladora es "embadurnada" mezclando una bachada proporcionada de tal forma que simule cercanamente la bachada del ensayo. El mortero que se adhiera a la mezcladora después de descargar la bachada intenta compensar la pérdida de mortero de la bachada del ensayo.

2) "Sobre proporción de la mezcla" – La mezcla de ensayo se proporciona con una cantidad de mortero en exceso, cantidad estimada de antemano, que pretende compensar en promedio, aquella que se queda adherida a la mezcladora. En este caso, el tambor es limpiado antes de mezclar la bachada de ensayo

- 6.1.2 Mezcla manual – Se debe hacer la mezcla en una bandeja o vasija metálica, impermeable, limpia y húmeda, con un palustre despuntado de albañil, utilizando el siguiente procedimiento:

Se debe mezclar el cemento, aditivo en polvo insoluble, si se va a utilizar, y el agregado fino sin adición de agua hasta que se logre una mezcla homogénea.

Seguidamente, se adiciona el agregado grueso mezclándolo sin adición de agua, hasta que se distribuya uniformemente en la mezcla.

Se adicionan el agua y el aditivo soluble si se va a utilizar, y se mezcla la masa lo suficiente para obtener una mezcla de concreto homogénea y de consistencia deseada. Si se necesita mezclado prolongado debido que el agua se añade por incrementos para ajustar la consistencia, se debe descartar la bachada y efectuar otra en la cual el mezclado no sea interrumpido para hacer tanteos con la consistencia.

- 6.2 Determinación del asentamiento – Se debe medir el asentamiento de cada bachada de acuerdo con la norma MTC E 705.
- 6.3 Determinación del contenido de aire – Se debe determinar el contenido del aire de acuerdo con la norma MTC E 706. El concreto usado para determinar el contenido de aire se debe decantar.
- 6.4 Rendimiento – Si se requiere se determina el rendimiento de cada bachada de concreto, de acuerdo con la norma MTC E 704, El concreto utilizado en los ensayos de asentamiento y de rendimiento se puede devolver al recipiente de la mezcla y remezclarse con la bachada.
- 6.5 Temperatura – Se determina la temperatura de cada bachada de concreto, en acuerdo con la norma ASTM C 1064.
- 6.6 Vaciado del concreto
  - 6.6.1 Lugar del moldeo – Se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.
  - 6.6.2 Colocación – El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar cada palada de concreto de tal manera que sea representativa de la bachada; además, la mezcla de concreto en el recipiente se debe remezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación. El palustre se debe mover alrededor del borde superior del molde a medida que se descarga el concreto, con el fin de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación.

En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado.
- 6.6.3 Número de capas – El número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser el especificado en la Tabla 1.
- 6.7 Compactación. La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla I). Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.



**Tabla 1**

Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS Hasta 300(12) Mayor que 300(12) Hasta 460(18) Mayor que 460(18)	Apisonado(varillado)	3 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	Las requeridas	
	Vibración	2 iguales	200(4)
	Vibración	3 ó más	
PRISMAS Hasta 200(8) Mayor que 200(8) Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado)	2 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	3 o más	
	Vibración	1	200(8) C 172
	Vibración	2 o más	

- a) Apisonado por varillado. Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla 1) aproximadamente del mismo volumen.

Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla 2. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (1/2") la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

- b) Vibración. Manténgase un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando. La vibración se debe transmitir al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se debe llenar y vibrar en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

Vibración interna. El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de 1/3 del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor de 4,0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debe extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.

Vibración interna para cilindros. En cada capa se debe introducir el vibrador en tres sitios diferentes. En cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.

Vibración interna para vigas y prismas. Se debe introducir el vibrador en puntos separados por una distancia no mayor de 150 mm (6") a lo largo de la línea central de la mayor dimensión de la

muestra. Para moldes de ancho mayor de 150 mm (6") se debe introducir el vibrador en dos líneas alternando las inserciones. Se debe permitir penetrar el eje del vibrador en la capa del fondo aproximadamente 25 mm (1").

Vibración externa. Cuando se use un vibrador externo debe tenerse el cuidado de que el molde este rígidamente unido a la superficie o elemento vibrante.

**Tabla 2**

**Diámetro de varilla y número de golpes por capa**

<b>CILINDROS</b>		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200(8)	16 (5/8)	50
250(10)	16 (5/8)	75
<b>VIGAS Y PRISMAS</b>		
Área de la superficie superior De la muestra en cm <sup>2</sup> (pulg <sup>2</sup> )	Diámetro de varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160(25)	10(3/8)	25
165(26) a 310 (49)	10(3/8)	1 por cada 7 cm <sup>2</sup> (1 pulg <sup>2</sup> ) de área
320(50) o más	16(5/8)	1 por cada 14m <sup>2</sup> (2pulg <sup>2</sup> ) de área

- 6.8 Acabado. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3,2 mm (1/8").
- 6.9 Acabados de cilindros. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (capping) (véase norma MTC E 703).
- 6.10 CURADO
- 6.10.1 Cubrimiento después del acabado. Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.
- 6.10.2 Extracción de la muestra. Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes.
- 6.10.3 Ambiente de curado – A menos que se especifique otra cosa, las muestras se deben mantener en condiciones de humedad con temperatura de 23,0° ± 2,0°C desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones.

La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permite lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo.

No deben exponerse los especímenes a condiciones de goteo o de corrientes de agua.

Debe evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.



## 7.0 PRECISION Y DISPERSION

### 7.1 PRECISION

- 7.1.1 Los datos para el establecimiento de los índices de precisión de varios ensayos realizados requeridos por esta norma fueron obtenidos en Estados Unidos en el Programa "The Concrete Proficiency Sample Program of de Cement and Concrete Reference Laboratory".
- 7.1.2 Las desviaciones normales para un operador en los ensayos de asentamiento, peso unitario, contenido de aire y resistencia a la compresión a 7 días de tandas de prueba han sido establecidos en: 18 mm (0,7 pulg), 14 kg/m<sup>3</sup> (0,9 lb/p<sup>3</sup>), 0,3 % y 14 kg/cm<sup>2</sup> (203 lb/p<sup>2</sup>), respectivamente; luego los resultados de dos tandas de prueba realizadas en el mismo laboratorio no diferirán en más de 50 mm (2,0 pulg), 40 kg/m<sup>3</sup> (2,5 lb/pie<sup>3</sup>), 0,8 % y 40 kg/cm<sup>2</sup> (574 lb/pulg<sup>2</sup>), respectivamente. Esta precisión es considerada aplicable para tandas de prueba del laboratorio dosificadas para cantidades específicas de materiales y una relación agua/cemento constante. Los valores deberán ser usados con precaución para concreto con aire incorporado, concreto con asentamiento menor a 50 mm (2 pulg) o sobre 150 mm (6 pulg) u concreto elaborado con agregado de peso diferente del normal o agregado de tamaño máximo nominal mayor a 25 mm (1 pulg).
- 7.1.3 Las desviaciones normales multi-laboratorios en los ensayos de asentamiento, peso unitario, contenido de aire y resistencia a la compresión a 7 días de tandas de prueba han sido establecidas en: 25 mm (1,0 pulg), 22 kg/m<sup>3</sup> (1,4 lb/pie<sup>3</sup>), 0,4 % y 25 kg/cm<sup>2</sup> (347 lb/pulg<sup>2</sup>), respectivamente; luego los resultados de un ensayo realizado de tandas de pruebas realizadas en dos laboratorios diferentes no deberían diferir en más de 70 mm (2,8 pulg), 62 kg/m<sup>3</sup> (4,0 lb/pie<sup>3</sup>), 1,1 % y 70 kg/cm<sup>2</sup> (981 lb/pulg<sup>2</sup>), respectivamente. Esta precisión es considerada aplicable para tandas de pruebas de laboratorio dosificadas para cantidades específicas de materiales y una relación agua/cemento constante. Los valores deberán ser usados con precaución para hormigón (concreto) con aire incorporado, hormigón (concreto) con asentamiento menor a 50 mm (2 pulg) o sobre 150 mm (6 pulg) u hormigón (concreto) elaborado con agregado de peso diferente del normal o agregado de tamaño máximo nominal mayor a 25 mm (1 pulg).

## MTC E 703

### REFRENTADO DE CILINDROS DE CONCRETO (CAPPING)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Especificar los aparatos, materiales y procedimientos necesarios para llevar a cabo el refrentado de cilindros de concreto, frescos o endurecidos, y de núcleos de concreto extraídos mediante rotación.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Los cilindros de concreto frescos son refrentados con cemento puro, mientras que los cilindros endurecidos y los núcleos de concreto se refrentan con yeso de alta resistencia o con mortero de azufre.
- 2.2 Una capa para el refrentado debe ser al menos tan fuerte como el concreto. La superficie de los especímenes ya refrentados deberá ser plana, con una tolerancia de 0,05 mm (0,002"), a lo largo de cualquier diámetro. Durante las operaciones de refrentado, deberá verificarse que las superficies sean realmente planas, escogiendo un espécimen de cada diez (10), mediante el uso de una regla y un medidor, haciendo un número mínimo de tres (3) mediadas, sobre diámetros diferentes, para asegurar que las superficies de las capas no se aparten del plano en más de 0,05 mm (0,002").
- 2.3 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.
- 2.4 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.037 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto).
- 3.2 ASTM C 617 Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- 3.3 AASHTO T 231 Standard Practices for Capping Cylindrical Concrete Specimens.

#### 4.0 EQUIPO Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Placas para refrentado: Placas planas de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor se utilizarán para el refrentado con pasta de cemento y yeso de alta resistencia, o un plato de metal mecanizado de por lo menos 11 mm de espesor, o un plato pulido de granito o diabasa de por lo menos 76 mm de espesor. Para el refrentado con mortero de azufre se utilizarán placas de metal similar al anterior o placas de piedra, sólo que el área de llenado que recibe el azufre fundido no será más profunda que 12 mm. En todos los casos, el diámetro de los platos será por lo menos 25 mm mayor que el diámetro del espécimen en ensayo y las superficies de refrentado no se apartarán de un plano por más de 0,05 mm en 152 mm. La rugosidad de la superficie de platos de metal recientemente acabados no excederá de los valores dados en la Tabla 4 de la norma ANSI B46.1 o 3,2  $\mu\text{m}$  para cualquier tipo de superficie y dirección de disposición. La superficie de los platos cuando están nuevos, estará libre de estrías, ranuras, o indentaciones más allá de aquellas causadas por la operación de acabado. Platos de metal que han estado en uso estarán libres de estrías, ranuras e indentaciones mayores que 0,25 mm de profundidad o mayor que 32 mm<sup>2</sup> en área de la superficie.

**Nota 1.** Se sugiere una dureza de Rockwell de 48 HRC para las placas y dispositivos utilizados para el refrentado con mortero de azufre.

- 4.1.2 Dispositivos de alineación – En conjunto con las placas de refrentado deberán usarse dispositivos de alineación apropiados, como barras-guía o niveles de ojo, para asegurar la

perpendicularidad del eje del espécimen cilíndrico, con tolerancia de 0,5° [Aproximadamente equivalente a 3,2 mm en 305 mm (0,125" en 12")]. El mismo requisito se aplica a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de la placa para refrentado, en caso de barras guía. Además, la localización de cada barra con respecto a su placa debe ser tal que ninguna capa de refrentado quedará descentrada sobre un espécimen de ensayo por más de 2 mm. Para refrentado de cilindros de concreto endurecido, puede usarse un aparato igual o equivalente al de la Figura 1.

4.1.3 Ollas de fundición para el mortero de azufre: Las ollas de fundición usadas para los morteros de azufre contarán con dispositivos automáticos de control de temperatura y serán de un metal o revestidos con un material que no sea reactivo con el azufre fundido.

4.1.3.1 Precaución: Las ollas de fundición equipadas con calentadores periféricos, proporcionaran seguridad contra posibles accidentes durante el recalentamiento de mezclas de azufre frías que tienen costras superficiales. Cuando se usen ollas de fundición no equipadas como lo indicado, se tendrá el cuidado de mover la mezcla con una varilla de metal, introduciéndola hasta el fondo de esta mientras se enfría, para evitar la presión bajo las costras superficiales endurecidas. La varilla debe ser de tamaño suficiente para que conduzca suficiente calor hacia la superficie y funda el anillo de mezcla que lo rodea evitando de esa manera la presión.

Las ollas de fundición se deben usar con campanas extractoras para eliminar los humos al exterior. El calentamiento sobre una llama directa es peligroso porque el punto de inflamación del azufre es aproximadamente 227 °C y la mezcla puede causar ignición debido al sobrecalentamiento. Si la mezcla causa ignición, se debe cubrir la olla para cortar o apagar las llamas. La olla debe recargarse con el material fresco después de que la llama se ha extinguido.

## 4.2 MATERIALES

La resistencia del material de refrentado y el espesor de la capa deberá estar de acuerdo a los requerimientos de la Tabla 1.

**Tabla 1**

Esfuerzo de compresión y máximo espesor de la capa de refrentado

Esfuerzo de compresión del cilindro	Esfuerzo mínimo del material de refrentado	Máximo espesor promedio del refrentado	Máximo espesor de cualquier parte del refrentado
3,5 – 50 Mpa(500 – 7000psi)	35 Mpa (5000 psi)	6mm (0,25")	8 mm (0,31")
> 50 Mpa (7000 psi)	Resistencia a la compresión no menor que la del cilindro	3mm (0,125")	5 mm (0,20")

4.2.1 Si el mortero de azufre, yeso de alta resistencia y otros materiales, excepto la pasta de cemento, serán utilizados para ensayar hormigón (concreto) con una resistencia mayor que 50 MPa, el fabricante o el usuario del material deberán proporcionar la documentación siguiente.

4.2.1.1 Que el promedio de la resistencia de 15 cilindros refrentados con estos materiales no sea menor que el 98 % del promedio de la resistencia de 15 cilindros compañeros refrentados con pasta de cemento o 15 cilindros alisados con una planitud dentro de 0,05 mm.

- 4.2.1.2 La desviación normal de las resistencias de los cilindros refrentados no sea mayor a 1,57 veces la desviación normal de los cilindros de referencia.
- 4.2.1.3 Que los requisitos de espesor de las capas de refrentado cumplieron con los ensayos de calificación, y
- 4.2.1.4 El tiempo de endurecimiento de las capas de refrentado usadas en los ensayos de calificación.
- 4.2.2 Adicionalmente, el informe del ensayo de calificación debe incluir la resistencia a la compresión de cubos de 50 mm de lado del material calificado y de cubos de pasta de cemento, si se utilizó. Los materiales de refrentado que cumplan con los requisitos se permiten usar en cilindros con resistencias 20 % mayor que el hormigón (concreto) ensayado en éstas pruebas de calificación. El fabricante deberá recalificar anualmente los lotes de materiales manufacturados, o siempre que haya un cambio en la formulación o en las materias primas. El usuario del material debe retener una copia de los resultados de calificación y las fechas de fabricación del material calificado y del material que corrientemente se está utilizando. Véase la Tabla 2.
- 4.2.3 La resistencia a la compresión de los materiales de refrentado será determinada de acuerdo con los procedimientos indicados en la NTP 334.051. Excepto para los morteros de azufre, el procedimiento de moldeado debe ser de acuerdo con la NTP 334.051, a menos que se especifiquen otros procedimientos para eliminar el aire atrapado en los poros. Véase la ASTM C 472 para los procedimientos de compactación alternativos. Los cubos se deben curar en el mismo ambiente para el mismo periodo de tiempo como el requerido para refrentar los cilindros de hormigón (concreto) en ensayo.
- 4.2.4 La resistencia del material de refrentado será determinada cada vez que se reciba un nuevo lote, o a intervalos que no exceden tres meses. Si algún lote falla en el cumplimiento de los requisitos de resistencia, no deberá ser utilizado y los ensayos de resistencia del material de reemplazo se realizarán semanalmente hasta que cuatro determinaciones consecutivas cumplan con los requisitos de la especificación.
- 4.2.5 Pasta de cemento
- 4.2.5.1 Realizar el ensayo de calificación de la pasta de cemento hidráulico, antes de usar para el refrentado, para establecer los efectos de relación de agua/cemento y la edad sobre la resistencia a la compresión en cubos de 50 mm de lado.

**Nota 2.** Los cementos usados generalmente son los Tipos I, II o III que cumplen con la NTP 334.009, sin embargo, los cementos adicionados de la NTP 334.090, los cementos de aluminato de calcio u otros cementos hidráulicos que producen resistencias aceptables pueden usarse.



**TABLA 2 - Ejemplo de informe de calificación de material de refrentado**

NOTA: Fabricante: Testing Supplies Co.

Material de refrentado: Mortero de Azufre Super Strong AAA

Lote: 12 a 45

Fecha ensayos: 11/3/98

Firmado por: \_\_\_\_\_ (Responsable oficial de la agencia de ensayos)

Ítem	Material de refrentado	Control de cilindros	Relación	Criterio	Cumple/ no cumple
Cilindros de hormigón – Información de ensayos					
Tipo de material de refrentado	Azufre	Ground			
Resistencia promedio del hormigón (concreto) MPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	76,2 (11 061)	75,9 (11008)	1,005	>0,98Xc	Pasa
Desviación estándar MPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	2,59 (376)	1,72 (250)	1,504	≤1,57C	Pasa
Número de cilindros ensayados	15	15			
Edad de la capa al momento del ensayo	7 días	NA			
Material de refrentado – Información de ensayos					
Espesor promedio de la capa mm (pulg)	2,8 (0,11)	NA			
Resistencia a la compresión de cubos de 50 mm, MPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	91 (12 195)				
Edad de los cubos al momento del ensayo	7 días				
Resistencia máxima calificada del hormigón MPa (lb/pulg <sup>2</sup> )				1,2 Resist. 91,5 <sup>A</sup> (13 273)	Prom.=

<sup>A</sup> Resistencia nominal especificada de 75 MPa (11 000 lb/pulg<sup>2</sup>) y quizás algo mayor

4.2.5.2 Mezclar la pasta de cemento a la consistencia deseada para una relación agua/cemento igual o menor que la especificada para producir la resistencia requerida, generalmente 2 a 4 h antes de que la pasta se use (Nota 3). Remezclar las veces que sea necesario para mantener la consistencia aceptable (Nota 4). Se acepta algún reajuste de la pasta, si la relación agua/cemento requerida no es excedida. La consistencia óptima generalmente se produce a relaciones agua/cemento de 0,32 a 0,36 en masa para los cementos Tipo I y Tipo II y 0,35 a 0,39 en masa para cementos Tipo III.

**Nota 3.** Las pastas frescas tienden a exudar y contraerse resultando en capas inaceptables. Generalmente, para cementos Portland, el periodo apropiado es de 2 h a 4 h.

**Nota 4.** La consistencia requerida de la pasta se determinará por la apariencia de la capa cuando es desmoldado. La pasta fluida resulta en trazas en la capa. Las pastas densas resultan en capas gruesas.

#### 4.2.6 Pasta de yeso - cemento de alta resistencia

4.2.6.1 No se adicionará ningún filler ni extendedores a la pasta pura de yeso - cemento de alta resistencia, subsecuentemente a la fabricación del cemento (Nota 5). Se realizarán los ensayos de calificación para determinar los efectos de la relación agua/cemento y edad sobre la resistencia a la compresión de cubos de 50 mm de lado. Podrán utilizarse retardadores para extender el tiempo de trabajo, pero debe determinarse sus efectos sobre la relación agua/cemento requerida y la resistencia. (Nota 6).

**Nota 5.** El yeso de baja resistencia, el yeso de Paris, o las mezclas de yeso de paris y cemento Portland no son adecuados para el refrentado.

**Nota 6.** La relación agua/yeso-cemento, debe estar entre 0,26 y 0,30. El uso de una relación agua/cemento baja y un vigoroso mezclado normalmente permitirá desarrollar 35 MPa a las edades de 1 h o 2 h. Las relaciones agua/yeso-cemento altas extienden el tiempo de trabajo, pero reduce la resistencia.

4.2.6.2 Mezclar la pasta pura de yeso-cemento a la relación agua/cemento deseada y utilizarla prontamente mientras fragua rápidamente.

#### 4.2.7 Mortero de azufre

4.2.7.1 Se verificará que los morteros de azufre comerciales o preparados en laboratorio desarrollen en 2 h una resistencia mínima de 35 MPa, cuando la resistencia esperada de los cilindros de hormigón (concreto) es menor de 35 MPa. Para resistencias superiores a 35 MPa, deben permitirse un periodo mínimo de endurecimiento del mortero de azufre de 16 h antes del ensayo, pudiendo reducirse el tiempo si el material cumple con lo especificado en 4.2.1.

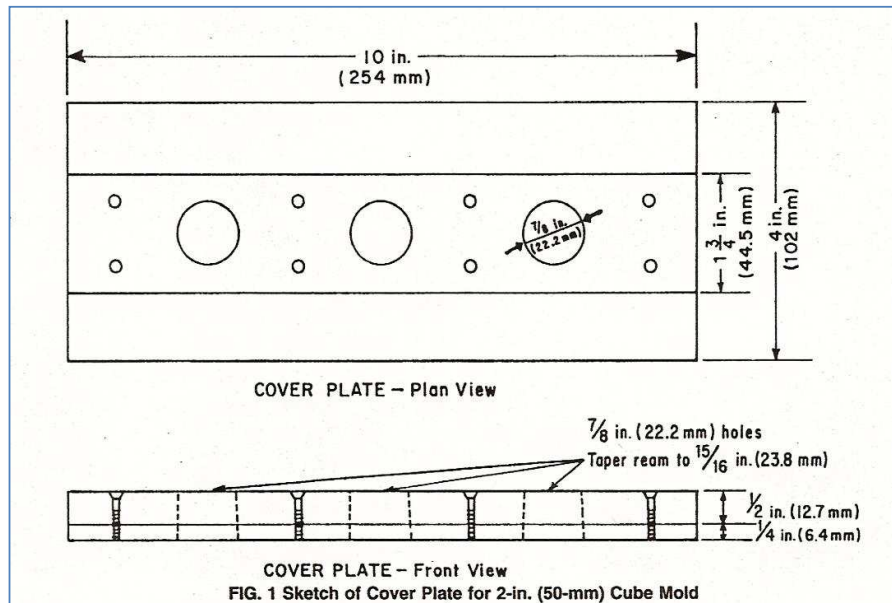
4.2.7.2 Determinación de la resistencia a la compresión: Preparar especímenes de ensayo usando un molde cúbico y una placa de base conforme los requisitos de la NTP 334.051 y una placa de cubierta de metal conforme el diseño mostrado en la Figura 1 (Nota 7). Calentar las partes del aparato a una temperatura de 20 °C a 30 °C, y cubrir ligeramente con aceite mineral las superficies que estarán en contacto con el mortero de azufre y colocarlas cerca de la olla de fundición. Llevar la temperatura del mortero fundido en la olla dentro de un rango de 129 °C a 143 °C, agitar completamente con la barra y empezar a llenar los cubos. Usando un cucharón, u otro dispositivo similar para verter, llenar rápidamente cada uno de los tres compartimientos hasta que el material fundido llegue hasta el tope del agujero de llenado. Dejar el tiempo suficiente para que se produzca la máxima contracción, debido al enfriamiento y solidificación, (aproximadamente 15 min) y rellenar cada agujero con el material fundido (Nota 8). Después que la solidificación se ha completado, se retiran los cubos del molde sin romper la colada formada por el agujero de llenado en la placa de cubierta. Se limpia el aceite, y se retiran los bordes afilados y aristas de los cubos y se verifica la planitud de las superficies de contacto productivas de la manera descrita en la NTP 334.051. Después de almacenar los cubos a la temperatura ambiente del cuarto hasta la edad deseada, pero no menos de 2 h, los cubos se ensayan conforme el procedimiento descrito en la NTP 334.051 y se calcula la resistencia a la compresión.

**NOTA 7.** Si se desea, una placa plana de fenol formaldehído (baquelita) 3 mm de espesor, con tres agujero apropiadamente espaciados para permitir el llenado del molde, puede insertarse entre la placa de cubierta y el molde para retardar el enfriamiento de los especímenes de ensayo.





la placa de refrentado, golpeando suavemente uno de sus bordes con un martillo de goma en una dirección paralela al plano de refrentado.



**Figura 2. Placa de cubierta para moldes cúbicos de 50 mm**

**Nota 9.** La pasta de cemento portland Tipo I generalmente requieren por lo menos a 6 días para desarrollar una resistencia aceptable y la pasta de cemento portland Tipo por lo menos 2 días. Los cilindros de hormigón (concreto) seco absorberán el agua de mezcla de la pasta frescas de cemento y producirán capas de refrentado poco satisfactorias. Las capas de pasta de cemento presentaran contracción y agrietamiento durante el proceso de secado y, por consiguiente, sólo deben usarse para especímenes que estarán continuamente curados con humedad hasta el momento del ensayo.

**Nota 10.** Las capas de yeso de alta resistencia en contacto con el agua, pierden su consistencia y se deterioran y no pueden usarse para el refrentado de cilindros de hormigón (concreto) fresco o almacenados en un cuarto húmedo por períodos muy cortos.

- 6.2 Refrentado de cilindros de hormigón (concreto) endurecido
  - 6.2.1 Generalidades: Si los extremos del cilindro presentan una capa o depósito de materiales aceitosos o cerosos que puedan interferir con la adherencia de la capa, se debe proceder a eliminarlos. Si es necesario, se puede someter a un cepillado ligero, con cepillo de acero o cepillo del alambre, los extremos del cilindro para ponerlos ásperos con el fin de producir una adherencia apropiada de la capa de refrentado. Si se desea, la placa de refrentado se puede untar con una capa delgada de aceite mineral o puede engrasarse para evitar que el material de refrentado se adhiera a la superficie de la placa.
  - 6.2.2 Condición final: Las bases del cilindro sin refrentar deberán estar lisas, planas y perpendiculares a su eje con una tolerancia máxima de 3 mm en cualquier punto con respecto de un plano que pase por el punto más alto y que sea perpendicular al eje del cilindro (Nota 11). Si se excede este límite, las irregularidades de la superficie deberán ser pulidas, cortadas o rectificadas antes de proceder al refrentado.

**Nota 11.** Este requisito controla la diferencia entre las partes más gruesas y las más delgadas de la capa de refrentado. La distancia puede inspeccionarse usando una escuadra, la cual ubica uno de sus bordes paralelo al eje del cilindro y el otro borde tocando el punto más alto del extremo del cilindro. Se mide la distancia entre el borde de apoyo de la escuadra y el punto más bajo en el extremo del cilindro.

- 6.2.3 Refrentado con yeso de alta resistencia o pasta de cemento: Mezclar la pasta como se ha descrito en la Sección 2. No se debe exceder la relación agua-cemento determinada en los ensayos de calificación. Formar las capas de refrentado como se ha descrito en 6.1, usando las placas de refrentado descritas en 4.1.1 para lograr la alineación requerida en 4.1.2 (Nota 12). Generalmente, las placas de refrentado pueden ser removidas dentro de los 45 minutos con las pastas de yeso cemento y después de 12 h con la pasta de cemento puro, sin dañar la capa.

**Nota 12.** Diversos métodos se han usado para obtener la perpendicularidad deseada de la capa de refrentado respecto del eje del cilindro. Una cantidad de pasta puede colocarse sobre la placa de refrentado y el espécimen en su parte más baja. Con un nivel visual colocado sobre el cilindro ayuda a obtener la alineación. Una cantidad de pasta puede colocarse encima del cilindro y con la placa de refrentado ejercer una presión contra él, mientras se usa nuevamente el nivel visual. Un buen sistema es hacer un molde o anillo cilíndrico que tenga la mitad de la altura y guías para que pueda deslizarse a lo largo del cilindro endurecido. Para nivelar y posicionar el molde y asegurar el espesor de la capa de refrentado requerida, se usa abrazaderas de modo que el molde o anillo sobresalga lo necesario por encima de la superficie del cilindro. La pasta de refrentado puede colocarse entonces o en una placa de refrentado o distribuirla encima del cilindro para luego proceder a presionar con la placa y suaves movimientos de giro hasta lograr contacto con los bordes del molde. Como se ha explicado, la pasta de yeso muy rígida puede requerir la presión excesiva y puede producir espesores o capas defectuosas.

- 6.2.4 Refrentado con mortero de azufre: Preparar el mortero de azufre calentándolo a una temperatura aproximada de 130 °C, controlada con un termómetro de metal que se inserta cerca del centro de la masa. Verificar la temperatura a intervalos de una hora durante el refrentado. Vaciar la olla y recargar con material fresco, a intervalos que aseguren que el material más viejo en la olla no se use más de cinco veces. Cuando se refrenta cilindros de hormigón (concreto) que tiene una resistencia a la compresión de 35 MPa o mayor, no se permitirá usar compuesto recuperado de la operación de refrentado, o de capas viejas. El mortero de azufre fresco debe estar seco en el momento que se pone en la olla, ya que la humedad puede causar espuma. Por esta misma razón, se deberá evitar que el material fundido entre en contacto con el agua. La placa o el dispositivo de refrentado, debe calentarse ligeramente antes de su uso para reducir la velocidad de endurecimiento y la formación de capas delgadas. Antes de hacer cada refrentado, se aplica una capa delgada de aceite en las placas y se agita el mortero de azufre fundido a verter en cada capa. Las bases de los cilindros curados en húmedo, deberán estar lo suficientemente secas para evitar la formación de bolsas de vapor o espuma de 6 mm de diámetro o más, en la capa o bajo la misma. Reemplazar las capas con las bolsas de vapor o poros de más de 6 mm (Nota 13). Para asegurar la adherencia de la capa de mortero de azufre a la superficie del cilindro, no se debe aplicar aceite a dichas superficies antes de realizar la operación de refrentado. Cuando se use un equipo vertical para el refrentado, se vierte el mortero sobre la superficie del plato de refrentado y se coloca el cilindro en el dispositivo vertical de tal forma que sus generatrices contacten con las guías de alineación. Se hace descender, con cuidado, el cilindro hacia el material de refrentado, controlando constantemente el contacto de las paredes del cilindro, con las guías de alineación, hasta que el cilindro presione el material. El cilindro debe continuar descansando en el plato de refrentado, verificando el contacto de sus paredes con la alineación guía hasta que el mortero haya endurecido. Se debe usar suficiente material para cubrir el extremo del cilindro después de que el mortero de azufre solidifica.

**Nota 13.** Periódicamente la capa de mortero de azufre debe ser examinada después del ensayo para determinar la presencia de poros o bolsas de vapor. Antes del ensayo, la capa de refrentado puede golpearse con una moneda o frotarse con un instrumento de metal ligero, para ver si se emite un sonido hueco. Las capas que tienen sonido hueco deben ser removidas y reemplazarse.

6.2.4.1 Precaución: Se pueden producir gases de sulfuro de hidrogeno durante el proceso de refrentado, cuando el mortero de azufre se contamina con materiales orgánicos tales como, parafina y aceite. El gas es incoloro y tiene notoriamente un mal olor de huevo podrido; sin embargo, el olor no debería ser tomado como una señal de advertencia, porque la sensibilidad al olor desaparece rápidamente. Altas concentraciones son letales y concentraciones menores pueden producir náuseas, dolor de estómago, disnea, dolor de cabeza o irritación de los ojos. Por esto y otras razones, la olla de fundición debe ser colocada bajo una campana en un espacio abierto con extractores y el área de refrentado debe estar bien ventilada.

### 6.2.5 Control diario

6.2.5.1 Durante cada día de refrentado se debe verificar la planitud de las capas antes del ensayo de compresión por lo menos en tres especímenes, seleccionados al azar, representando el inicio, la mitad y el final de la faena. Verificar la planitud con una regla y un calibre, realizando un mínimo de tres medidas en diámetros diferentes para asegurar que la superficie de las capas no se desvíe más allá de 0,05 mm respecto del plano. También se debe verificar las áreas con vacíos (Nota 13). Registrar los resultados de estas determinaciones en la documentación de control de calidad del laboratorio. Si las capas no satisfacen los requerimientos de planitud o tienen áreas con vacíos se deben remover y reaplicar las capas.

6.2.5.2 Durante cada día de operación de ensayo de resistencia a la compresión, se debe verificar el espesor de las capas por lo menos en tres especímenes, seleccionados al azar que correspondan al inicio, intermedio y final del día de operación. Después de completar el ensayo de compresión, recupere por lo menos seis piezas del material de refrentado del extremo del cilindro seleccionado (Nota 14). Las piezas se seleccionarán al azar y se distribuirán encima del área entera de la capa. Las piezas seleccionadas serán separadas completamente del hormigón (concreto). Se mide y registra el espesor de las piezas con aproximación al 0,2 mm utilizando, un micrómetro, calibrador u otro dispositivo de medida del espesor. Comparar el espesor promedio y máximo con los valores de la Tabla 1. Registrar los resultados de las determinaciones de espesor en la documentación de control de calidad del laboratorio.

**Nota 14.** Las capas pueden ser removidas usando un martillo y cincel afilado. Colocar la punta del cincel en la línea de unión paralela con el plano de la capa de refrentado, para generar una acción de cuña cuando el cincel se golpea con el martillo. La recuperación de la capa entera puede simplificarse colocando una cinta adhesiva encima de la capa antes de intentar su levantamiento. La cinta mantendrá las piezas de material de refrentado antes de que se dispersen durante el levantamiento, y simplificará su selección según su distribución uniforme en el área de la capa de refrentado.

### 6.3 Protección de los especímenes después del refrentado

6.3.1 Se mantienen los cilindros curados en humedad, entre la realización del refrentado y el tiempo del ensayo, para lo cual se les almacena en un cuarto húmedo o envolviéndolos con una capa doble de arpillera mojada. No guarde los cilindros con capas de refrentado de yeso, sumergidos en agua o por más de 4 h en un cuarto húmedo. Proteja las capas de yeso del goteo de agua.

6.3.2 No se debe ensayar los cilindros refrentados antes de que el material del refrentado tenga el tiempo suficiente para desarrollar la resistencia requerida en 4.2.

**MTC E 704****RESISTENCIA A LA COMPRESION TESTIGOS CILINDRICOS****1.0 OBJETO**

- 1.1 Determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y se limita a concretos con un peso unitario superior a  $800 \text{ kg/m}^3$  ( $50 \text{ lb/pe}^3$ ).

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

- 2.1 El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.
- 2.2 Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.
- 2.3 Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.
- 2.4 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.
- 2.5 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay, es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

**3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

- 3.1 NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- 3.2 ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- 3.3 AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

**4.0 EQUIPO Y MATERIALES****4.1 EQUIPOS**

- 4.1.1 Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas en la Sección 6.5.
- 4.1.1.1 Se hará una verificación de la calibración de la máquina de ensayo de acuerdo con la norma ASTM E-4. "Práctica para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo"; en las siguientes situaciones:
- Al menos anualmente y nunca excedido de trece (13) meses.
  - En la instalación original o en la relocalización de la máquina.
  - Inmediatamente después de hacer reparaciones o ajustes que puedan afectar de cualquier modo la operación del sistema de pesas o los valores mostrados, excepto para el ajuste a cero que compensa el peso propio del equipo o del espécimen, o ambos.
  - Cuando quiera que haya una razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin tener en cuenta el intervalo de tiempo desde la última verificación.

4.1.1.2 Diseño – La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. Si sólo tiene una velocidad de carga (que cumpla los requisitos de la Sección 6.5), deberá estar provista de medios suplementarios para cargar a una velocidad apropiada para la verificación. Estos medios suplementarios de carga se pueden operar manualmente o por medio de motor.

El espacio disponible para los especímenes debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en posición legible, un aparato de calibración elástica de suficiente capacidad para cubrir el intervalo potencial de carga de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74. Los aparatos de calibración elástica generalmente disponibles y más comúnmente usados para este propósito, son el anillo de carga circular de ensayo y las celdas de carga.

4.1.1.3 Precisión – La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no debe exceder del  $\pm 1,0\%$  de la carga indicada.
- b) La precisión de la máquina de ensayo se debe verificar aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos cargas de ensayo sucesivas cualesquiera no debe exceder en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.
- c) La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, se deben registrar en cada punto de ensayo. Se debe calcular el error,  $E$ , y el porcentaje de error,  $Ep$ , para cada punto de estos datos como sigue:

$$E = A - B$$

$$Ep = 100 \frac{A - B}{B}$$

Donde:

A = carga, kN (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada, y

B = carga aplicada, kN (o lbf) determinada por el elemento de calibración.

En el informe sobre la verificación de una máquina de ensayo, se debe consignar dentro de qué intervalo de carga se encontró que se ajustaba a los requisitos de la especificación, en lugar de informar una aceptación o rechazo general. En ningún caso el intervalo de carga deberá incluir cargas por debajo del valor que sea 100 veces el cambio más pequeño de carga que pueda estimar el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de aquella porción del intervalo por debajo del 10% de la máxima capacidad del mismo.

- d) En ningún caso se debe consignar el intervalo de carga incluyendo cargas por fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo verificación.
- e) La carga indicada por la máquina de ensayo no se debe corregir ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

4.1.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas (Nota 1), uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen.

Las superficies de los bloques que estarán en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ensayar. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no se deben separar del

plano en más de 0,02 mm (0,001") en cualquiera de los 150 mm (6") de los bloques de 150 mm (6") de diámetro o mayores, o en más de 0,02 mm (0,001") de cualquier bloque con diámetro más pequeño; los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la cara de carga con rótula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm (0,5"), se deben inscribir círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 0,8 mm (0,03") y un ancho no mayor a 1,0 mm (0,04") para facilitar el centrado.

**Nota 1.** La dureza "Rockwell" de las caras de los bloques de carga utilizados para este ensayo no debe ser menor de 55 HRC

4.1.2.1 El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados (Nota 2). Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque se debe poder asegurar a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Los círculos concéntricos que se describen en la Sección 4.1.2 son opcionales.
- b) Se hará un centrado final con respecto al bloque superior cuando se use el bloque inferior para ayudar al centrado del espécimen. El centro de los anillos concéntricos, cuando éstos existan, o el centro del bloque mismo debe estar directamente debajo del centro de la rótula.
- c) El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo, y al menos 22,5 mm (0,9") después de cualquier operación de afinado de la superficie, excepto cuando esté en completo e íntimo contacto con la platina interior de la máquina de ensayo, caso en el cual el espesor podrá ser de sólo 10 mm (0,38").

**Nota 2.** Si la máquina de ensayo está diseñada de tal forma que la plataforma sola se pueda mantener con su superficie en las condiciones especificadas, no se requerirá un bloque inferior

4.1.2.2 El bloque de carga con rótula debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con rótula no debe exceder los valores que se dan a continuación:

**Tabla 1**

Especificaciones de diámetro de la cara de carga

Diámetro del espécimen de ensayo, mm (pulg )	Diámetro máximo de la cara de carga, mm (pulg)
50 (2)	105 (4)
75 (3)	130 (4)
100 (4)	165 (6,5)
150 (6)	255 (10)
200 (8)	280 (11)

**Nota 3.** Se aceptan las superficies cuadradas, siempre y cuando el diámetro máximo del círculo inscrito más grande no exceda el diámetro indicado en la tabla.

- b) El centro de la rótula debe coincidir con el de la superficie de la cara de carga dentro de una tolerancia de  $\pm 5\%$  del radio de la rótula. El diámetro de la rótula debe ser, al menos, el 75% del diámetro de la muestra que se va a ensayar.
- c) La rótula debe ser diseñada de tal forma que el acero en el área de contacto no sufra deformaciones permanentes debido al uso, con cargas de hasta 82,7 MPa (12,000 psi) sobre el espécimen de prueba.
- d) Las superficies de la rótula se deben mantener limpias y lubricadas con aceite de motor convencional. Después de entrar en contacto con el espécimen y de aplicar una pequeña carga inicial, se debe evitar cualquier movimiento adicional del bloque con rótula.
- e) Si el radio de la rótula es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la porción de la superficie de carga que se extiende más allá de la rótula debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La menor dimensión de la superficie de carga debe ser al menos igual que el diámetro de la rótula (Ver Figura 1).
- f) La porción móvil del bloque de carga se debe sostener lo más segura que sea posible, pero el diseño debe ser tal que la cara de carga pueda girar libremente e inclinarse al menos  $4^\circ$  en cualquier dirección.

4.1.3 Indicador de Carga – Si la carga de una máquina de compresión usada en el ensayo de concreto se registra en un dial, éste debe tener una escala graduada que permita leer con una precisión del 0,1% de la carga total de la escala.

(Nota 4). El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dado dentro del intervalo de carga. En ningún caso se debe considerar el intervalo de carga de un dial que incluya cargas por debajo del valor que sea 100 veces el más pequeño cambio de carga que se pueda leer sobre la escala. La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal, que alcance las marcas indicadoras.

El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea reiniciado indique, con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

**Nota 4.** La distancia más cercana, razonablemente legible se considera que es 0,5 mm (0,02”) a lo largo del arco descrito por el extremo del puntero.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor al 0,05% de la carga total de la escala y dentro del 1,0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados.

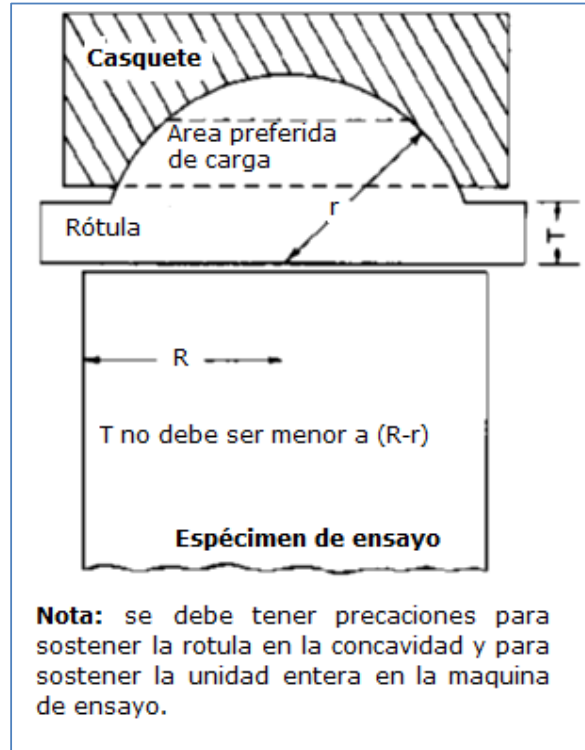
Se deben realizar los ajustes para que la aguja señale el cero verdadero cuando se encuentre con carga cero (0). Se debe proveer un indicador de carga máxima que, en todo momento, hasta cuando la máquina sea reiniciada, indique con una precisión del 1%, la carga máxima que fue aplicada al espécimen.

## 5.0 MUESTRA

5.1 Las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2% (Nota 5).

**Nota 5.** Esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y éstos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra proveniente del núcleo se deflece o tuerza durante el proceso de perforación.





**Figura 1 Dibujo esquemático de un bloque de carga típico con rótula**

- 5.2 Ninguna de las muestras ensayadas a compresión se debe separar de la perpendicularidad del eje en más de  $0,5^\circ$  (equivalentes a 3 mm en 300 mm (0,12" en 12") aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana en 0.05 mm (0,002") debe ser refrentado de acuerdo a lo indicado por la norma MTC E 703 o cuando se le permita la NTP 339.216. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra se debe determinar con una precisión de 0,25 mm (0,01"), promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.
- 5.3 El número individual de cilindros medidos para la determinación del diámetro promedio se puede reducir a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se sabe que todos los cilindros han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0,50 mm (0,02").

Cuando el diámetro promedio con un rango de variación de 0,50 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada cilindro ensayado se debe medir y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra. Cuando los diámetros son medidos con frecuencia reducida, el área de los cilindros ensayados en un determinado día se calculará como el promedio de la de los tres (3) o más cilindros que representan el grupo ensayado dicho día.

- 5.4 Si el cliente que requiere los servicios solicita la determinación de la densidad de la muestra, se debe determinar la masa de la muestra antes del refrentado. Se debe remover cualquier humedad de la superficie con una toalla y medir la masa de la muestra usando una balanza o báscula con una precisión del 0,3% de la masa que esté siendo medida. Se debe medir la longitud de la muestra con una aproximación de 1 mm (0,05") en tres partes espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Se debe sacar un promedio de la longitud con una precisión de 1mm (0,05"). Alternativamente, se puede determinar la densidad del cilindro pesándolo en el aire y luego en el agua a  $23^\circ \pm 2^\circ$  C, y calculando el volumen de acuerdo con lo indicado en la Sección 6.3.

Cuando no se requiera determinar la densidad y la relación longitud/diámetro del cilindro sea menor de 1,8 ó mayor de 2,2 la longitud de éste se deberá medir con una aproximación de 0,05 D.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.
- 6.2 Las muestras se debe n mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.
- 6.3 Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

**Tabla 2**

Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ò 2,2%

- 6.4 Colocación de la Muestra – Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida en la Sección 2.2.

Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

- 6.5 Velocidad de Carga – Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos.

La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $35 \pm 7$ psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

**Nota 6.** Para máquinas de tipo tornillo o de deformación controlada, se requiere un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para generar la tasa de carga especificada. Dicha velocidad dependerá del tamaño del cilindro, del módulo elástico del concreto y de la rigidez de la máquina de ensayo

- 6.6 Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido (Figura 2). Si se usa una máquina equipada con un detector de rotura del espécimen no se permitirá su reconexión hasta que la carga haya caído a un valor menor de 95% de la máxima.

Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última.

Se registra la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anota el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura 2, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.

Si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada en la forma descrita en la Sección 4.1.3, y expresando el resultado con una aproximación de 0,1 MPa (10 psi).
- 7.1.2 Si la relación entre la longitud del espécimen y su diámetro es 1,75 o menor, se corrige el resultado obtenido en la Sección 6.1, multiplicándolo por el factor apropiado de los que se indican a continuación (Nota 7):

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

**Nota 7.** Estos factores de corrección se aplican a concretos livianos que pesen entre 1600 y 1920 kg/m<sup>3</sup> y a concretos de peso normal. Se aplican a concretos secos o húmedos en el momento de la carga. Los valores que no se dan en la tabla se pueden obtener por interpolación. Los factores de corrección se aplican a concretos con una resistencia entre 15 y 45 MPa (2000 a 6000 Psi). Para concretos de resistencia superior a 45 MPa (6000 psi) los factores de corrección pueden ser mayores que los mostrados en la tabla. Ver referencia: Barlett, F.M. y J.G. MacGregor. "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength." ACI Materials Journal, Vol. 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

- 7.1.3 Cuando se requiera, se calculará la densidad de la muestra con una precisión de 10 kg/m<sup>3</sup> (1lb/pie<sup>3</sup>), de la siguiente manera:

$$densidad = \frac{W}{V}$$

Donde:

W = masa aparente de la muestra sumergida, kg (lb), y

V = volumen de la muestra calculado con el diámetro promedio y la longitud promedio o pesando el cilindro en el aire y sumergido en agua, m<sup>3</sup> (pie<sup>3</sup>)

Cuando el volumen es calculado sumergiendo la muestra, se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{Y_w}$$

Donde:

W = masa de la muestra, kg (lb), y

Yw = densidad del agua a 23° C = 997,5 kg/m<sup>3</sup> (62,27lbs/pie<sup>3</sup>).

## 7.2 INFORME

El informe de los resultados deberá incluir:

- 7.2.1 Número de identificación del cilindro.
- 7.2.2 Diámetro (y longitud, si está por fuera del rango de 1,8D a 2,2D) en mm o pulgadas.
- 7.2.3 Área de la sección transversal (cm<sup>2</sup> o pulgada<sup>2</sup>).
- 7.2.4 Carga máxima (KN o lbf).
- 7.2.5 Resistencia a la compresión (MPa o psi), con una precisión de 0,1MPa (10 psi).
- 7.2.6 Edad del espécimen.
- 7.2.7 Defectos en el refrentado del espécimen.
- 7.2.8 Cuando se determine, la densidad con una precisión de 10 kg/m<sup>3</sup> (1lb/pie<sup>3</sup>)
- 7.2.9 Tipo de falla (Figura 2).

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

### 8.1 PRECISION

- 8.1.1 La precisión de los ensayos efectuados por un solo operador sobre cilindros individuales de 150 mm por 300 mm ( 6" x 12") elaborados de una buena muestra de concreto, para cilindros hechos en el laboratorio y bajo condiciones normales de campo, está dada en la tabla siguiente:

Un solo operador	Coeficiente de Variación	Rango aceptable de	
		Dos resultados	Tres resultados
Condiciones de laboratorio	2,37%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2.87%	8.0%	9.5%

Los valores dados son aplicables a cilindros de 150 mm por 300 mm (6" x 12") con resistencia a la compresión entre 15 MPa y 55 MPa (2000 psi y 8000 psi).

### 8.2 DISPERSIÓN

- 8.2.1 Tolerancias – Como no existe un material de referencia aceptado para la determinación de las tolerancias, no se hace ninguna declaración sobre el particular.

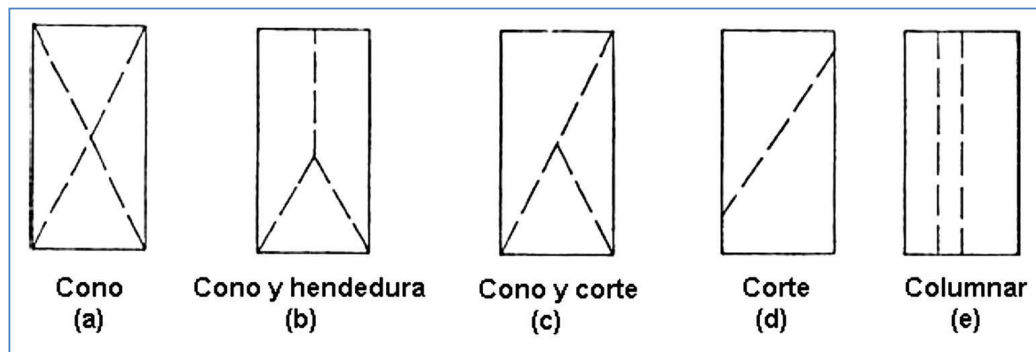


Figura 2. Esquemas de los tipos de falla

## APÉNDICE A

### RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO CON REFRENTADO DE NEOPRENO.

#### A.1 OBJETIVO

Este método cubre el procedimiento para el ensayo de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de 150mm (6") de diámetro por 300 mm (12") utilizando refrentado de neopreno con reguladores de fijación de acero.

Se deben tomar provisiones para sistemas alternos reutilizables de refrentado los cuales emplean otros materiales para la almohadilla y la fijación, diferentes del neopreno y del acero.

#### A.2 FINALIDAD Y ALCANCE

El uso de refrentado de neopreno deberá ser considerado como una alternativa adecuada para los ensayos de resistencia a la compresión. Los sistemas alternos de refrentado reutilizables deben ser verificados de acuerdo a las secciones A10 y A11.

#### A.3 EQUIPO

Se deben utilizar 2 reguladores de fijación de acero (ver Tabla A1). Una configuración aceptable para ellos se muestra en la Figura 3.

Todas las superficies de carga del regulador, tanto las interiores como exteriores, deben ser perfiladas con máquina con una precisión de 0,05 mm (0,002"). Durante su uso, la superficie de carga exterior se debe mantener libre de estrías, o indentaciones de profundidad mayor a 0,25 mm (0,010") o con área de superficie de 32 mm<sup>2</sup> (0,05 pulg<sup>2</sup>). Tampoco se admiten protuberancias de cualquier tipo.

**Tabla A1. Tolerancias**

Diámetro interior del regulador	0mm (0")	+0,8mm(+1/32")
Pared del regulador	-1,6mm (-1/16")	-1,6mm (-1/16")
Cualquier tolerancia no especificada	-0,4mm (-1/64")	+0,4mm (+1/64")

Los casquetes de neopreno deben cumplir los requerimientos de la norma ASTM D 2000. Sus dimensiones deberán ser 155mm (6,12") de diámetro y 12,7mm (5") de espesor.

Se requiere una máquina de ensayo a la compresión que cumpla los requerimientos del método principal de ensayo.

#### A.4 PRECAUCIONES

Los cilindros de concreto ensayados con refrentado de neopreno se rompen con mayor intensidad que los cilindros similares ensayados con refrentado de mortero de azufre. Como una precaución de seguridad, la máquina de ensayo de cilindros deberá estar equipada con una cabina protectora.

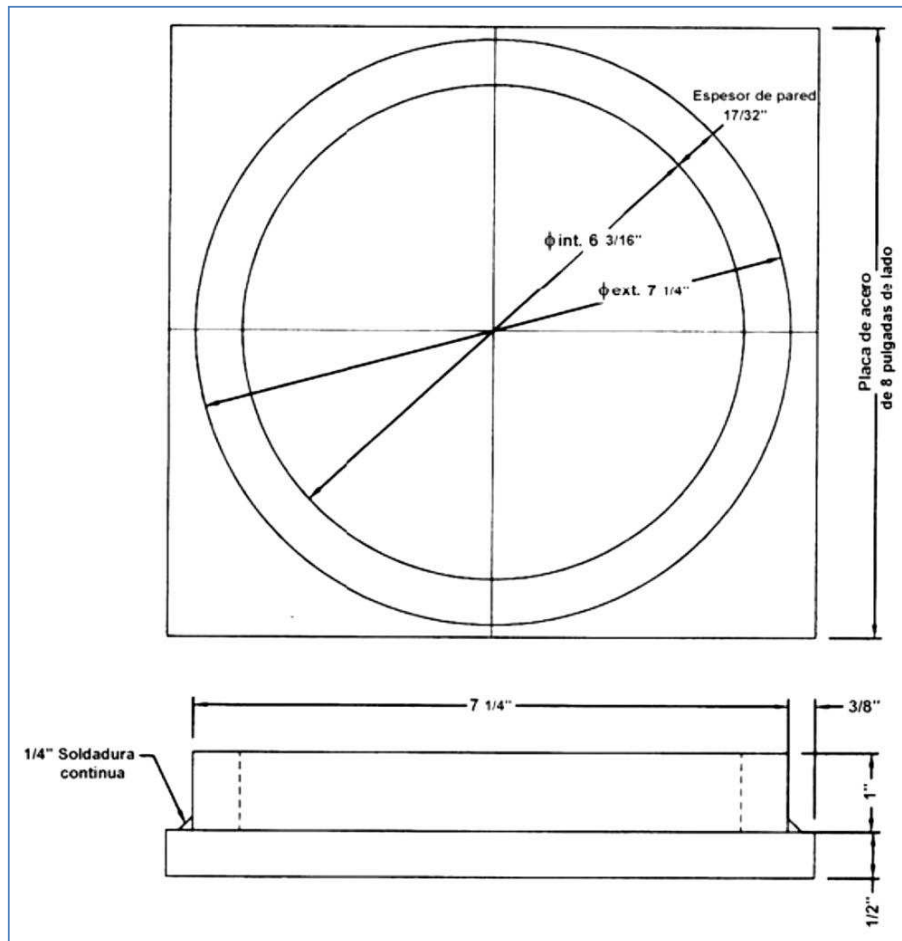
La velocidad de carga para algunas máquinas de ensayo tendrá que ser ajustada cuando se utilice refrentado de neopreno.

#### A.5 MUESTRAS DE ENSAYO

Las muestras de ensayo deben ser las especificadas en el método de ensayo principal y modificado como se explica a continuación:

Cada extremo del cilindro de concreto deberá ser nivelado con un margen dentro de 3 mm (0,12") a través de cualquier diámetro; es decir, no deberá haber ninguna depresión en las superficies del concreto con profundidad mayor de 3 mm (0,12").

Los cilindros que no cumplan con esta tolerancia no deberán ser ensayados, a menos que sea corregida primero cualquier irregularidad de la superficie.



**Figura 3. Regulador externo de fijación**

Ninguno de los extremos de las muestras de ensayo a compresión se deberá separar de la perpendicularidad al eje en más de  $2^\circ$  (aproximadamente igual a la diferencia en altura de 5 mm (0,2") para dos cilindros de diámetro 150 mm (6").

Los cilindros que no cumplan esta tolerancia no se deberán ensayar, a menos que se corrija primero esta irregularidad.

#### **A.6 PROCEDIMIENTO**

El procedimiento a seguir deberá ser el especificado en el método principal de ensayo, modificado como se indica a continuación:

Se coloca un regulador externo de fijación conteniendo un casquete de neopreno, en las superficies superior e inferior del cilindro de concreto. Con los casquetes de neopreno en contacto con el cilindro de concreto, se alinea cuidadosamente el eje de la muestra con el centro de empuje del bloque de carga con rótula. Se colocan las placas de carga de la máquina en contacto con ambos reguladores externos de fijación.

No debe haber partículas sueltas entre el cilindro de concreto y el casquete de neopreno ó entre las superficies de carga de los reguladores externos de fijación y las placas de carga de la máquina de ensayo.

La misma superficie del casquete de neopreno deberá descansar sobre el cilindro de concreto para todos los ensayos realizados con ese mismo casquete. Cada casquete de neopreno no

deberá ser utilizado para más de 100 cilindros. La duración de almohadillas alternativas deberá ser verificada de acuerdo con la sección A.11.

#### **A.7 cálculos**

La resistencia a la compresión deberá ser calculada como se describe en la Sección 7.1 de la presente norma.

#### **A.8 INFORME**

El informe de los resultados debe incluir todos los ítems anotados en la Sección 8 prescritos en esta norma.

#### **A.9 PRECISIÓN**

La variación en el ensayo asociada al refrentado con neopreno no es más alta y posiblemente sea más baja que la asociada al refrentado con azufre. Los resultados de un estudio indican que los coeficientes de variación asociados al refrentado con neopreno estuvieron dentro del rango 0,0 a 4,0 %, considerado para representar un excelente control.

Los refrentados de neopreno se deben considerar como un sustituto aceptable del refrentado de azufre sin correcciones por diferencias aparentes de resistencia.

#### **A.10 SISTEMAS ALTERNOS DE REFRENTADO REUTILIZABLE**

Existen diversos sistemas comerciales que emplean almohadillas de refrentado reutilizables, fabricadas con materiales diferentes al neopreno y reguladores externos de fijación con metales distintos al acero. Un sistema de refrentado reutilizable alternativo podrá ser empleado siempre que el siguiente criterio y las verificaciones del fabricante, y de la agencia (o del comprador) sean satisfechos.

#### **A.11 CRITERIOS PARA ACEPTAR SISTEMAS ALTERNOS DE REFRENTADO REUTILIZABLE**

El sistema debe emplear refrentados reutilizables retenidos en los reguladores externos de fijación. Las tolerancias de todas las superficies de carga de los reguladores externos de fijación deberán cumplir los requerimientos de la sección A.

El refrentado reutilizable deberá suministrar un espesor compresible de mínimo 12,7 mm (0,5") en toda el área de carga. El fabricante deberá producir un refrentado reutilizable que sea uniforme en dimensiones y propiedades físicas.

##### **A.11.1 Verificación por parte del fabricante de los sistemas de refrentado reutilizable:**

El fabricante deberá suministrar resultados de un experimento factorial de dos factores, con el método de refrentado como factor principal y una tanda de concreto como factor secundario. Para la estimación de varianzas por error, interacción entre factores, o para factores, el factor del sistema de refrentado deberá ser considerado como una variable fija y el factor de la tanda como una aleatoria. El experimento deberá ser repetido a tres niveles de la resistencia del concreto a los 28 días, representando un rango de resistencia promedio de 15 a 45 MPa (2000 a 6000 psi), como 15 (2000), 30 (4000), 45 (6000) MPa (psi). El nivel de significación del ensayo F para medir la significación de la diferencia entre varianzas deberá ser 0,05.

Al conducir el experimento, un mínimo de ocho tandas de cuatro cilindros por tanda deberán ser preparadas para cada nivel de resistencia, proporcionando dos réplicas para cada método de refrentado por combinación de tanda. Dentro de cada tanda se deben escoger aleatoriamente igual número de cilindros para ensayarlos con el sistema de refrentado reutilizable y por el método del azufre (norma MTC E 703). La secuencia de ensayo para el método refrentado por tanda por nivel de resistencia se deberá hacer aleatoriamente. Si las instalaciones del laboratorio no permiten fabricar todos los cilindros en un solo día, los cilindros para un nivel completo de resistencia deberán ser fabricados en tres días sucesivos; la secuencia de ensayo por el método de refrentado por tanda será aleatoria. Se deberá emplear un grupo de almohadillas nuevas para todos los ensayos dentro de cada nivel de

resistencia. A opción del fabricante, se podrá utilizar un grupo de almohadillas nuevas para todos los ensayos en todos los niveles de resistencia; pero la secuencia de ensayo por el método de refrentado por tanda por nivel de resistencia deberá ser aleatorias.

Las equivalencias estadísticas específicas que el fabricante debe demostrar deberán ser como se indica a continuación:

El análisis de la varianza de cada nivel de resistencia no deberá mostrar un efecto significativo del método de refrentado.

El promedio de las diferencias en resistencia estimado entre los métodos de refrentado utilizando los promedios de las celdas para cada método de refrentado por tanda por nivel de resistencia no deberá ser significativamente diferente de cero. Se deberá utilizar el ensayo testigo t con un nivel de significancia de 0,10.

**Nota A.1.** Una referencia que describe experimentos factoriales es "Fundamental Concepts in the Design of Experiments" de Charles R. Hicks, publicado por Holt, Rinehart, y Winston

**A.11.2** Verificación de los sistemas de refrentado reutilizable por parte de la agencia (o del comprador):

Antes de implementar un sistema de refrentado reutilizable, la agencia (o el comprador) deberá llevar a cabo una evaluación interna comparando resistencia a la compresión y la variabilidad para grupos de cilindros de campo fabricados de las mismas muestras de concreto; el sistema de refrentado reutilizable deberá ser comparado con el descrito en la norma INV E – 403. El ensayo testigo t deberá ser utilizado con un nivel de significancia de 0,10.

Se deberán comparar un mínimo de 30 grupos de cilindros para la resistencia a la compresión para una evaluación con un grupo de almohadillas reutilizables; sin embargo, el número de grupos se debe incrementar (para determinar la vida útil) si el refrentado reutilizable no ha desarrollado un daño visible como rajaduras, ranuras o compresión permanente en el área de carga en 30 repeticiones. La evaluación se deberá repetir al menos una vez con un nuevo grupo de refrentado reutilizable. Se deberán utilizar cilindros de control de trabajo de dos o más por grupo obtenidos de la misma muestra. Si los cilindros son obtenidos de tandas sucesivas en el laboratorio, la selección de los cilindros se deberá hacer aleatoriamente entre tandas por método de refrentado.

La agencia (o comprador) deberá rechazar un sistema de refrentado reutilizable si la evaluación interna muestra una diferencia significativa en la resistencia a la compresión o en la variabilidad en relación con el procedimiento de la norma MTC E 703.

La agencia (o comprador) deberá reservarse el derecho a rechazar un sistema de refrentado reutilizable si el número de posibles repeticiones o la vida útil de un grupo de almohadillas no son aceptable para la agencia (o para el comprador).

**Nota A.2.** Este método es acorde técnicamente con la norma ASTM C 3 9-04a, excepto por el uso del sistema internacional de unidades y el apéndice A



## MTC E 705

### ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en las obras y en el laboratorio.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37,5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37,5 mm (1½"), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la norma MTC 701 "Muestras de Concreto Fresco".
- 2.2 Concretos que presenten asentamientos menores a 15 mm (1/2") pueden no ser adecuadamente plásticos y concretos que presenten asentamientos mayores a 230 mm (9") pueden no ser adecuadamente cohesivos para que este ensayo tenga significado. Se debe tener precaución en la interpretación de estos resultados.
- 2.3 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.
- 2.4 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.
- 3.2 AASHTO: T 119M Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
- 3.3 ASTM: C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

#### 4.0 EQUIPO

##### 4.1 EQUIPO

- 4.1.1 Molde – Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm (8" ± 1/8") de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm (4" ± 1/8") de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm (12" ± 1/8") de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies, como se indica en la Figura 1. La costura de la lámina debe ser esencialmente como la indicada en la Figura 1. El interior del molde debe estar libre de abolladuras, ser liso y sin protuberancias.
- 4.1.2 Varilla compactadora – Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").

#### 5.0 MUESTRA

La muestra que se utiliza en el ensayo debe ser representativa del concreto. Dicha muestra se debe obtener de acuerdo con la norma MTC 701.

#### 6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente.

Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

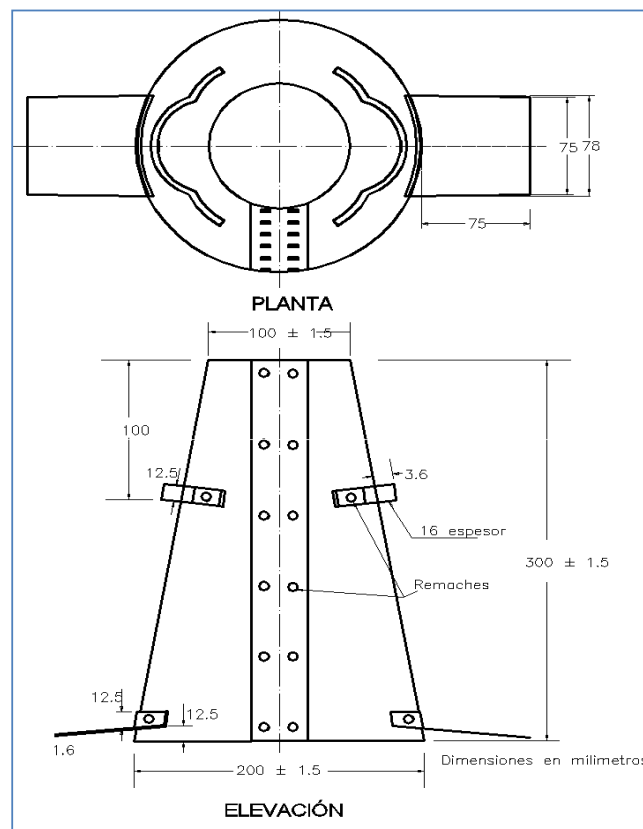
- 6.2 Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debe compactar en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.
- 6.3 Al llenar la capa superior se debe apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debe alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto del área que rodea la base del cono debe ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de  $5 \pm 2$  segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.

El ensayo de asentamiento se debe comenzar a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

- 6.4 Inmediatamente después, se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.



**Figura 1. Molde para determinar el asentamiento**



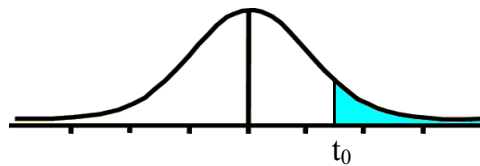
Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

## **7.0 CALCULOS E INFORME**

### **7.1 INFORME**

Se debe anotar el asentamiento del espécimen con aproximación al medio centímetro.

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
$\infty$	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

## NOTA BIOGRÁFICA



- Autor** : Miguel Angel, CERVANTES FERNANDEZ.
- Lugar de Nacimiento** : Huánuco
- Fecha de Nacimiento** : 26 de Junio de 1987
- Educación Primaria** : I.E. Nuestra Señora de las Mercedes – Huánuco  
1993 – 1998
- Educación Secundaria** : Colegio Nacional Leoncio Prado – Huánuco  
1999 – 2003
- Educación Superior** : Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil  
Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco  
2007 – 2014
- Grado Académico** : Bachiller en Ingeniería Civil  
Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco  
2015

La presente tesis fue sustentada para optar el Título de Ingeniero Civil en la ciudad universitaria de Cayhuayna el día 21 de Diciembre de 2018.



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los veintidós días del mes de diciembre del 2018, siendo a las dieciséis horas, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 777-2018-UNHEVAL-FICA-D y Resolución de Decano N° 838-2018-UNHEVAL-FICA-D y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "INFLUENCIA DEL CURADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO CON FIBRAS DE CELULOSAS UNIDAS CON LIGNINA", para optar el Título de Ingeniero Civil del Bachiller Miguel Ángel CERVANTES FERNANDEZ

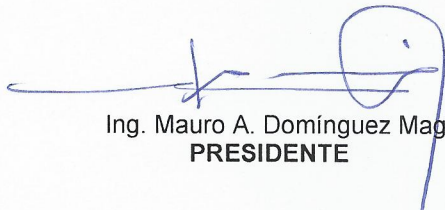
Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: 15 (QUINCE)  
 Con el calificativo de: BUENO

Dándose por concluido dicho acto a las: 18:16PM del mismo día.


Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....  
 .....

  
 Ing. Mauro A. Domínguez Magino  
**PRESIDENTE**

  
 Ing. Edgar G. Matto Pablo  
**SECRETARIO**

  
 Mba. Carlos Córdova Facundo  
**ACCESITARIO**

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

## ANEXO 2

### AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: Cervantes Fernandez Miguel Angel.

DNI: 44321744 Correo electrónico: miguelce-26@hotmail.com

Teléfonos: Casa 062286641 Celular 953697006 Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS


Pregrado	
Facultad de:	<u>Ingeniería Civil y Arquitectura</u>
E. P. :	<u>Ingeniería Civil.</u>

Título Profesional obtenido:

Ingeniero civil

Título de la tesis:



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

Influencia del Curado en Elementos de Concreto  
Hidraulicos con Fibras de Celulosa Unidas con Lignina

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web [repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe), por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- ( ) 1 año
- ( ) 2 años
- ( ) 3 años
- ( ) 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 26 de Diciembre 2018

Firma del autor y/o autores:

