

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE ALGUNOS FACTORES EN LA
RESISTENCIA DE NÚCLEOS DE CONCRETO**

**DANIEL DAVID BARCHA BONETT
ELIUTH MAYAL SANCHEZ SOLANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2011**

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE ALGUNOS FACTORES EN LA
RESISTENCIA DE NÚCLEOS DE CONCRETO**

**DANIEL DAVID BARCHA BONETT
ELIUTH MAYAL SANCHEZ SOLANO**

**Trabajo de grado modalidad Investigativa Para optar al título de:
Ingeniero Civil**

**Director:
RICARDO ALFREDO CRUZ HERNANDEZ
Ingeniero Civil, M. Sc., Ph. D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2011**

DEDICATORIA

*Dedicado a Mis Padres Álvaro y Magaly
A mi hermana, mis tíos y mi abuela, por ser mi apoyo incondicional para poder
alcanzar los objetivos esperados.*

*Y especialmente, dedico este trabajo a Daniel David,
Colega y amigo.*

Eliuth Mayal Sánchez Solano.

*Dedicado a Mis Padres Álvaro y Nelsy, a Álvaro Andrés, María Mónica y
Adriana Mora, Por ser los motivos más grandes de mi felicidad.*

*Y especialmente, dedico este trabajo a Eliuth Mayal,
Colega y amigo.*

Daniel David Barcha Bonett.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores expresan su agradecimiento a:

Ing. Ricardo Alfredo Cruz Hernández, quien con su apoyo, su ayuda y su guía, nos permitió llegar satisfactoriamente a la conclusión de este estudio.

Ing. Álvaro Solano Aguilar, quien nos brindo su experiencia en este campo para sacarnos de los apuros más grandes que se nos presentaron en el desarrollo de la problemática.

A la compañía hormigón Colombia S.A, por habernos brindado su apoyo económico, y por haber sido el promotor para desarrollar esta tesis.

A la empresa tecnofijaciones del oriente Ltda., por habernos brindado su apoyo al momento de necesitar algunos equipos para darle solución a algunos problemas que se presentaron.

Jairo, Germán, Jaime, y a la Ing. Lina Polanco, por su colaboración prestada en los momentos difíciles de la tesis.

Y a nuestros familiares y amigos, especialmente a Oscar Vera, Lucio Merchán, William Gelvez, Javier Rueda, Fabio Naranjo, Hernán Castellanos, Manuel Rincón, Nicolás Riberos, Nicolás Angarita y Rafael Jaramillo. Especialmente a Adriana Mora y a Lizeth Santos, por haber estado ahí cuando sentíamos que nada iba a resultar, por el apoyo incondicional, por la forma en que nos permitían ver la luz al final del camino. Muchas gracias por estar con nosotros.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	17
1. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO	18
1.1 GENERALIDADES	19
1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA	26
1.2.1 Efecto del tamaño de la muestra	26
1.2.2 Efecto de la relación diámetro-tamaño del agregado	27
1.2.3 Efecto de la relación longitud-diámetro	28
1.2.4 Efecto de la condición de humedad de la muestra	29
1.2.5 Efecto de la dirección de la carga versus dirección de fundida	30
1.3 MÉTODOS UTILIZADOS	31
1.3.1 Extracción de núcleos en vigas de concreto	32
1.3.2 Ensayo no destructivo	33
2. EXPERIMENTACIÓN	38
2.1 FABRICACIÓN DE LAS VIGAS	38
2.2 APLICACIÓN DE CARGA EN LAS VIGAS	40
2.3 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS	40
2.4 CORTE Y REFRENTADO DE LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS.	41
2.5 PRUEBA DE COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS Y LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS	43
2.6 PRUEBA DE ULTRASONIDO	44

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
3.1 ANÁLISIS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS Y ANÁLISIS DE RESISTENCIAS.	45
3.2 ANÁLISIS DE EXTRACCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL.	49
3.3 ANÁLISIS DE GRÁFICOS	50
3.4 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DIÁMETRO-TAMAÑO DEL AGREGADO	53
3.5 ANÁLISIS DE PRUEBA DE ULTRASONIDO	56
4. CONCLUSIONES	58
5. RECOMENDACIONES	60
ANEXOS	63

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A – RESULTADOS DE LA EXTRACCION DE NUCLEOS	64
ANEXO A.1 –RESULTADOS VIGAS 3/4” BAJO EFECTO DE CARGA	64
ANEXO A.2 – RESULTADOS VIGAS 1/2” BAJO EFECTO DE CARGA	65
ANEXO A.3 – RESULTADOS VIGAS 3/8” BAJO EFECTO DE CARGA	66
ANEXO A.4 – RESULTADOS VIGAS 3/4” SIN EFECTO DE CARGA	67
ANEXO A.5 – RESULTADOS VIGAS 1/2” SIN EFECTO DE CARGA	68
ANEXO A.6 – RESULTADOS VIGAS 3/8” SIN EFECTO DE CARGA	69
ANEXO A.7 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 3/4”	70
ANEXO A.8 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 1/2”	71
ANEXO A.9 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 3/8”	72
ANEXO A.10 –COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES, PROMEDIO DE RESISTENCIAS Y CUMPLIMIENTO CON NORMA, NUCLEOS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" BAJO EFECTO DE CARGA	73
ANEXO A.11 – COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES, PROMEDIO DE RESISTENCIAS Y CUMPLIMIENTO CON NORMA, NUCLEOS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" BAJO SIN EFECTO DE CARGA	74
ANEXO B – RESULTADOS PRUEBA DE ULTRASONIDO	75
ANEXO B.1 – LECTURA DE VELOCIDADES VIGAS CON CARGA DE 3/4" 1/2" Y 3/8”	75
ANEXO B.2 – CALCULO DE RESISTENCIA CON PRUEBA DE ULTRASONIDO PARA VIGAS DE 3/4" 1/2" Y 3/8” CARGADAS	76

ANEXO B.3 – LECTURA DE VELOCIDADES VIGAS CON CARGA DE 3/4" 1/2" Y 3/8"	77
ANEXO B.4 – CALCULO DE RESISTENCIA CON PRUEBA DE ULTRASONIDO PARA VIGAS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" SIN CARGA	78

RESUMEN

Titulo:

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE ALGUNOS FACTORES EN LA RESISTENCIA DE NÚCLEOS DE CONCRETO*

Autores:

Barcha Bonett, Daniel David
Sánchez Solano, Eliuth Mayal**

PALABRAS CLAVES:

ENSAYOS DE RESISTENCIA, NÚCLEOS DE CONCRETO, RESISTENCIA, HORMIGÓN, PRUEBA DE ULTRASONIDO.

CONTENIDO:

La desviación del valor de la resistencia de núcleos extraídos en elementos de una estructura sometidos a carga, con respecto a la resistencia arrojada por los cilindros de control, nos lleva a profundizar en los factores que pueden influir en esta variación. Basados en la Norma Técnica Colombiana NTC 3658, que rige la normativa y metodología para la extracción de núcleos de concreto, se realizó la prueba de extracción de núcleos variando algunos factores. Los factores a estudiar son el diámetro del núcleo, el tamaño máximo del agregado, y la posición de extracción con respecto a la aplicación de la carga.

Este estudio propone el armado de vigas de concreto reforzado, la mitad de estas sometidas a carga, y luego la extracción de núcleos variando los factores anteriormente mencionados, debido a que en la norma colombiana no hay mucha claridad con respecto a estos. Como estudio complementario se realizó una prueba de ultrasonido a las vigas, y por este método se hallaron resistencias, y tener estos valores como datos comparativos. Se encontró que la posición de extracción con respecto a la carga afecta sustancialmente la resistencia, y que en general diámetros pequeños no arrojan resultados confiables de resistencia esto afectado directamente por el tamaño del agregado. Por otro lado, se observó que con la prueba de ultrasonido se obtienen resultados más homogéneos y debe apuntarse a la utilización de este método como optimización de la cuantificación de la resistencia del concreto en obra.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Ricardo Alfredo Cruz Hernández

SUMMARY

Title:

EVALUATION OF THE INCIDENCE OF SOME FACTORS IN THE STRENGTH OF CONCRETE CORES*

Authors:

Barcha Bonett, Daniel David
Sánchez Solano, Eliuth Mayal**

KEYWORDS:

STRENGTH TESTS, CONCRETE CORE, STRENGTH, CONCRETE, TEST OF ULTRASOUND.

CONTENTS:

The deviation of the strength of cores extracted elements of a structure under load, with respect to resistance thrown by the control cylinders, leads us to delve into the factors that may influence this variation. Based on the Norma Técnica Colombiana NTC 3658, which governs the rules and methodology for the coring of concrete, the test was conducted coring of varying factors. Factors to consider are the core diameter, the maximum aggregate size, and the extraction position regarding the application of the load.

This study proposes the reinforcement of reinforced concrete beams, half of them under load, then the coring varying the factors mentioned above, since the norm in Colombia there is no clarity on these. As a complementary study was performed an ultrasound to the rafters, and this method is resistance, and have these values as comparative data. We found that the extraction position with respect to substantially affect the load resistance, and generally small diameters not produce reliable results of this resistance directly affected by the size of the aggregate. On the other hand, it was observed that the ultrasound results are obtained more homogeneous and must point to the use of this method as the optimization of the quantification of the strength of concrete on site.

* Degree Work

** Physical-Faculty of Engineering, School of Civil Engineering, Director Ricardo Hernandez Alfredo Cruz

INTRODUCCIÓN

Uno de los puntos de aplicación de la ingeniería civil es el diseño y construcción de obras estructurales, en este campo se están desarrollando muchas técnicas para la optimización de los materiales constructivos. Uno de estos materiales es el concreto, de los más importantes de la estructura, cuyo diseño debe soportar las cargas a las que está sometida la estructura.

Para medir estos valores de resistencia existen varios métodos como son: extracción de núcleos (ASTM C42), resistencia a la penetración (ASTM C803), martillo de rebote (ASTM C805) y ultrasonido (ASTM E494). Sin embargo no siempre estos valores de resistencia son unificados.

Toda estructura debe garantizar en primer lugar, la resistencia a las cargas tanto vivas, como muertas, siendo este el objetivo principal a la hora de calcular y hacer el diseño. Para esto se debe ser muy riguroso y garantizar una buena elaboración del hormigón siguiendo la normatividad especificada que rige la construcción en Colombia y que avalan la calidad de la estructura.

En el caso de la resistencia también existen normas para evaluar esta en elementos de la estructura, uno de estos métodos es el de extracción de núcleos. En estas normas plantean una metodología y especificaciones para extraer y evaluar los núcleos, teniendo en cuenta algunos factores de humedad, tamaño, posición, etc., a pesar de esto se ha observado experimentalmente que el valor de la resistencia de estos, no coincide con el valor esperado del concreto. Siendo en la mayoría de los casos el valor obtenido de la resistencia del núcleo, mucho menor al aceptado por las normas que rigen la construcción.

En este documento, basados en el método de extracción de núcleos, analizaremos algunos factores, como la influencia del tamaño del agregado, la posición de extracción con respecto a la aplicación de la carga, y el diámetro del núcleo, para observar si estos tienen incidencia en esta desviación del valor de la resistencia.

En el primer capítulo se presenta una revisión bibliográfica de la resistencia en las estructuras de concreto, por qué se mide, para qué se investiga, además de los efectos que tienen algunos factores ya estudiados en la resistencia del concreto. Además se describe la metodología y el procedimiento que se debe llevar a cabo para extraer núcleos en vigas de concreto, también presenta la metodología para ensayos no destructivos, o prueba de ultrasonido.

En el segundo capítulo se describe todo el proceso que se llevo a cabo para realizar este estudio, se hace una descripción de lo que se fue haciendo paso a paso, desde la preparación de las muestras, hasta el momento de falla de los especímenes obtenidos.

En el tercer capítulo se hace el análisis de los datos obtenidos en el procedimiento, mediante tablas y graficas, se muestran relaciones y valores importantes para llegar a las conclusiones del tema.

En el capítulo cuatro y cinco se encuentran las conclusiones de este estudio y algunas recomendaciones que pueden mejorar la calidad del trabajo en futuras investigaciones.

Por último en el capítulo seis se encuentran varias fuentes bibliográficas, de las cuales se obtuvo el conocimiento necesario para obtener los mejores resultados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia de algunos factores que afectan la resistencia de núcleos extraídos del concreto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del tamaño del núcleo sobre la resistencia del concreto.
- Evaluar la influencia de la relación diámetro-tamaño máximo del agregado, sobre la resistencia del núcleo de concreto.
- Determinar el efecto de la aplicación de la carga en el elemento sobre la resistencia del núcleo de concreto.

1. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Una estructura de concreto es una combinación de elementos (vigas, columnas, zapatas, etc.), que cumplen una determinada función, ésta básicamente consiste en soportar su propio peso, y las fuerzas externas que se le aplican. Los principales aspectos que se deben controlar son la resistencia de la estructura, es decir la magnitud de las cargas que causaran que la estructura falle, y las deformaciones y agrietamientos que se presentan cuando estén sometidas a cargas de servicio. Las cargas que actúan sobre la estructura pueden dividirse en cargas muertas, vivas.

Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y en la misma posición durante la vida de la estructura. Las cargas vivas son las cargas de ocupación y dependen del uso de la estructura, estas pueden estar o no presentes, pueden cambiar de ubicación, estas suelen especificarse según el código de construcción que se aplique en el lugar de construcción, además de las cargas de nieve, presión y succión de viento, cargas sísmicas, presiones de suelo, empozamientos de aguas lluvias y fuerzas causadas por cambios de temperatura.

Las estructuras de concreto reforzado tienen ciertas características, derivadas de los procedimientos constructivos usados en una fabricación, que las distinguen de las estructuras de otros materiales. El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autosoportante. Esta características exigen ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de estas es su moldeabilidad, propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de formas. Gracias a ello, es posible construir estructuras, como los cascarones, que en otro material serian muy difícil de obtener. Otra característica importante es la facilidad con que puede lograrse la continuidad en la estructura,

con todas las ventajas que esto supone. Mientras que en estructuras metalizadas el logro de continuidad en las conexiones entre los elementos implica serios problemas en el diseño y en la ejecución, en las de concreto reforzado el monolitismo es consecuencia natural de las características de construcción. (Colaborado por Ana Luisa García para www.arqhys.com).

1.1 GENERALIDADES

La propiedad más común del concreto es medida por las pruebas la resistencia. Hay tres razones principales para esto. En primer lugar, la resistencia del hormigón da una indicación directa de su capacidad para resistir las cargas en aplicaciones estructurales, ya sean de tracción, corte a la compresión, o combinaciones de éstos. En segundo lugar, pruebas de resistencia son relativamente fáciles de realizar. Los ensayos de resistencia de probetas de hormigón se utilizan para tres propósitos principales:

- Para la investigación.
- Para el control de calidad y aseguramiento de la calidad.
- Para determinar en el sitio la resistencia del hormigón.

En la investigación, las pruebas se utilizan para determinar los efectos de varios materiales o proporciones de la mezcla sobre la resistencia del hormigón.

Los ensayos de resistencia se utilizan para obtener valores de referencia cuando otras características del concreto se están estudiando, tales como la abrasión, la resistencia o la fuerza de los elementos estructurales. En la construcción, pruebas de resistencia se llevan a cabo en muestras de hormigón tomadas en los lugares de trabajo, ya sea para determinar la idoneidad de las proporciones de mezcla desarrollada para el trabajo en particular o para revisar los cambios en la fuerza

que podría indicar un control de calidad para el proveedor de concreto o cambios de las condiciones en el ambiente. Cuando se cura adecuadamente en su lugar, estas muestras también se pueden utilizar para determinar cuando el hormigón en la estructura es lo suficientemente fuerte para la aplicación de cargas de construcción, remoción de los encofrados, o la aplicación del pretensado. En los casos donde la resistencia del hormigón en el lugar está en duda, las muestras se pueden cortar a partir de la colocación de hormigón existente y ensayos no destructivos se pueden realizar para estimar la fuerza de las correlaciones previamente establecidas. Por desgracia, la resistencia del concreto no es una propiedad absoluta. Los resultados obtenidos mediante pruebas de un hormigón dado dependerán de la forma y el tamaño de muestra, la preparación de muestras, y la carga de método.

La resistencia en la estructura depende de las resistencias de los materiales que la conforman, las resistencias reales de los materiales no pueden conocerse en forma precisa y por tanto también constituyen en variables aleatorias.

La resistencia también depende del cuidado que se tenga en la construcción, por lo tanto hay que revisar que los elementos tengan las dimensiones especificadas, que el refuerzo quede en la posición correcta, buena colocación y vibración del concreto, etc.

La resistencia de la estructura de concreto reforzado dependerá, tanto de la resistencia del concreto, como de la resistencia de la armadura. Cualquiera de las dos que se deteriore, comprometerá la estructura como un todo. Los principales agentes agresivos de la armadura, el gas carbónico CO_2 y los cloruros Cl^- , no son agresivos para el concreto, o sea que su ataque no es peligroso. Por otro lado los agentes agresivos para el concreto, como los ácidos, que contribuyen a la reducción del pH y al consecuente riesgo de despasivación de la armadura, así como los sulfatos y la reacción álcali-agregado, los cuales generan reacciones

expansivas que destruyen el concreto de recubrimiento y protección de la armadura, actúan en conjunto, atacando principalmente el concreto y secundariamente el acero de refuerzo. Por lo tanto, a pesar de que no existe una normalización al respecto, es necesaria y conveniente una separación nítida y la consecuente clasificación entre ambientes preponderantemente agresivos para la armadura y para el concreto. De igual manera, la composición del concreto, o sea, la proporción y naturaleza de los materiales que lo componen, debe ser tratada por separado, cuando se deba elaborar concretos resistentes a medios agresivos para la armadura y concretos resistentes, preponderantemente, a medios agresivos para el mismo concreto. (Helene, Paulo)

Esta resistencia debe soportar las cargas vivas y muertas durante el periodo de construcción y de servicio de la estructura. Durante la construcción se obtienen unas probetas de muestra del concreto, que siguiendo las normas ASTM son utilizados para medir la resistencia potencial del concreto entregado. El valor de la resistencia de estas probetas no equivale al de la estructura.

Los métodos de medición de la resistencia del concreto en la estructura incluyen: martillo de rebote (esclerómetro), prueba de penetración, prueba de arrancamiento (pullout), prueba de extracción de núcleos y las pruebas de carga del elemento estructural.

Los ensayos en la estructura pueden ser necesarios cuando las resistencias de los cilindros de ensayo normalizados son bajas, y luego de revisar que:

Las resistencias fallaron al no cumplir con lo previsto en la especificación.

Las bajas resistencias no son atribuibles a prácticas de ensayo defectuosas.

La resistencia especificada es realmente necesaria.

En muchos casos el concreto es aceptado sin efectuar ensayos en la estructura.

Hay otras situaciones que pueden requerir la investigación de la resistencia en la estructura, estas incluyen: apuntalamiento y remoción del encofrado, pos-

tensionado, o aplicación temprana de cargas; investigación de daños debido a congelamiento, fuego, o situación de curado adversa; evaluación de estructuras viejas; y cuando un concreto de más baja resistencia es vaciado en un elemento por error.

En general la resistencia debe ser medida siempre que sea posible, este es el factor más importante de la estructura, y debe ser evaluado minuciosamente, para así garantizar la seguridad de los que usen la estructura, y como un control de calidad para los distribuidores del concreto.

Existen varios métodos para conocer la resistencia en los elementos de la estructura, los más utilizados y estipulados por la ASTM son:

Resistencia de núcleos (ASTM C42), Resistencia a la penetración (ASTM C803) y Martillo de rebote (ASTM C805).

ASTM C42 (Resistencia de núcleos)

Este método de ensayo provee procedimientos estandarizados para la obtención y análisis de muestras para determinar la compresión, tracción indirecta, y resistencia a la flexión del concreto en el lugar.

En general, las muestras se obtienen cuando se duda de la calidad del concreto en el lugar ya sea debido a los bajos resultados de la prueba de resistencia durante la construcción o los signos de peligro en la estructura. Otro uso de este método es proporcionar información sobre la potencia de las antiguas estructuras.

La resistencia del concreto se ve afectado por la ubicación del concreto en un elemento estructural. La resistencia del núcleo también se ve afectada por la orientación principal en relación con el plano horizontal del concreto tal como se

coloque, con una resistencia que tiende a ser menor cuando se mide en paralelo al plano horizontal. Estos factores deberán ser considerados en la planificación de los lugares para la obtención de muestras de concreto y en la comparación de los resultados de la prueba de resistencia.

La resistencia del concreto medido por pruebas de núcleos se ve afectada por la cantidad y distribución de la humedad en la muestra en el momento de la prueba. No existe un procedimiento estándar para la condición de un modelo que garantice, que en el momento de la prueba, estará en la condición de humedad idénticos como el concreto en la estructura. Los procedimientos de acondicionamiento de la humedad en este método de ensayo están destinados a proporcionar condiciones reproducibles de humedad que reduzcan al mínimo dentro del laboratorio y las variaciones entre los distintos laboratorios y para reducir los efectos de la humedad introducida durante la preparación de muestras.

No existe una relación universal entre la resistencia a la compresión de un núcleo y la fuerza correspondiente a la compresión de cilindros moldeados. La relación se ve afectada por muchos factores como el nivel de resistencia del hormigón, la temperatura en el lugar y el historial de humedad, y las características de ganancia de resistencia del hormigón. Históricamente, se ha supuesto que la resistencia de los núcleos generalmente corresponde al 85% de la del cilindro, pero esto no es aplicable a todas las situaciones. Los criterios de aceptación para la fuerza de la base deben ser establecidos por la especificación de las pruebas.

ASTM C803 (Resistencia a la penetración)

Este método de ensayo es aplicable para evaluar la uniformidad del concreto y para delimitar las zonas de mala calidad o de hormigón deteriorado en las estructuras.

Este método de ensayo es aplicable para estimar la fuerza en el lugar, siempre y cuando la relación se ha establecido experimentalmente entre la resistencia a la penetración y la resistencia del hormigón. Tal relación debe ser establecida para un aparato de prueba en cuestión, utilizando materiales concretos y similares proporciones de la mezcla como en la estructura.

Dado que los resultados de penetración puede ser afectada por la naturaleza de las superficies de forma (por ejemplo, formas de madera frente a las formas de acero), pruebas de correlación se debe realizar en las muestras con las superficies de forma similar a los utilizados durante la construcción. Información adicional sobre los factores que afectan los resultados de pruebas de penetración y resúmenes de investigaciones anteriores están disponibles. Sondas de acero se conducen con una alta energía, el conductor accionado por pólvora, y las sondas pueden penetrar algunas partículas de agregado. Resistencia a la penetración de la sonda se ve afectada por la resistencia del concreto, así como la naturaleza de los áridos gruesos. Pernos de acero son de menor tamaño que las sondas y sean conducidos por un bajo consumo de energía, el conductor del resorte-actuado. Pernos están destinados a penetrar en la fracción de mortero solo, por lo tanto, una prueba en la que un perno de la huelga una partícula de agregado grueso se tiene en cuenta.

Este método de prueba puede ocasionar daños en el concreto, lo que puede requerir reparación expuestos acabados arquitectónicos.

ASTM C805 (Martillo de rebote)

Este método de ensayo es aplicable para evaluar la uniformidad en lugar del concreto, para delimitar las regiones en una estructura de menor calidad o de hormigón deteriorado, y para estimar la fuerza en el lugar.

Las relaciones entre el número de rebote y la resistencia del hormigón que son proporcionados por los fabricantes de instrumentos se utilizarán únicamente para proporcionar indicios de resistencia del concreto en relación a diferentes lugares en una estructura. Para utilizar este método de prueba para estimar la fuerza, es necesario establecer una relación entre la fuerza y el número de rebote de una mezcla de concreto y determinado aparato determinado. Establecer la relación mediante la correlación de números de rebote medido en la estructura con los puntos fuertes de la extracción de muestras en las ubicaciones correspondientes. Al menos dos réplicas de los núcleos se tomarán de al menos seis lugares con diferentes números de rebote. Seleccionar ubicaciones de tal manera que una amplia gama de números de rebote en la estructura sea obtenida. Obtener, condición de humedad, y la prueba de testigos, de conformidad con el Método de Ensayo C 42 / C 42M.

Para una mezcla de concreto dado, el número de rebote se ve afectada por factores tales como contenido de humedad de la superficie de ensayo, el método utilizado para obtener la superficie de ensayo (tipo de material de forma o tipo de acabado), la distancia vertical desde el fondo de un vaciado de concreto, y la profundidad de carbonatación. Estos factores deben tenerse en cuenta en la interpretación de números de rebote.

Diferentes martillos del mismo diseño nominal pueden dar números de rebote a diferencia de 1 a 3 unidades. Por lo tanto, las pruebas deben realizarse con el mismo martillo con el fin de comparar los resultados. Si más de un martillo se va a

utilizar, realizar pruebas en una variedad de superficies de concreto típicos a fin de determinar la magnitud de las diferencias que cabe esperar.

Este método no es adecuado como base para la aceptación o rechazo de concreto.

1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA

La resistencia de núcleos, representan mejor la resistencia del hormigón en obra. Aunque esto parece ser una manera perfectamente clara de la evaluación de la calidad del concreto, hay una serie de problemas en la interpretación de la fuerza de los valores obtenidos. El diámetro o tamaño de la muestra, la relación longitud y diámetro (l/d), la condición de humedad en el momento de las pruebas, la edad de las muestras centrales, nivel de resistencia del hormigón y la perturbación de la muestra causada por las operaciones de perforación son los factores más importantes que influyen en la fuerza de los núcleos.

Los métodos de colocación, compactación y curado aplicados en el lugar, son otros factores que varían la resistencia con respecto a la resistencia de los cilindros.

1.2.1 Efecto del tamaño de la muestra

Es comúnmente aceptado que a medida que aumenta el tamaño de la muestra, la resistencia del concreto y la variación de los resultados de las pruebas disminuyen.

La magnitud del efecto disminuye con el tamaño de la muestra y el aumento del diámetro. El razonamiento detrás del efecto, es que la resistencia de una muestra

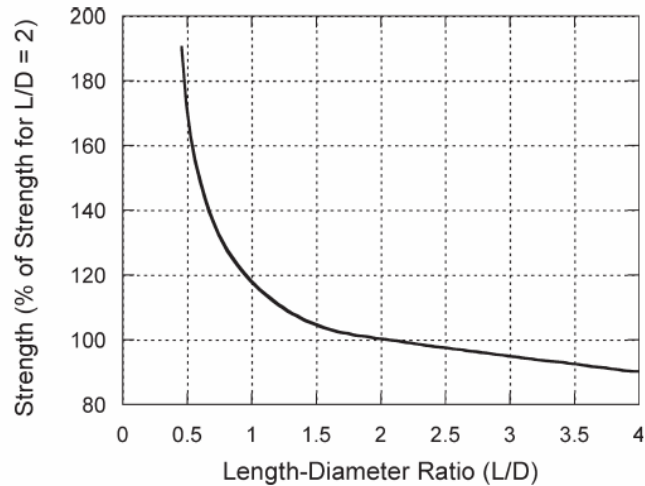
de concreto se regirá por la parte más débil de ese espécimen, y que la probabilidad de la ocurrencia de fallos aumenta, a medida que aumenta el tamaño de la muestra.

Los núcleos perforados seguirán la misma tendencia de aumento del grado con la disminución del tamaño de muestra para los núcleos de mayor diámetro. Para los pequeños núcleos de diámetro, sin embargo, la proporción de la superficie de corte para muestras de volumen se vuelve significativa, y es posible que la extracción de muestras causará daños en la reducción de la resistencia para diámetros que disminuyan por debajo de 4 pulgadas.

1.2.2 Efecto de la relación diámetro-tamaño del agregado

Especificaciones actuales para los especímenes exigen que la dimensión mínima de la muestra deba ser de por lo menos tres veces que el tamaño máximo nominal del agregado.

La condición preferible es que el diámetro del núcleo sea por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del árido empleado en la elaboración del concreto. Esta condición puede ser suavizada por la especificación de las pruebas siempre y cuando el diámetro del núcleo sea por lo menos dos veces el tamaño máximo del agregado grueso.



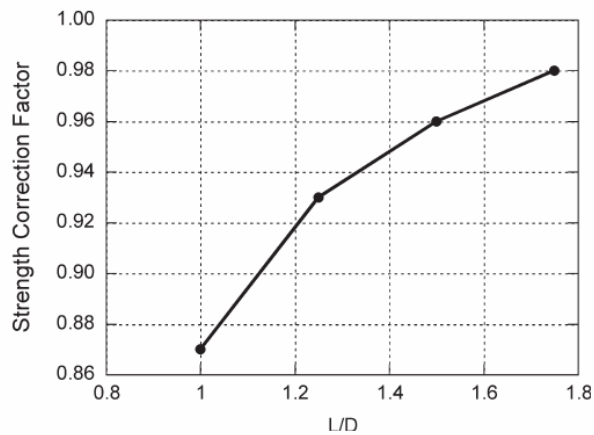
Fuente: (Ozyildirim, 2006)

1.2.3 Efecto de la relación longitud-diámetro

La relación entre la longitud y el diámetro influirá en la aparente fortaleza de la muestra que se está probando. El aumento de la resistencia, se observa cuando L/D disminuye el valor.

El valor estandarizado para esta relación es de 2. Ya se ha observado y establecido que este es el más cercano a la realidad.

Los valores de L/D por debajo de 1.5 las resistencias medidas aumentan notablemente.



Fuente: (Ozyildirim, 2006)

1.2.4 Efecto de la condición de humedad de la muestra

La condición de humedad de la muestra en el momento de las pruebas puede tener una influencia significativa en la resistencia medida. En general, las muestras tienen 5-20% menor resistencia a la compresión cuando se probó en una condición húmeda de lo que sería el caso de pruebas en condiciones secas.

La mayor resistencia de las muestras secas se atribuye al aumento de la fuerza de los enlaces secundarios dentro de la pasta de la estructura. Se ha observado que a medida que se seca la muestra, la superficie externa intenta reducir, lo que induce la compresión laterales en el interior de la muestra, lo que aumenta su resistencia a la compresión aparente. Una muestra de que es más húmedo en la región externa tendrá menor resistencia a la compresión.

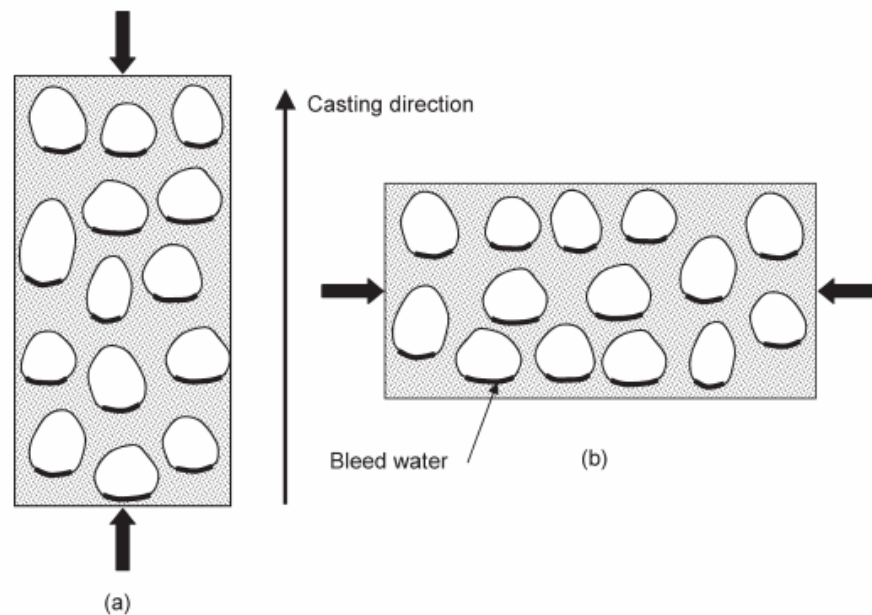
Al elegir la condición de humedad muestra para la prueba, con el propósito de ser considerado, se observará el efecto que la condición de humedad que tienen en los resultados de la prueba. Los cilindros de curado estándar se ponen a prueba en una condición húmeda de acuerdo con la norma ASTM C 39 / C 39M.

Por otro lado, los núcleos curados y sacados en campo se ponen a prueba en la condición en que se reciben. En la prueba de núcleos, si los resultados deben ser comparados con los resultados de la prueba del cilindro de curado estándar, una condición húmeda puede ser preferible, sin embargo, si la determinación de la resistencia del concreto en el lugar es lo que se desea, las muestras deben ser analizadas lo más cerca posible en las condiciones de humedad que existe en la estructura. ASTM C 42 / C 42M especifica acondicionamiento de humedad que conserva la humedad del núcleo perforado y proporciona una condición de humedad reproducibles que minimiza los efectos de los gradientes de humedad presentado por mojarse durante la perforación y la preparación de muestras.

1.2.5 Efecto de la dirección de la carga versus dirección de fundida

Los cilindros moldeados de concreto se ponen a prueba en paralelo a su dirección de fundida. Las vigas y los núcleos de perforación, sin embargo, se podrán probar en forma paralela o perpendicular a la dirección de fundida, dependiendo de las circunstancias. En general, las muestras analizadas en la misma dirección de fundida darán mayor resistencia que los experimentados perpendicular a ella. La diferencia en la resistencia medida se atribuye a la aparición de la debilidad en las interfaces pasta-agregado alineados perpendicularmente a la dirección de fundida debido al aumento de agua en partículas de árido grueso. Núcleos de prueba en paralelo a la dirección de fundida puede tener ventajas sobre un 8% más que los experimentados perpendicular a la dirección de fundida.

Planes of weakness due to bleeding: (a) axis of specimen vertical and (b) axis of specimen horizontal



Fuente: (Ozyildirim, 2006)

1.3 MÉTODOS UTILIZADOS

El desarrollo de este estudio busca evaluar la resistencia en núcleos extraídos en vigas de concreto, variando algunos factores en la elaboración de las vigas y al momento de extraer los núcleos. Esto se llevo a cabo en el laboratorio de caracterización de materiales de la Universidad Industrial de Santander, donde se hizo el proceso de fundida de las vigas, y luego con una maquina extractora de núcleos con la que cuenta la escuela de Ingeniería Civil y otra facilitada por la empresa Hormigón Colombia, realizamos la extracción de los núcleos en las vigas.

Esto siguiendo las normas, estudios y procesos existentes en el mundo y principalmente en Colombia para extracción de núcleos en vigas de concreto.

La prueba de extracción de núcleos que rige en Colombia lo dicta la Norma Técnica Colombiana (NTC 3658), esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C42 (Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete). Estas normas definen el procedimiento que se debe realizar para la extracción de núcleos en vigas de concreto, y para hallar la resistencia de los núcleos.

1.3.1 Extracción de núcleos en vigas de concreto

El objetivo de la norma es determinar la obtención, la preparación y el ensayo de núcleos extraídos de concreto para obtener su longitud o el valor de la resistencia a la compresión.

Estas son las principales indicaciones que dicta la norma:

Se recomienda usar una broca con su punta diamantada para obtener una mayor exactitud en el diámetro del núcleo a extraer, para así obtener una mayor precisión al momento de calcular la resistencia a la compresión

Se debe dejar endurecer lo suficiente el concreto para que al momento de extraer la muestra no se afecte la unión entre el mortero y el agregado grueso. El concreto debe tener generalmente 14 días de edad antes que se proceda a hacer las remociones.

El núcleo debe extraerse de forma perpendicular a la superficie de donde se extraerá y separado de las juntas o los bordes. Si existe un espécimen que se piensa extraer con cierta inclinación respecto a la superficie, se debe extraer cerca a la mitad de un elemento en tanto sea posible y lejos de las juntas o los bordes.

El diámetro de los núcleos debe ser tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso usado en el concreto y el doble del tamaño máximo nominal usado en el núcleo. La altura del núcleo debe estar lo más cerca posible a 2 veces el diámetro. Un espécimen que tenga una altura menor al 95 % del doble del núcleo, no deberá ser ensayado.

Las bases de los núcleos deben ser lisas, perpendiculares al eje longitudinal y el diámetro del cuerpo debe ser igual al diámetro de la base. Si existen protuberancias o depresiones, no deben los 5 mm sobre la superficie de las bases. Entre el eje longitudinal y las bases, no debe haber una distancia mayor a 5 mm. Los diámetros de las bases no deben exceder en más de 2,5 mm el diámetro medio del núcleo.

Si la estructura va a estar sometida a condiciones secas de servicio, los núcleos deben secarse al aire, con temperaturas entre 15 °C y 30 °C de temperatura y humedad relativa menor del 60%), 7 días antes de practicar el ensayo, y deben ensayarse secos. En cambio si la estructura va a estar sometida a condiciones de humedad, los núcleos deben sumergirse en agua saturada con cal a 23 °C mas o menos 2 °C, durante 40h, y ensayarse húmedos.

La resistencia de cada espécimen se calculara de acuerdo al área de la sección transversal con base en el diámetro medio del mismo.

1.3.2 Ensayo no destructivo

Vale la pena aclarar que este no es nuestro principal objeto de estudio, como se plantea en los objetivos, nuestro estudio fundamental se basa en el método de extracción de núcleos, sin embargo, con el fin de tener un punto de comparación con otro método para determinar la resistencia de las vigas de concreto, decidimos hacer pruebas de ultrasonido

Los ensayos no destructivos son una herramienta útil para determinar la calidad del concreto.

Entre las pruebas no destructivas se encuentra el uso del equipo ultrasónico. Con esta prueba es posible determinar el grado de homogeneidad, entre otras características. Esto se logra a través de mediciones de la velocidad ultrasónica sobre el material que se va a probar.

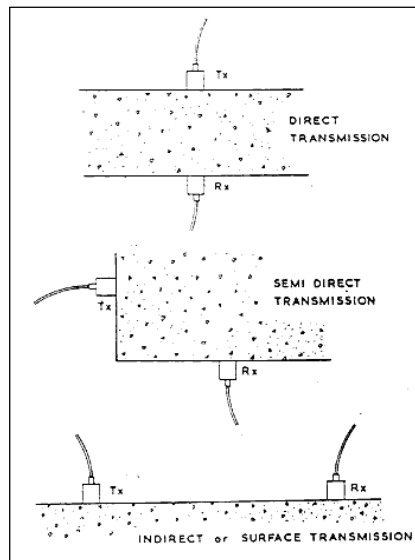
Así el equipo hace posible conocer el hormigón en las siguientes cualidades: homogeneidad, la presencia de fisuras, los huecos, los cambios en hormigón debidos a diferentes causas como ataques del fuego y bioquímicos, así como también la calidad del hormigón.

El equipo consta de dos transductores que marcan el tiempo de propagación de una onda a través del concreto.

Se elige el lugar donde se va a hacer la medida y se deben tomar tres lecturas como mínimo, las distancias entre transductores no debe exceder de 400mm y se debe mantener lo más constante posible para que las lecturas sean uniformes.

El aparato lo que hace es lanzar una onda a través del concreto, al ser captada por el transductor receptor, este convierte la energía mecánica de la onda en pulso electrónico. Al recibirla se obtendrá el tiempo de propagación de la onda en el concreto, y conociendo la distancia entre transductores podemos conocer la velocidad de pulso. Esta velocidad es comparada con tablas existentes para conocer la calidad del concreto ensayado.

Se debe tener un buen acoplamiento entre los transductores y la superficie de concreto, esto se logra colocando vaselina entre la superficie y los transductores. En las superficies rugosas se debe hacer un tratamiento previo. La transmisión de los transductores puede ser directa, semidirecta o indirecta.



Fuente: Tecnología del hormigón, grupo hormigón.

Es recomendable usar la transmisión directa, esta proporciona la máxima sensibilidad y la longitud de la trayectoria está bien definida.

Algunas veces se tiene que examinar el concreto en trayectorias diagonales, en estos casos se usa la transmisión semidirecta, teniendo en cuenta que la distancia que se está midiendo es diagonal.

La transmisión indirecta es la menos satisfactoria, además de su insensibilidad, nos da medidas de velocidades de pulso en la capa del concreto cerca a la superficie, que no serán representativas en estratos más profundos. Se ha observado que la velocidad medida por el método indirecto es menor que la obtenida por el método directo, por lo tanto se deben utilizar factores de corrección para estas velocidades de transmisión indirectas.

El aspecto más importante que se debe considerar es el número de elementos ensayados, entre mayor sea la muestra se tendrán más elementos de comparación para conocer con mas certeza la calidad del concreto.

Luego de tomar los datos de tiempo de propagación de la onda, y la distancia entre los transductores, podemos calcular la velocidad de pulso mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad de pulso (Km/seg)} = \frac{\text{Distancia entre transductores (cm)} * 10}{\text{Lectura de tiempo (microseg)}}$$

Se determina la velocidad para cada una de las mediciones y se obtiene un promedio. Con este dato se puede determinar la calidad del elemento probado, consultando los criterios de calificación que están contemplados en las siguientes tablas:

Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman.	
Velocidad de la onda longitudinal m/seg	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Evaluación la calidad mediante la velocidad de pulso según Agraval y otros.	
Velocidad de pulso m/seg	Condición del hormigón
Más de 3000	Buena
De 2500 a 3000	Regular

Menos de 2130	Pobre
---------------	-------

Velocidad mínima de pulso en estructuras típicas.	
Tipo de obra	Velocidad mínima de pulso para su aceptación m/seg
Selecciones T de hormigón reforzado	
Unidades de anclaje de hormigón reforzado	4570 4360
Marcos de edificios de hormigón reforzado	4110 4720
Losas de entre piso	

No es fácil estimar la relación que existe entre el pulso ultrasónico y la resistencia del hormigón; pues el tipo de agregado, la relación agregado-cemento, la edad del agregado y las condiciones de curado influyen en ella.

El equipo proporciona grandes ventajas, entre ellas podemos mencionar su poco peso, fácil uso y manejo, pero sobre todo la confiabilidad en sus resultados, ya que una forma rápida y sencilla permite conocer el estado que guarda el hormigón del elemento ensayado.

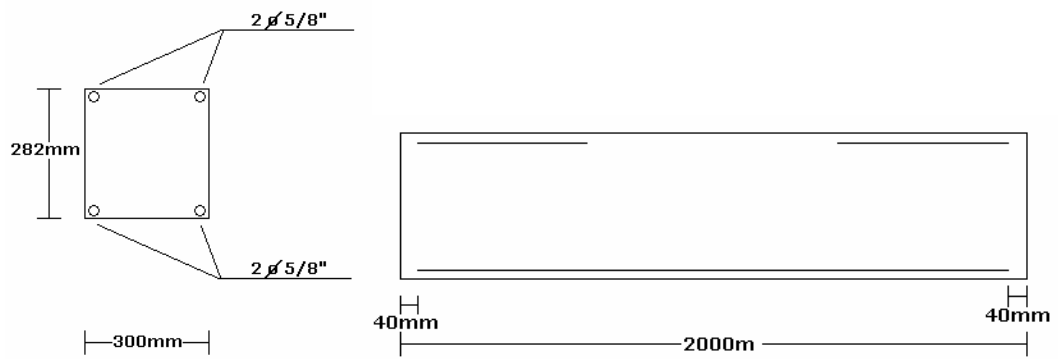
Presenta como desventaja, que los cables transmisores en varias ocasiones presentan falsos contactos debido al exceso de movimiento, con lo cual se dificulta efectuar las lecturas.

2. EXPERIMENTACIÓN

Para obtener un desarrollo óptimo a esta problemática, se optó por recurrir a utilizar un modelo que se pudiera asimilar con la vida real. Como parte de los factores de influencia en la resistencia de concreto se decidió analizar 3 tipos de diámetro de extracción y 3 tamaños máximos de agregado grueso. En primer lugar, se desarrollaron 18 vigas, de las cuales 9 estaban sometidas bajo efecto de carga y 9 sin efecto de carga; se vio la necesidad de fabricar 3 vigas de cada tipo para cada caso, para poder analizar las resistencias que se obtuvieran de cada fundida. Estas vigas fueron diseñadas y simuladas para poder aplicar un diseño real al desarrollo del proyecto; se utilizaron cargas últimas de estructuras ya desarrolladas para así poder fabricar los elementos más semejantes a uno de la vida real. La resistencia con la que se diseñaron las vigas fue con una de 3000 psi (210 Kg/cm²); para la cual se aplicó una dosificación de 1:2:2,8 con un contenido de agua del 50%.

2.1 FABRICACIÓN DE LAS VIGAS

Luego de determinar la carga a la que comúnmente una viga aérea de una estructura está diseñada, se procedió a fabricar las vigas con su debido refuerzo de acero y sus respectivos estribos. Se fabricaron vigas de 0.30*0.28*2.00 m de sección (ya que la longitud mínima requerida al momento de extraer el núcleo de 4 pulgadas era de 8 pulgadas o 20.4 cm), las cuales tienen un refuerzo de 6 barras de 5/8" para la flexión y 4 estribos para el refuerzo a cortante; con este diseño se pudo llegar a la conclusión de que la viga podía soportar una carga de 5.81 ton/m.



Fuente: Elaboración propia

A la viga se realizó un proceso de control de resistencia por medio de probetas; por cada viga se realizó una probeta y así analizar que tan resistente era cada elemento.



Fuente: Registro fotográfico propio

2.2 APLICACIÓN DE CARGA EN LAS VIGAS

Para desarrollar uno de los objetivos de esta problemática, a 9 de los 18 elementos construidos, se les aplico una carga distribuida de 0.25 t/m² para mirar la influencia de la carga al momento de corroborar la resistencia del concreto. La carga por cuestiones de tiempo solo se le dejo una semana aplicada.



Fuente: Registro fotográfico propio

2.3 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Para esta parte, se empleo el uso de 2 maquinas extractoras de núcleos, además de 3 diámetros distintos, 4", 3" y 2". Para poder analizar si podía verse influida la resistencia. Se extrajeron en total 108 núcleos, 36 de cada diámetro. Para cada viga se extrajo 1 núcleo en dirección vertical y otro en la dirección horizontal, para cada diámetro de la broca; es decir, se extrajeron 6 núcleos de cada viga, 3 en dirección vertical con los 3 tipos de diámetro, así mismo, en la dirección horizontal. Las brocas deben ser en punta de diamante para que pueda penetrar el concreto y extraer los núcleos de la forma más correcta.



Fuente: Registro fotográfico propio

2.4 CORTE Y REFRENTADO DE LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS.

Luego de obtener la cantidad de núcleos mencionada anteriormente, se debe someter a su respectivo corte para que así la relación longitud del núcleo / diámetro de la extracción sea igual a 2, es decir, que los núcleos extraídos de 2 pulgadas es necesario que su longitud sea de 4 pulgadas, para el de 3 pulgadas que su longitud sea de 6 y para el de 4 pulgadas que su longitud sea de 8 pulgadas. Luego de haberse cortado los núcleos, se debe llevar un registro de su peso y su longitud para conocer la relación L/D y además también conocer la densidad de dicho concreto. A partir del día de corte, se cuenta con una semana en la cual los especímenes extraídos se deben dejar en condiciones secas a una temperatura ambiente, ya que tanto la extracción como el corte pueden alterar las propiedades de los mismos.

Luego de realizar el anterior procedimiento, se deben pasar por un proceso de refrentado, para así asegurar que la superficie del núcleo de concreto no tenga

ninguna inclinación y que al momento de su falla, la carga se aplique uniformemente sobre el espécimen.

Para el proceso de corte, se debe emplear una maquina industrial con un disco diamantado, para que los especímenes al ser fallados tengan la longitud más precisa posible, evitando así variaciones o alteraciones en los resultados esperados.

Las probetas no es necesario refrentarlas, ya que estos presentan superficies lisas sin perturbaciones o cambios en su horizontalidad.



Fuente: Registro Fotográfico Propio

2.5 PRUEBA DE COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS Y LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS

Para el caso de las probetas, se deben sumergir durante los 28 días necesarios de curado, para luego si llevarlos a su proceso de prueba de su resistencia a la compresión.

Para el caso de los núcleos, una vez refrentados se llevan a la máquina de ensayo para medir el valor de su resistencia. El proceso de prueba arroja el valor de la carga soportada de cada muestra, y luego con el área del espécimen probado, se haya finalmente el valor de la resistencia que se necesitaba.



Fuente: Registro Fotográfico Propio

2.6 PRUEBA DE ULTRASONIDO

La prueba comenzó haciendo la cuadrícula en las vigas donde se iban a hacer las lecturas de la onda.

Luego se llevo a cabo la calibración del aparato ultrasónico, y se cubrió con vaselina la superficie de la viga donde se iban a hacer las lecturas.



Fuente: Ingenegros.com.ar

Luego se ubicaron los transductores en las cuadrículas, tratando que quedaran lo mas alineado posible, y se procedió a medir las lecturas de los tiempos de propagación de la onda.



Fuente: topoequipos.com

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenidos todos los datos de las pruebas de falla de los cilindros y núcleos extraídos de las vigas de ensayo, procedemos a realizar el respectivo análisis de los datos obtenidos en el laboratorio.

3.1 ANÁLISIS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS Y ANÁLISIS DE RESISTENCIAS.

Después de tomar tres núcleos para cada tipo de tamaño de triturado y para cada tamaño de broca, obtuvimos por rotura en prensa, con superficies totalmente homogéneas y revestidas en azufre, resultados a compresión de los cuales se hace el primer procedimiento de análisis en donde se muestran datos resaltados, estos datos no se tienen en cuenta ya que sus valores de resistencia, no manejan un patrón comparativo con las otras muestras de referencia y generan intervalos muy grandes para que sean incluidos en el valor promedio, su resultado no presentan un comportamiento similar a los otros especímenes, siendo este la primera parte para la selección de los valores más precisos que se puedan aplicar al estudio.

Viga 3/4 con carga, resistencia =2669.01 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	1762.076108	2	1872.639528
2	986.7626207	2	668.6557257
2	1057.245665	2	872.8259337
3	2585.50104	3	2258.570451
3	1616.711878	3	2537.389596
3	1660.267267	3	1534.364077
4	2290.638341	4	2731.217968
4	1762.076108	4	2995.529384
4	1885.421436	4	1427.281648

Viga 1/2 con carga =2858.48 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	2466.906552	2	2607.87264
2	671.4045644	2	671.4045644
2	2078.321357	2	2077.091265
3	2834.819272	3	3043.700692
3	2850.647571	3	3195.231343
3	2631.366383	3	2799.234106
4	3612.256022	4	3030.770306
4	3206.978517	4	2660.734924
4	3277.461562	4	2766.45349

Viga 3/8 con carga =2584.38 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	2498.761505	2	2748.838729
2	2480.563346	2	3171.736395
2	2724.626464	2	2960.287862
3	2568.715394	3	2694.018583
3	2140.398642	3	2506.063793
3	2443.412204	3	2537.389596
4	2695.976446	4	2784.080251
4	2660.734924	4	2748.838729
4	2678.355685	4	2801.701012

Viga 3/4 sin carga = 2776.38 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (P)	Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	2325.940463	2	1762.076108
2	2010.088321	2	2114.49133
2	832.1733578	2	986.7626207
3	1910.873646	3	2130.154229
3	2537.389596	3	2787.995976
3	2412.086406	3	2255.457419
4	2872.184057	4	2872.184057
4	2044.008286	4	3189.357756
4	3312.703084	4	2378.802746

Viga 1/2 sin carga = 3367.52 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (P)	Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	1141.387759	2	1198.211754
2	2466.906552	2	1691.593064
2	1738.504887	2	1268.694798
3	1848.222051	3	1754.244659
3	1722.918862	3	1754.244659
3	1722.918862	3	1660.267267
4	2308.319702	4	2114.49133
4	2590.251879	4	1762.076108
4	2378.802746	4	2343.561224

Viga 3/8 sin carga = 2584.38 Psi			
Extracción vertical		Extracción horizontal	
Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (P)	Tamaño del núcleo (P)	Resistencia a la compresión (Psi)
2	2208.207841	2	2396.423507
2	2542.57743	2	2607.87264
2	2724.626464	2	3030.770906
3	2881.973368	3	2631.366989
3	2819.321773	3	2631.366989
3	2719.828535	3	2913.299166
4	2695.976446	4	2713.597207
4	2607.87264	4	3030.770906
4	3259.840801	4	3436.048411

La norma técnica colombiana NTC 3658 cita: “el coeficiente de variación en núcleos, para el caso de un único operario se ha estimado en 3,2% para un rango de resistencias a compresión entre 32 Mpa y 48,3Mpa. Por lo tanto los resultados de dos ensayos llevados a cabo apropiadamente, sobre núcleos obtenidos de una misma muestra, por un mismo operario no deben diferir en sus valores medios por

más del 9%"; siendo este el primer valor de control para descartar posibles fuentes de error que puedan alterar los resultados que se desean obtener.

Por ejemplo, para las vigas de 3/4", en el caso de la extracción realizada con la broca de 3", podemos apreciar que el coeficiente de variación es menor al 9%, mientras que para las vigas de 1/2", en el caso de la extracción realizada con la broca de 2", el coeficiente de variación es mayor del permitido por la norma.

Viga 3/4" con carga, resistencia =2669.01 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
3	2585.50104	2.62	SI	1638.49	38.61058699
3	1616.711878				
3	1660.267267				

Viga 1/2" con carga, resistencia =2858.48 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2466.906552	15.73	NO	2272.91	
2	671.4045644				
2	2078.921357				

Viga 3/4" sin carga, resistencia =2776.38 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
3	1910.873646	6.557377049	SI	2474.738001	10.86457902
3	2537.389596				
3	2412.086406				

Viga 1/2 sin carga, resistencia =3367.52 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	1141.387759	34.34658895	NO	1439.946323	
2	2466.906552				
2	1738.504887				

Nota: para revisar el análisis de todas las muestras, se puede observar el anexo A Y B.

Para aquellas muestras donde no se cumpla con dicha condición, no se puede hacer un análisis de los especímenes. Por tanto, viendo los resultados obtenidos al momento de aplicar la norma, se ve que el 36% de los núcleos se descartan; mostrando así que la extracción de núcleos es una representación aleatoria o poco precisa, de las resistencias de los elementos analizados.

Con respecto a la variación de la resistencia entre los núcleos extraídos y los cilindros realizados, la norma se expresa acerca de que los especímenes deben presentar un del valor obtenidos de las probetas, pero analizando también en parte este caso, se puede observar que la resistencia arrojada por los núcleos no manejan un porcentaje definido, ni por encima, ni por debajo, para un mismo elemento estructural de análisis, es decir, hasta donde puede hablarse de un parámetro de referencia dado por la norma. Por tanto se puede decir que estos no permiten conocer a ciencia cierta el valor del resultado de la resistencia; lo que confirma la aleatoriedad de los resultados arrojados por la extracción de núcleos.

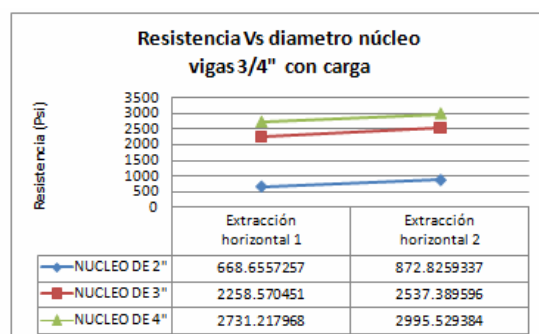
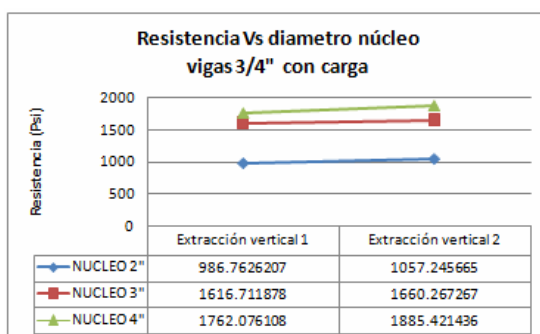
3.2 ANÁLISIS DE EXTRACCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL.

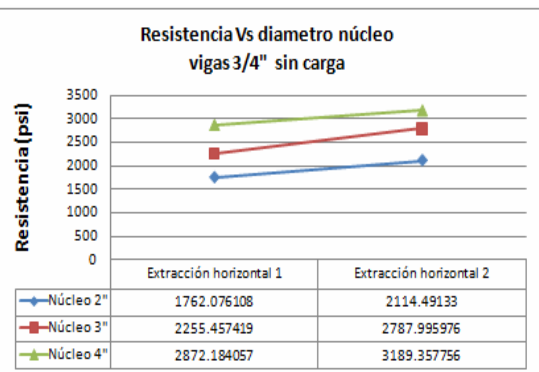
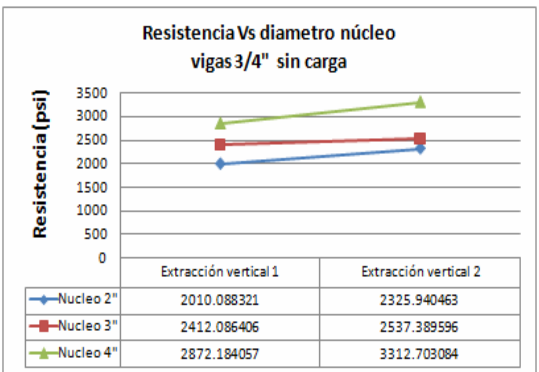
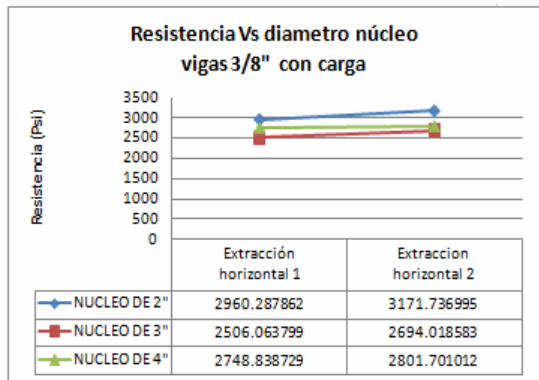
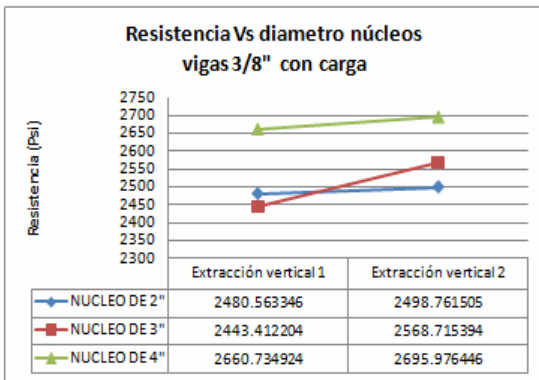
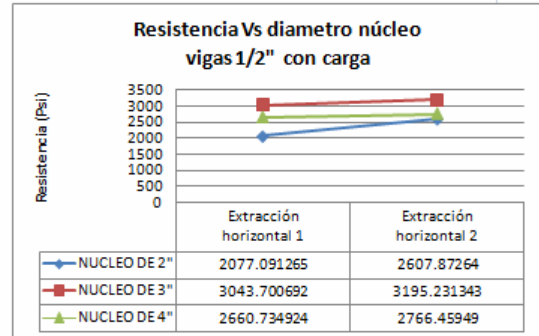
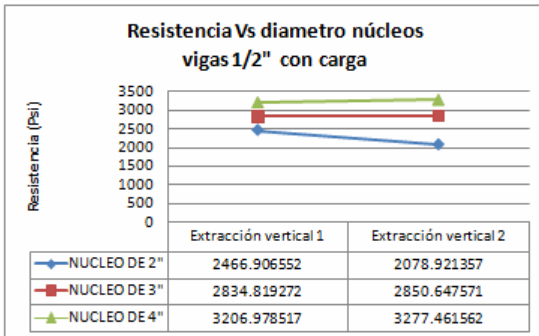
Para el análisis de los núcleos extraídos vertical y horizontalmente, se aplico el mismo concepto emitido por la norma del 9% de error entre resistencias de los especímenes. Analizando lo dictado por la norma, de la condición para extraer los núcleos de las dos posiciones, se puede ver claramente que los resultados obtenidos entre las 2 extracciones, no podrá ser el mismo resultado, ya que en el caso de un elemento cargado, hay una parte que estaría trabajando a compresión y otra a tracción; por tanto, los valores de las resistencias se verán afectadas de una u otra forma por dichas cargas. Para la parte de las vigas que no fueron sometidas a cargas, se puede evidenciar la homogeneidad de las resistencias ya que no se presentan valores tan aleatorios como los vistos en los elementos sometidos a cargas; sin embargo, se presentan valores muy por debajo de los obtenidos en los cilindros de control

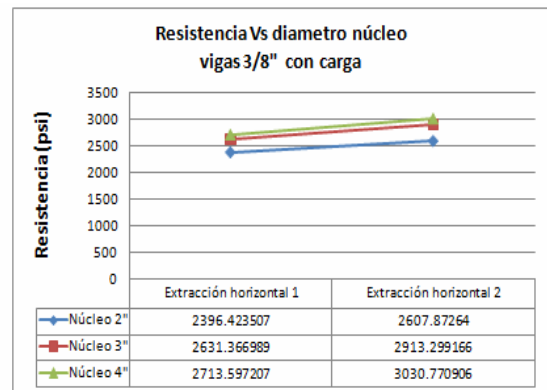
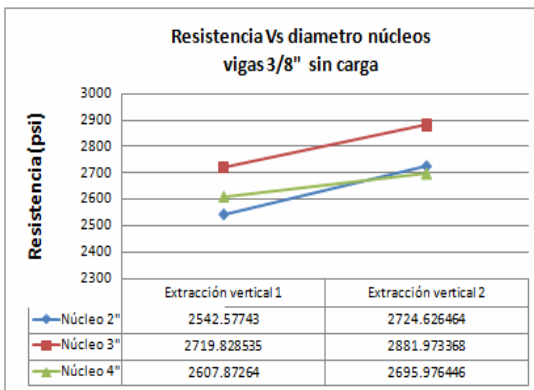
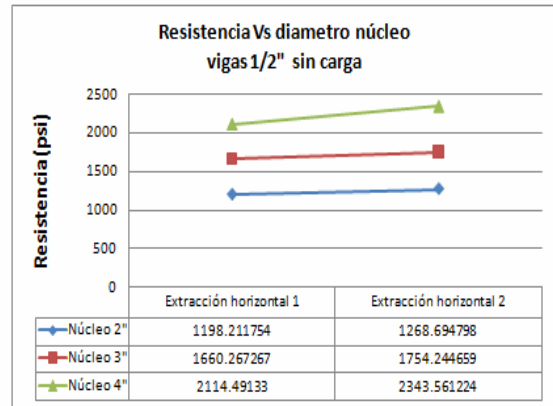
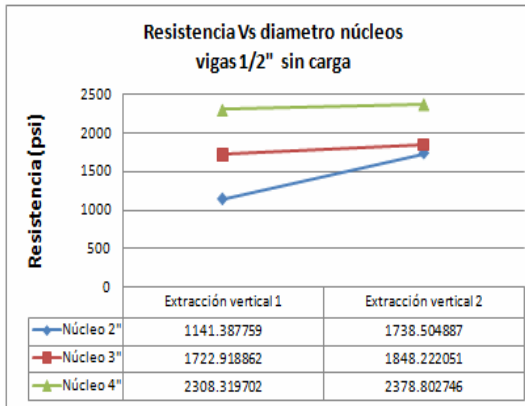
COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 3/4 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	24.58535172	NO	896.37	
3	31.67209251	NO	2018.23	
4	36.30769231	NO	2343.56	
VIGA 1/2 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2.969841374	SI	2307.70	19.27
3	8.871152775	SI	2592.61	9.30
4	16.30434783	NO	2977.91	
VIGA 3/8 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	18.79803218	NO	2777.84	
3	2.834008097	SI	2542.61	11.05
4	3.594080338	SI	2728.28	4.55

COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 3/4 SIN CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	10.5963629	NO	2053.149056	26.05
3	1.863354037	SI	2498.232349	10.02
4	1.994301994	SI	3061.607238	-10.27
VIGA 1/2 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	14.34032949	NO	1336.699799	60.31
3	2.366863905	SI	1743.802727	48.22
4	8.111380145	SI	2327.40886	30.89
VIGA 3/8 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	4.991410086	SI	2567.875011	0.64
3	2.910425531	SI	2766.192803	-7.04
4	7.668711656	SI	2762.0543	-6.87

3.3 ANÁLISIS DE GRÁFICOS



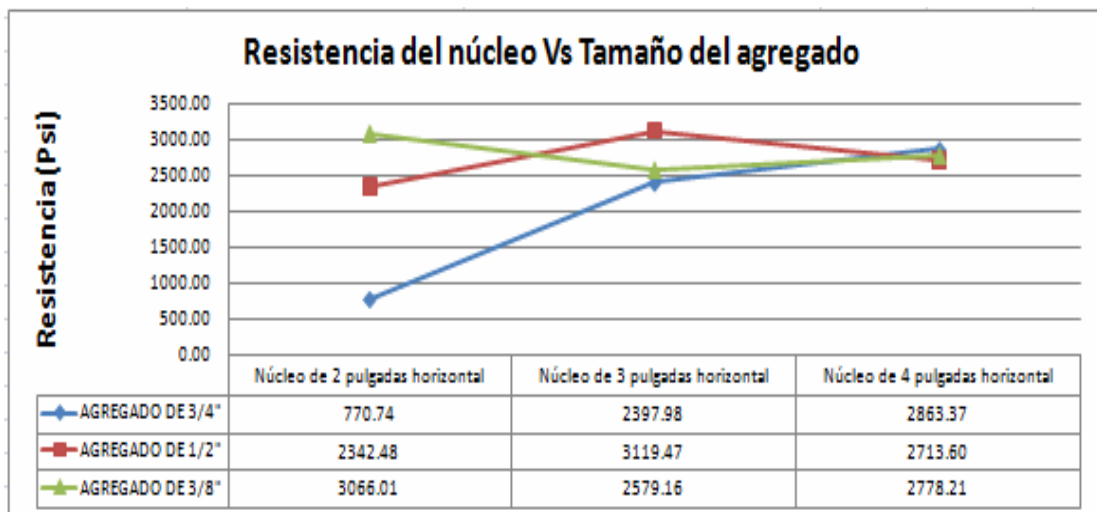
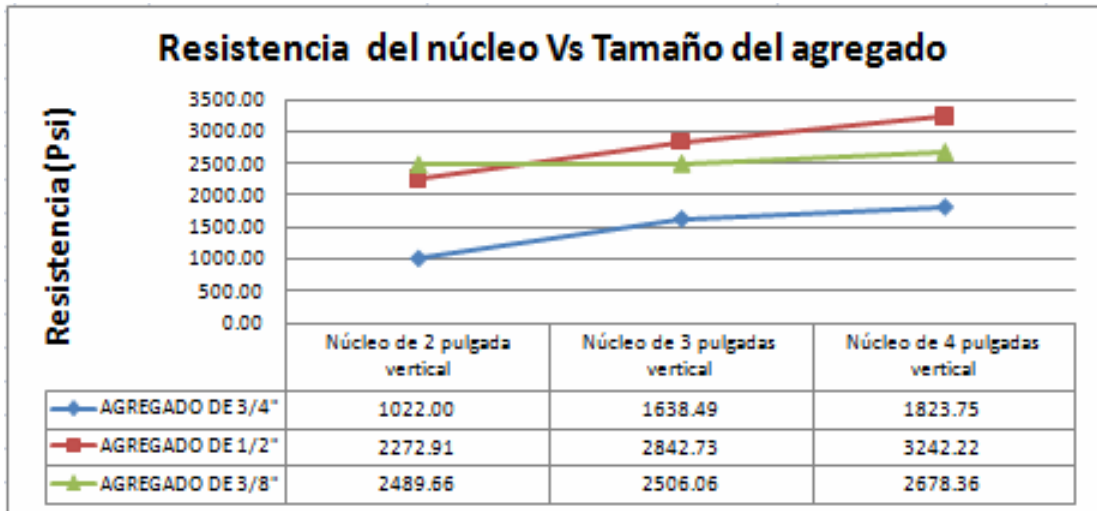




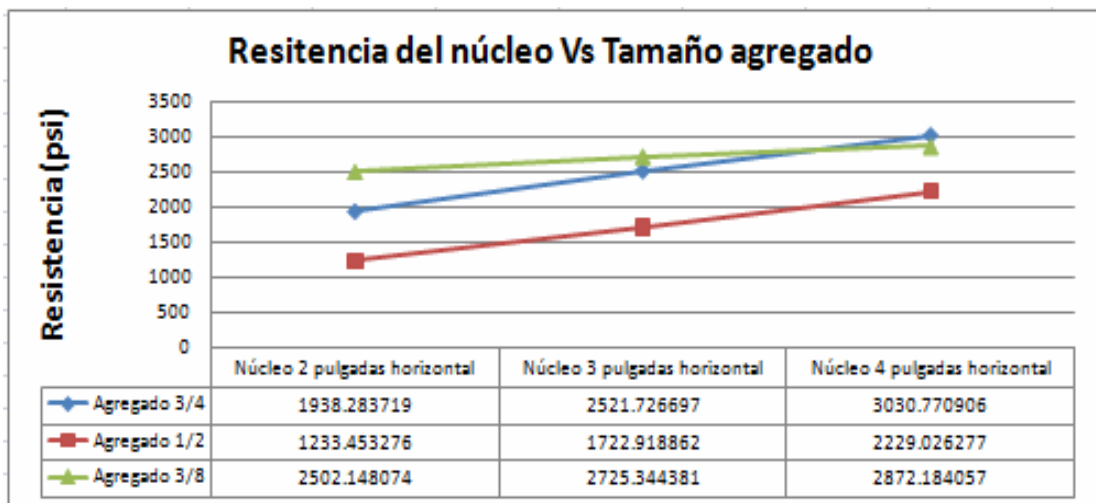
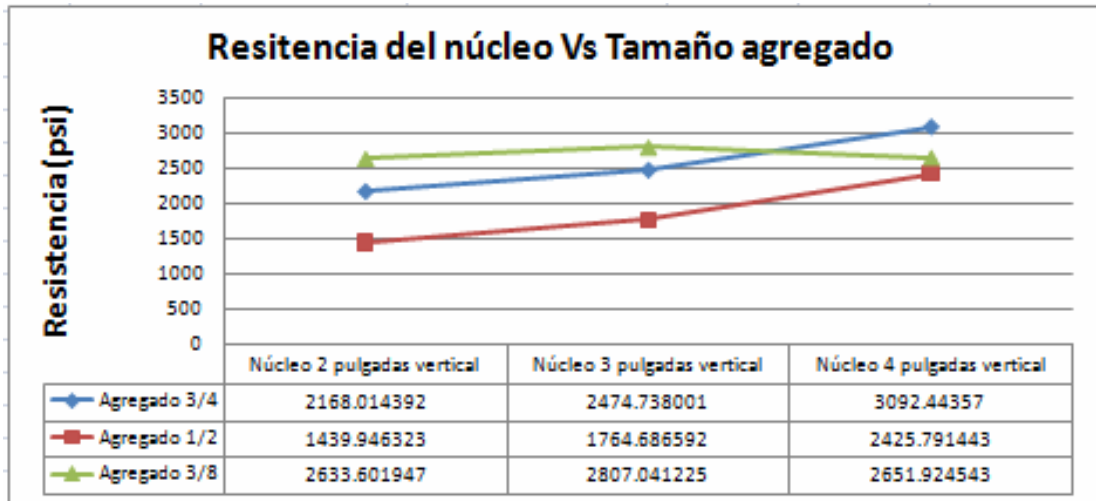
En las graficas se puede observar el comportamiento presentado entre la resistencia y el diámetro de extracción de los núcleos. Se puede ver claramente, que los mejores resultados en general, se presentan para el núcleo de 4 y el de 3 pulgadas, mientras que el de 2 pulgadas presenta las resistencias menores tanto en extracciones verticales como horizontales, y también para el caso en donde se encuentran las vigas cargadas y sin carga. Se presenta un caso para el cual, realizando extracciones con cualquiera de las 3 brocas, se muestra resistencias similares, esto para el caso de los elementos elaborados con el agregado de 3/8.

3.4 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DIÁMETRO-TAMAÑO DEL AGREGADO

Vigas con carga



Vigas sin carga



En estas graficas se puede apreciar que para el agregado de 3/4" y 1/2" las muestras más representativas se presentan en los núcleos de 3" y 4", para el caso del núcleo de 2" vemos que la resistencia es menor comparada con los otros tamaños, esto debido a que no se cumple la relación que cita la Norma Técnica Colombiana NTC 3658 "El diámetro de los especímenes de núcleos para la

determinación para la resistencia a la compresión debe ser preferiblemente como tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso usado en el concreto”, para el caso de 3/4”. Para el agregado de 1/2” si se cumple la relación diámetro-tamaño del agregado especificada en la norma, pero observamos que no cumple con la resistencia.

Por último observamos que el agregado 3/8” presenta resistencias más homogéneas, se piensa que al momento de la extracción su composición no se ve muy alterada, se conserva en un gran porcentaje su composición en volumen y peso para los agregados; en especial con el agregado grueso, ya que por su tamaño, sufre menos cortes con base en su proporción dentro de la muestra; un cilindro normal no altera, ni corta los agregados, solo, con base en su método de construcción, los acomoda, mientras que la extracción de núcleo, altera sus características iniciales.

Se puede apreciar también que para los núcleos de 2” de diámetro, la resistencia fue mayor para los especímenes con agregado de 3/8”, debido a que el núcleo de 2” para los agregados más grandes, van a romper estos agregados, alterando así su composición, por tanto su resistencia.

3.5 ANÁLISIS DE PRUEBA DE ULTRASONIDO

FUNDIDA DE 3/4" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	90.41111111	3318.176232
1	28	84.84444444	3300.15715
2	30	78.24444444	3834.138029
2	28	75.72222222	3697.725605

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3309.166691	2410.77556
Viga2	3765.931817	2743.53553

FUNDIDA DE 1/2" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	80.56666667	3723.624328
1	28	79.28888889	3531.390135
2	30	82.84444444	3621.244635
2	28	86.9	3222.094361

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3627.507231	2642.69123
Viga2	3421.669498	2492.73547

FUNDIDA DE 3/8" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	84.24444444	3561.065682
1	28	79.23333333	3533.866218
2	30	84.54444444	3548.429491
2	28	79.28888889	3531.390135

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3547.46595	2584.38
Viga2	3539.909813	2578.87525

FUNDIDA DE 3/4" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	81.82222222	3666.485606
1	28	76.07777778	3680.44399
2	30	81.02222222	3702.687877
2	28	80.46666667	3479.70174

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3673.464798	2676.17197
Viga2	3591.194808	2616.2371

FUNDIDA DE 1/2" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	84.31111111	3558.249868
1	28	82.68888889	3386.186509
2	30	86.23333333	3478.933127
2	28	80.76666667	3466.776723

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3472.218189	2529.56092
Viga2	3472.854925	2530.02479

FUNDIDA DE 3/8" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio	Velocidad de pulso
1	30	79.14444444	3790.537695
1	28	77.05555556	3633.741889
2	30	83.2	3605.769231
2	28	82.16666667	3407.707911

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3712.139792	2704.34726
Viga2	3506.738571	2554.70952

Para la prueba de ultrasonido, se tomo como patrón o dato referencial las resistencias obtenidas con la rotura de cilindros correspondientes a la viga con agregado de 3/8" bajo la acción de carga, ya que fueron las vigas que tuvieron las relaciones más cercanas de resistencias entre núcleos extraídos y cilindros de control. Como se puede ver en los datos, las resistencias dieron resultados muy

similares a los cilindros de control, esto indica que la prueba es un patrón de medida muy fiable al momento de conocer las resistencias de los elementos estudiados.

4. CONCLUSIONES

- Se ha logrado observar que la prueba de resistencia del concreto por medio del método de extracción de núcleos, arrojó resultados muy aleatorios, es decir, por norma entre especímenes de un mismo elemento no debe haber un porcentaje de variación mayor al 9%, si se presenta un porcentaje mayor al mencionado, las muestras no podrán ser consideradas para su análisis; Esto se vio reflejado en un 36% de las muestras obtenidas, lo que indica que solamente con la información de la resistencia del núcleo no se debe rechazar o aprobar un concreto.
- Mediante el uso de vigas con carga y sin carga, se pudo ver que para la parte no cargada, se presentan homogeneidad entre los resultados de resistencias de los núcleos, obtenidos mediante extracciones verticales y horizontales; mientras que para las vigas sometidas al efecto de carga, existe una diferencia notable entre los especímenes extraídos, tanto horizontal como verticalmente. Por lo tanto, se pudo comprobar que la carga afecta la resistencia de los núcleos de concreto.
- Mediante el análisis de las resistencias obtenidas comparadas con los núcleos empleados, se puede concluir que los resultados más óptimos y cercanos a los valores reales de los cilindros, fueron los arrojados por los núcleos extraídos de 3 y 4 pulgadas; mientras que los especímenes de 2 pulgadas presentan resistencias muy bajas respecto a la real.
- Analizando el comportamiento presentado por los distintos tipos de agregado grueso, se pudo observar que el agregado de 3/8 arroja resistencias más altas siempre y cuando el diámetro del núcleo sea de 2". Cuando el tamaño del núcleo es de 3" y 4" las resistencias no varían mucho con respecto al tamaño

del agregado, por tanto se concluye que los diámetros que trabajan mejor con cualquier tipo de agregado son los de 3" y 4".

- Considerando los resultados obtenidos en la prueba de ultrasonido, se puede decir que los resultados son más óptimos y reales comparándolos con los cilindros de control de cada elemento, siendo estos valores más homogéneos, a diferencia de los resultados arrojados por los núcleos.

5. RECOMENDACIONES

- Todos los procedimientos manejan elementos que se pueden tomar como referencias, es así, que si en algún sector o para algún tipo de estructura en donde solo existiera la alternativa de extracción de núcleos, es recomendable tomar una muestra de un elemento confiable de esa misma estructura, que nos permita tener datos comparativos y que identifiquen un concreto tipo para esa estructura.
- La prueba de extracción de núcleos debe ser siempre acompañada de una prueba de ultrasonido (ensayo no destructivo), la cual genere resultados que mejoren la toma de decisiones.
- En todo el desarrollo de la norma técnica colombiana NTC 3658 se observa que solo existen valores o factores correctivos, los cuales se asume, surgen de unos análisis soportados por muestras, que identifican 2 variables únicamente, como es el diámetro y la longitud. Se recomienda que en la norma, a través de procedimientos de ensayo se generen otros factores o márgenes que tengan en cuenta la posición del núcleo extraído con respecto a su proceso de fundida, la posición del núcleo con respecto a los efectos de carga y factores que identifiquen los diámetros de las brocas con respecto al tamaño de los agregados. Según el trabajo realizado, la tabulación no genera datos que puedan identificar las variables anteriormente nombradas. Con base en esto, se recomienda que la norma técnica colombiana NTC 3658 precise la norma.

- Para el núcleo de 2" se observó que los resultados de resistencias varían mucho con respecto al cilindro de control, por lo tanto no es recomendable como herramienta para medir la resistencia en una estructura de concreto, sin embargo, este tamaño de núcleo puede ser idóneo para revisar otras características físicas en las que puede estar sufriendo falla el concreto.

BIBLIOGRAFÍA

O. Arıo'z, M. Tuncan, K. Ramyar and A. Tuncan. A comparative study on the interpretation of concrete core strength results, Magazine of Concrete Research, 2006, 58, No. 2, March, 117–122.

J. H. Bungey. Discussion on papers published in the Magazine of Concrete Research Volume 3 1, Number 107: June 1979. Determining concrete strength by using small-diameter cores

ASTM C42/C42M – 10. Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

Bartlett, F. M. and MacGregor, J. G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strengths," ACI Mater. J., Vol. 91, No. 4, 1994, pp. 339–348.

Celik Ozyildirim and Nicholas J. Carino. Concrete Strength Testing. STP169D-EB/May. 2006.

Hincapié, Angela María, Vidal Valencia, Julian. Resistencia al Hormigón: núcleos vs cilindros. Revista Universidad EAFIT. Vol. 39. No. 131. 2003. pp. 87-95.

P. J. Robins, The point-load strength test for concrete cores, loughborough university of technology: department of civil engineering, Magazine of Concrete Research: Vol. 32, No. 111: June 1980

ANEXOS

ANEXO A – RESULTADOS DE LA EXTRACCION DE NUCLEOS

ANEXO A.1 –RESULTADOS VIGAS 3/4” BAJO EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 3/4" , BAJO EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión = 2669,01 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
Tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	415,9	10,1	1,99	1	20,2683	204,7098216	2,0317	2500	123,3453276	1762,076108	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1155,2	12,1	1,59	0,963	45,6037	551,8044447	2,0935	8900	187,9388067	2585,50104	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3547,2	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,1877	13000	160,3489259	2290,698941	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	229,2	5,4	1,06	0,884	20,2683	109,4488155	2,0941	3400	148,2906866	1872,699528	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1414	14,3	1,88	0,974	45,6037	652,1325256	2,1683	7600	162,3202583	2258,570451	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3648	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2498	15500	191,1852578	2731,217968	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	407,4	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	2,0100	1400	69,07338345	986,7626207	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1120	11,4	1,50	0,96	45,6037	519,8818736	2,1543	5600	117,8852411	1616,711878	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3445,5	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,1249	10000	123,3453276	1762,076108	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	392,1	9,6	1,89	0,974	20,2683	194,575672	2,0152	1000	48,0533963	668,6557257	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1474,3	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1410	8100	177,6172717	2537,389596	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3711,1	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2887	17000	209,6870569	2995,529384	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	423,3	9,9	1,95	1	20,2683	200,6561617	2,1096	1500	74,00719655	1057,245665	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1424,6	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,0966	5300	116,2187087	1660,267267	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3696,7	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2573	10700	131,9795005	1885,421436	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	401,2	9,8	1,93	0,976	20,2683	198,6293318	2,0198	1300	62,6002066	872,8259337	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1429	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1030	4900	107,4474854	1534,964077	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3699,9	20,1	1,98	1	81,0732	1629,571253	2,2705	8100	99,90971535	1427,281648	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												

ANEXO A.2 – RESULTADOS VIGAS 1/2” BAJO EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 1/2", BAJO EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión n = 2858.48 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
Tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	417	10,1	1,99		20,2683	204,7098216	2,0370	3500	172,6834586	2466,906552	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1442	14,7	1,93	0,976	45,6037	670,3739948	2,1510	9500	203,316956	2834,819272	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3605,6	20,2	1,99		81,0732	1637,678572	2,2017	20500	252,8579216	3612,256022	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	420,2	9,9	1,95		20,2683	200,6561617	2,0941	3700	182,5510848	2607,87264	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1429,8	14,7	1,93	0,976	45,6037	670,3739948	2,1328	10200	218,2982054	3043,700692	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3677,7	20,2	1,99		81,0732	1637,678572	2,2457	17200	212,1539634	3030,770906	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	385,3	9,8	1,93	0,976	20,2683	198,6293318	1,9398	1000	48,15401589	671,4045644	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1379,7	15	1,97		45,6037	684,0550968	2,0169	9100	199,54533	2850,647571	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3607,9	20,5	2,02		81,0732	1662,000531	2,1708	18200	224,4884962	3206,978517	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	419,4	9,8	1,93	0,976	20,2683	198,6293318	2,1115	1000	48,15401589	671,4045644	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1483,5	15,2	1,99		45,6037	693,1758314	2,1401	10200	223,666194	3195,231343	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3618,6	20	1,97		81,0732	1621,463933	2,2317	15100	186,2514447	2660,734924	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	264,1	6,1	1,20	0,918	20,2683	123,6366249	2,1361	3500	158,523415	2078,921357	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1446,5	15,1	1,98		45,6037	688,6154641	2,1006	8400	184,1956892	2631,366989	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3684,2	20,5	2,02		81,0732	1662,000531	2,2167	18600	229,4223093	3277,461562	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	407	9,7	1,91	0,975	20,2683	196,6025019	2,0702	3100	149,1245011	2077,091265	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1406	14,6	1,92	0,975	45,6037	665,8136275	2,1117	9400	200,9706537	2799,234106	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3662,2	21,2	2,09		81,0732	1718,751769	2,1307	15700	193,6521643	2766,45949	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												

ANEXO A.3 – RESULTADOS VIGAS 3/8” BAJO EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 3/8", BAJO EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión =2584.38 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
Tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	249,8	5,9	1,16	0,908	20,2683	119,5829651	2,0889	4300	192,6357988	2498,761505	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1448,3	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1314	8200	179,8100775	2568,715394	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3532,1	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,1783	15300	188,7183512	2695,976446	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	416,8	9,9	1,95	1	20,2683	200,6561617	2,0772	3900	192,418711	2748,838729	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1444	14,8	1,94	1	45,6037	674,9343622	2,1395	8600	188,5813008	2694,018583	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3617,5	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2310	15800	194,8856176	2784,080251	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	268,7	6,7	1,32	0,938	20,2683	135,7976044	1,9787	4000	185,1166676	2480,563346	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	977,1	10,3	1,35	0,942	45,6037	469,7178331	2,0802	7700	159,0529776	2140,398642	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3582,6	19,8	1,95	1	81,0732	1605,249294	2,2318	15100	186,2514447	2660,734924	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	413,9	9,9	1,95	1	20,2683	200,6561617	2,0627	4500	222,0215897	3171,736995	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1528,9	15	1,97	1	45,6037	684,0550968	2,2351	8000	175,4244659	2506,063799	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3563,1	20,1	1,98	1	81,0732	1629,571253	2,1865	15600	192,418711	2748,838729	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	380,1	9,1	1,79	0,971	20,2683	184,4415224	2,0608	4100	196,4200335	2724,626464	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1435,2	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1122	7800	171,0388543	2443,412204	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3613,4	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2285	15200	187,4848979	2678,355685	1 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	405,8	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	2,0021	4200	207,2201503	2960,287862	1 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1473,3	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1395	8100	177,6172717	2537,389596	2 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3656,2	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2326	15900	196,1190709	2801,701012	2 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 25 de Abril de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 23 de Mayo de 2011												

ANEXO A.4 – RESULTADOS VIGAS 3/4” SIN EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 3/4", SIN EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión = 2776,38 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
Tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	418	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	2,0623	3300	162,8158324	2325,940463	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1446,4	14,8	1,94	1	45,6037	674,9343622	2,1430	6100	133,7611552	1910,873646	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3694,4	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2559	16300	201,052884	2872,184057	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	403,4	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	1,9903	2500	123,3453276	1762,076108	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1486,8	15	1,97	1	45,6037	684,0550968	2,1735	6800	149,110796	2130,154229	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3766,8	20,5	2,02	1	81,0732	1662,000531	2,2664	16300	201,052884	2872,184057	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	411,6	9,7	1,91	0,975	20,2683	196,6025019	2,0936	3000	144,3140333	2010,088321	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1473,3	14,8	1,94	1	45,6037	674,9343622	2,1829	8100	177,6172717	2537,389596	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3638,5	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2440	11600	143,08058	2044,008286	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	408,3	10,1	1,99	1	20,2683	204,7098216	1,9945	3000	148,0143931	2114,49133	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1484,3	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1555	8900	195,1597183	2787,995976	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3684,6	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2499	18100	223,2550429	3189,357756	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	307,2	7,3	1,44	0,953	20,2683	147,9585839	2,0763	1300	61,12501054	832,1733578	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1459,4	14,8	1,94	1	45,6037	674,9343622	2,1623	7700	168,8460484	2412,086406	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3711,3	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2662	18800	231,8892159	3312,703084	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	395,7	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	1,9523	1400	69,07338345	986,7626207	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1461,7	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1512	7200	157,8820193	2255,457419	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3583,1	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2098	13500	166,5161922	2378,802746	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												

ANEXO A.5 – RESULTADOS VIGAS 1/2” SIN EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 1/2" , SIN EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión = 3367,52 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	402,1	9,8	1,93	0,976	20,2683	198,6293318	2,0244	1700	81,86182701	1141,387759	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1456,2	15,2	1,99	1	45,6037	693,1758314	2,1008	5900	129,3755436	1848,22051	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3607,2	20,1	1,98	1	81,0732	1629,571253	2,2136	13100	161,5823791	2308,319702	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	396,8	10,2	2,01	1	20,2683	206,7366515	1,9194	1700	83,87482276	1198,211754	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1471,8	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1373	5600	122,7971261	1754,244659	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3569,6	20,3	2,00	1	81,0732	1645,785892	2,1689	12000	148,0143931	2114,49133	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	422,9	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	2,0865	3500	172,6834586	2466,906552	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1446,2	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1283	5500	120,6043203	1722,918862	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3646	20,1	1,98	1	81,0732	1629,571253	2,2374	14700	181,3176316	2590,251879	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	395,2	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	1,9498	2400	118,4115145	1691,593064	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1452,7	15	1,97	1	45,6037	684,0550968	2,1237	5600	122,7971261	1754,244659	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3616,1	20,3	2,00	1	81,0732	1645,785892	2,1972	10000	123,3453276	1762,076108	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	400,4	9,6	1,89	0,974	20,2683	194,575672	2,0578	2600	124,943883	1738,504887	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1439,7	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,0907	5500	120,6043203	1722,918862	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3625,9	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2140	13500	166,5161922	2378,802746	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Pligs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm2)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	404,4	10	1,97	1	20,2683	202,6829916	1,9952	1800	88,80863586	1268,694798	14 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1463	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1246	5300	116,2187087	1660,267267	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3622,7	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2342	13300	164,0492857	2343,561224	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												

ANEXO A.6 – RESULTADOS VIGAS 3/8” SIN EFECTO DE CARGA

VIGAS CON AGREGADO DE 3/8", SIN EFECTO DE CARGA (Resistencia a la compresión= 2584,38 Psi)												
Elemento 1												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	249,8	5,9	1,16	0,908	20,2683	119,5829651	2,0889	3800	170,2362873	2208,207841	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1448	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1310	9200	201,7381358	2881,973368	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3624,5	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2353	15300	188,7183512	2695,976446	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	416,8	9,9	1,95	1	20,2683	200,6561617	2,0772	3400	167,7496455	2396,423507	14 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1468,4	14,9	1,96	1	45,6037	679,4947295	2,1610	8400	184,1956892	2631,366989	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3703,3	20,3	2,00	1	81,0732	1645,785892	2,2502	15400	189,9518045	2713,597207	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 2												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	268,7	6,7	1,32	0,938	20,2683	135,7976044	1,9787	4100	189,7445843	2542,57743	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1485,9	15,2	1,99	1	45,6037	693,1758314	2,1436	9000	197,3525241	2819,321773	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3642	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2239	14800	182,5510848	2607,87264	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	413,9	9,9	1,95	1	20,2683	200,6561617	2,0627	3700	182,5510848	2607,87264	14 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1482,5	15,1	1,98	1	45,6037	688,6154641	2,1520	8400	184,1956892	2631,366989	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3700	20,2	1,99	1	81,0732	1637,678572	2,2593	17200	212,1539634	3030,770906	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												
Elemento 3												
extracción vertical												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	380,1	9,1	1,79	0,971	20,2683	184,4415224	2,0608	4100	196,4200335	2724,626464	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1153	11,2	1,47	0,956	45,6037	510,7611389	2,2574	9500	199,1506249	2719,828535	12 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3676,2	20	1,97	1	81,0732	1621,463933	2,2672	18500	228,188856	3259,840801	12 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Extracción horizontal												
tamaño del núcleo (Plgs)	Peso del núcleo (Gr)	Longitud (cm)	Relacion L/D	Factor de corrección	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza resistida (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg-f/cm ²)	Resistencia a la compresión (Psi)	Fecha de toma de muestra	Fecha de ruptura
2	412,1	10,1	1,99	1	20,2683	204,7098216	2,0131	4300	212,1539634	3030,770906	14 de junio de 2011	6 de julio de 2011
3	1501,6	15,2	1,99	1	45,6037	693,1758314	2,1663	9300	203,9309416	2913,299166	13 de junio de 2011	6 de julio de 2011
4	3706,1	20,4	2,01	1	81,0732	1653,893212	2,2408	19500	240,5233888	3436,048411	13 de junio de 2011	5 de julio de 2011
Fecha de elaboración de la probeta: 13 de Mayo de 2011												
Fecha de ruptura de la probeta: 10 de junio de 2011												

ANEXO A.7 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 3/4”

Viga 3/4 con carga, resistencia =2669.01 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	1762,076108	6,67	SI	1022,00	61,71
2	986,7626207				
2	1057,245665				
3	2585,50104	2,62	SI	1638,49	38,61
3	1616,711878				
3	1660,267267				
4	2290,698941	6,54	SI	1823,75	31,67
4	1762,076108				
4	1885,421436				
Extracción horizontal					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	1872,699528	23,39	NO	770,74	
2	668,6557257				
2	872,8259337				
3	2258,570451	10,99	NO	2397,98	
3	2537,389596				
3	1534,964077				
4	2731,217968	8,82	SI	2863,37	-7,28
4	2995,529384				
4	1427,281648				

ANEXO A.8 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 1/2”

Viga 1/2 con carga =2858.48 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2466,906552	15,73	NO	2272,91	
2	671,4045644				
2	2078,921357				
3	2834,819272	0,56	SI	2842,73	0,55
3	2850,647571				
3	2631,366989				
4	3612,256022	2,15	SI	3242,22	-13,42
4	3206,978517				
4	3277,461562				
Extracción horizontal					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2607,87264	20,35	NO	2342,48	
2	671,4045644				
2	2077,091265				
3	3043,700692	4,74	SI	3119,47	-9,13
3	3195,231343				
3	2799,234106				
4	3030,770906	3,82	SI	2713,60	5,07
4	2660,734924				
4	2766,45949				

ANEXO A.9 – VARIACION NUCLEOS CARGADOS Y CUMPLIMIENTO CON LA NORMA, PARA LAS VIGAS DE 3/8”

Viga 3/8 con carga =2584.38 Psi					
Extracción vertical					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2498,761505	0,73	SI	2489,66	3,67
2	2480,563346				
2	2724,626464	4,88	SI	2506,06	3,03
3	2568,715394				
3	2140,398642				
3	2443,412204	1,31	SI	2678,36	-3,64
4	2695,976446				
4	2660,734924				
4	2678,355685				
Extracción horizontal					
Tamaño del núcleo (Plgs)	Resistencia a la compresión (Psi)	COEFICIENTE VARIACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2748,838729	6,67	SI	3066,01	-18,64
2	3171,736995				
2	2960,287862				
3	2694,018583	6,98	SI	2579,16	0,20
3	2506,063799				
3	2537,389596				
4	2784,080251	1,89	SI	2778,21	-7,50
4	2748,838729				
4	2801,701012				

ANEXO A.10 –COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES, PROMEDIO DE RESISTENCIAS Y CUMPLIMIENTO CON NORMA, NUCLEOS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" BAJO EFECTO DE CARGA

COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 3/4 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	24,58535172	NO	896,37	
3	31,67209251	NO	2018,23	
4	36,30769231	NO	2343,56	
VIGA 1/2 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	2,969841374	SI	2307,70	19,27
3	8,871152775	SI	2592,61	9,30
4	16,30434783	NO	2977,91	
VIGA 3/8 CON CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	18,79803218	NO	2777,84	
3	2,834008097	SI	2542,61	11,05
4	3,594080338	SI	2728,28	4,55

ANEXO A.11 – COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES, PROMEDIO DE RESISTENCIAS Y CUMPLIMIENTO CON NORMA, NUCLEOS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" BAJO SIN EFECTO DE CARGA

COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 3/4 SIN CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	10.5963629	NO	2053.149056	26.04942207
3	1.863354037	SI	2498.232349	10.01835667
4	1.994301994	SI	3061.607238	-10.27335013

COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 1/2 SIN CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	14.34032949	NO	1336.699799	60.30610659
3	2.366863905	SI	1743.802727	48.21700461
4	8.111380145	SI	2327.40886	30.88656163

COMPARACION NUCLEOS VERTICALES Y HORIZONTALES				
VIGA 3/8 SIN CARGA				
TAMAÑO DEL NUCLEO	COEFICIENTE VARICACION	CUMPLE CON LA NORMA	PROMEDIO RESISTENCIA (Psi)	% VARIACION CILINDROS Vs NUCLEOS
2	4.991410086	SI	2567.875011	0.638644065
3	2.910425531	SI	2766.192803	-7.035064627
4	7.668711656	SI	2762.0543	-6.874929379

ANEXO B – RESULTADOS PRUEBA DE ULTRASONIDO

ANEXO B.1 – LECTURA DE VELOCIDADES VIGAS CON CARGA DE 3/4" 1/2" Y 3/8"

Agregado 3/4			
Viga 1			
Espesor (cm)		30	
89,9	85,7	87,1	
93,7	86,5	90,2	
93,8	94,4	92,4	

viga 2			
Espesor (cm)		30	
78,2	77,5	76,6	
80,4	76,8	78	
80,7	77,9	78,1	

Espesor (cm)		28	
81,2	85,1	84,5	
84,2	85,3	88,8	
84,3	86,8	83,4	

Espesor (cm)		28	
74,9	75,3	74,8	
77,7	76	74,4	
78,9	73,9	75,6	

Agregado 1/2			
viga 1			
Espesor (cm)		30	
79,8	81,6	79,6	
81	80,1	80,4	
80,5	81,8	80,3	

viga 2			
Espesor (cm)		30	
82,2	78,2	80,1	
79,8	79,9	79,8	
91,6	84,3	89,7	

Espesor (cm)		28	
80,9	79	78,3	
79,1	80,3	77,8	
80	79,2	79	

Espesor (cm)		28	
86,1	88,6	88,5	
89,6	85,6	85,6	
88,4	83,5	86,2	

Agregado 3/8			
Viga 1			
Espesor (cm)		30	
85,8	84,4	87	
82,4	86,3	82,3	
85,5	81,8	82,7	

viga 2			
Espesor (cm)		30	
84,2	85,4	86,8	
83,6	85,2	82,6	
84,6	86,1	82,4	

Espesor (cm)		28	
78,7	79,4	80	
79,5	80,5	80,3	
78,2	78,8	77,7	

Espesor (cm)		28	
79	79,2	80,1	
79,2	80,1	79,8	
78,6	79,2	78,4	

ANEXO B.2 – CALCULO DE RESISTENCIA CON PRUEBA DE ULTRASONIDO PARA VIGAS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" CARGADAS

FUNDIDA DE 3/4" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	90,41111111	3318,176232
1	28	84,84444444	3300,15715
2	30	78,24444444	3834,138029
2	28	75,72222222	3697,725605

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3309,166691	2410,77556
Viga2	3765,931817	2743,53553

FUNDIDA DE 1/2" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	80,56666667	3723,624328
1	28	79,28888889	3531,390135
2	30	82,84444444	3621,244635
2	28	86,9	3222,094361

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3627,507231	2642,69123
Viga2	3421,669498	2492,73547

FUNDIDA DE 3/8" CON CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	84,24444444	3561,065682
1	28	79,23333333	3533,866218
2	30	84,54444444	3548,429491
2	28	79,28888889	3531,390135

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3547,46595	2584,38
Viga2	3539,909813	2578,87525

ANEXO B.3 – LECTURA DE VELOCIDADES VIGAS CON CARGA DE 3/4" 1/2" Y 3/8"

Agregado 3/4			
Viga 1			
Espesor (cm)	30		
	83,9	84,1	80,2
	82,2	80,3	80,7
	82,4	81,6	81

Espesor (cm)	28		
	75,4	76	78,9
	74,5	73,1	79
	73,3	74,5	80

Agregado 1/2			
viga 1			
Espesor (cm)	30		
	85,2	82,6	84,1
	86,1	86	83,1
	82,1	86,6	83

Espesor (cm)	28		
	83,1	81,8	81,8
	81,8	83,7	84,9
	81,2	81,3	84,6

Agregado 3/8			
Viga 1			
Espesor (cm)	30		
	79,5	78,4	77,9
	80,8	80	78,6
	78,6	80,3	78,2

Espesor (cm)	28		
	74,9	77,5	76,6
	77,1	80,8	76,5
	76,5	78	75,6

viga 2			
Espesor (cm)	30		
	79,3	80	79,8
	79,6	81,3	79,2
	81,5	82,7	85,8

Espesor (cm)	28		
	74,6	80	79,8
	79,3	81,3	79,2
	81,5	82,7	85,8

viga 2			
Espesor (cm)	30		
	82,8	89,6	85,6
	84,4	86,3	87,8
	85,1	87,9	86,6

Espesor (cm)	28		
	84,3	80,7	79,2
	84,2	79,5	78,3
	84,6	79,5	76,6

viga 2			
Espesor (cm)	30		
	81,9	82,1	82,6
	83,6	83,3	84,7
	85,1	82,3	83,2

Espesor (cm)	28		
	82,7	84,2	83,6
	81,4	83,2	78,6
	83,8	79,5	82,5

ANEXO B.4 – CALCULO DE RESISTENCIA CON PRUEBA DE ULTRASONIDO PARA VIGAS DE 3/4" 1/2" Y 3/8" SIN CARGA

FUNDIDA DE 3/4" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	81,82222222	3666,485606
1	28	76,07777778	3680,44399
2	30	81,02222222	3702,687877
2	28	80,46666667	3479,70174

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3673,464798	2676,17197
Viga2	3591,194808	2616,2371

FUNDIDA DE 1/2" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio (milisegundos)	Velocidad de pulso (m/s)
1	30	84,31111111	3558,249868
1	28	82,68888889	3386,186509
2	30	86,23333333	3478,933127
2	28	80,76666667	3466,776723

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3472,218189	2529,56092
Viga2	3472,854925	2530,02479

FUNDIDA DE 3/8" SIN CARGA			
Viga	Distancia	Tiempo promedio	Velocidad de pulso
1	30	79,14444444	3790,537695
1	28	77,05555556	3633,741889
2	30	83,2	3605,769231
2	28	82,16666667	3407,707911

	Velocidad promedio	Resistencia
Viga 1	3712,139792	2704,34726
Viga2	3506,738571	2554,70952