

2012

Nuria Frasquet
Pablo Ortigueira

[PROYECTO FINAL DE GRADO]

Estudio del contenido de humedad en el proceso de curado del hormigón mediante métodos no destructivos: Georradar y ultrasonidos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Índice

1. Introducción	3
1.1. Objetivos	3
1.2. El hormigón	4
1.3. Componentes del hormigón	5
1.4. Propiedades del hormigón endurecido	9
1.5. Técnicas de análisis del hormigón	10
2. Estudio de los diferentes tipos de curados	13
2.1. Introducción	13
2.2. Tipos de curado del hormigón	14
2.3. Curado húmedo y seco	15
2.4. Factores que influyen en el curado del hormigón	16
2.5. Influencia de los diferentes métodos de curado en el desarrollo de la resistencia del hormigón	17
2.6. Análisis teórico de los efectos del secado prematuro	17
2.7. Métodos experimentales para identificar o prevenir el curado deficiente	20
2.8. Métodos capaces de detectar el secado prematuro	22
3. Georradar.....	24
3.1. Fundamentos del georradar	24
3.2. Equipos	26
3.3. Métodos de obtención de registro	28
3.4. Parámetros de un registro de georradar	29
3.5. Registro de amplitudes	30
4. Ultrasonidos.....	32
4.1. Fundamentos técnicos de ultrasonidos	32
4.2. Método de registro	32
4.3. Interpretación de datos	37

PROYECTO FINAL DE GRADO

5. Proceso Experimental	38
5.1. Preparación de los ensayos	38
5.2. Identificación de las muestras	39
5.3. Fabricación de las probetas	40
5.4. Descripción de la toma de registro por sesión	43
5.5. Características de los equipos de medición	47
5.5.1. Equipo de georradar	47
5.5.2. Toma de registro del georradar	49
5.5.3. Equipo ultrasonido	51
5.5.4. Toma de registro ultrasonidos	52
6. Resultados	55
6.1. Calculo de contenido de humedad	55
6.2. Calculo de resistencia a compresión	56
6.3. Obtención amplitudes por medio del georradar	56
6.4. Calculo de la velocidad propagación de ultrasonidos	65
7. Interpretación de resultados	66
7.1. Contenido de humedad	66
7.2. Georradar	68
7.3. Ultrasonidos	73
8. Conclusiones	75
9. Bibliografía	76
10. Listado de tablas, ecuaciones, figuras y graficas	80

ANEXO I. GEORRADAR

ANEXO II. ULTRASONIDOS

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se definen los objetivos del presente proyecto y se describe brevemente qué es el hormigón, sus componentes, sus propiedades una vez endurecido y sus técnicas de análisis.

1.1. Objetivos

El objetivo de este proyecto se centra en el estudio de dos técnicas no destructivas: georradar y ultrasonidos, como herramienta para evaluar la variación del contenido de humedad durante el proceso de curado del hormigón.

Para ello se realizará una breve introducción sobre el hormigón y la evolución normativa que ha tenido éste, así como sus características principales.

Seguidamente se expondrán los tipos de curados que podemos encontrar en el hormigón, analizando los dos tipos que usaremos en nuestro proyecto.

A continuación se analizarán las técnicas no destructivas que se utilizarán para la realización del análisis: georradar y ultrasonidos, describiendo las características de cada uno de ellos y centrándonos en los datos que nos van a aportar información para su estudio posterior.

En concreto, los objetivos que se persiguen son este proyecto son:

- Establecer las diferencias entre probetas de hormigón con la misma dosificación pero sufriendo distintos curados durante 90 días.
- Valorar la utilidad de la aplicación del georradar como técnica de análisis no destructiva, para el estudio de los diferentes tipos de curado del hormigón.
- Valorar la utilidad de la aplicación del Ultrasonidos como técnica de análisis no destructivos, para el estudio de los diferentes tipos de curado del hormigón.

La metodología de trabajo a seguir constará de lecturas con georradar y ultrasonidos en intervalos de tiempos programados a 7, 28, 56, 70 y 90 días. Durante estas lecturas se tomarán datos del peso de cada una de las probetas para poder determinar su contenido de humedad al final del estudio comparándolas con su peso una vez secas.

Las lecturas se realizarán tanto de la muestras del curado en seco, como las muestras de curado en ambiente húmedo.

Por último se hará una exposición de los resultados obtenidos así como su análisis para posteriormente describir las conclusiones del estudio.

1.2.El Hormigón

Se entiende por hormigón el material derivado de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La mezcla de cemento con arena y agua se designa mortero.

Desde el comienzo de vida de las primeras pastas cementantes o morteros hasta la actualidad el hormigón ha sufrido un crecimiento exponencial en sus capacidades. Esto se debe a la trascendencia que ha tenido este material para la construcción. Ya en la época de los egipcios se utilizaban pastas para la unión de piezas, desde ese momento todas las civilizaciones posteriores han desarrollado dichas pastas hasta el siglo XIX.

En 1824, Joseph Aspdin y James Parker constituyen la patente de *Cemento Portland* obtenido de caliza arcillosa y carbón calcinado a altas temperaturas. En 1845, Isaac Johnson produce el prototipo del *cemento moderno* creando el clínker (principal componente del cemento portland). De esta manera a finales del siglo XIX el hormigón era idóneo para una gran variedad de aplicaciones (www.ciment-catala.org).

El hormigón como material pseudopétreo, contiene buenas capacidades mecánicas a compresión pero escasas a otros tipos de sollicitaciones, tales como: flexión, tracción, torsión y cortante. Con estas características se optó por introducir varillas metálicas para reforzar la capacidad a las tracciones, generando un material optimizado (*hormigón armado*) y garantizando su empleo en múltiples obras de ingeniería y arquitectura.

Desde este momento las mejoras del material fueron cada vez mayores, llegando a día de hoy a la creación de hormigones autocompactantes, de alta resistencia o altas prestaciones.

Todo este avance en aspectos técnicos tuvo que estar íntimamente ligado con una amplia normativa que regulara el proceso de fabricación y utilización del hormigón.

Según Martín (2000), citado en la web www.forja2.galeon.com, dentro de nuestro país la técnica del hormigón armado se introdujo en España a principios del siglo XX, siendo el ingeniero de caminos José Eugenio de Ribera su gran impulsor (Martín, 2000).

De acuerdo con el mismo autor, en 1939, se aprobó la primera “Instrucción de hormigón”, como reglamento técnico provisional, pero de obligado cumplimiento.

“Dicha Instrucción fue modificada y complementada por varias disposiciones posteriores (sobre “empleo de hierro”, sobre forjados,...) para, más tarde, ser aprobada con carácter definitivo en 1944”. A la Instrucción le sucedió la de 1968, más tarde completada por la EH PRE-72 relativa al hormigón pretensado.

Según Martín (2000), citado en la misma web, *“se cierra, así, una etapa en que los objetivos de resistencia mecánica y estabilidad, aspectos funcionales inherentes a este tipo de obras, presidieron la elaboración de la normativa”*.

PROYECTO FINAL DE GRADO

“La siguiente Instrucción, de 1973, marca un hito en la reglamentación técnica específica sobre la materia. En efecto, desde la filosofía de que la Instrucción proporcionaba suficientes requisitos, aunque susceptibles de ser mejorados, para garantizar, en el orden reglamentario, la funcionalidad de estas obras, se plantea la necesidad de conseguir mayores cotas de calidad para las mismas. Para ello, se introduce en la Instrucción EH-73 un nuevo título dedicado al control de calidad que pionero en su género, regula los aspectos relativos al proyecto, los materiales y la ejecución. Comienza, así, un nuevo período en el desarrollo reglamentario de esta técnica en el que el objetivo de calidad preside los planteamientos” (Martín, 2000, citado en la web www.forja2.galeon.com).

De esta manera, como comenta el mismo autor, *“surgen las sucesivas Instrucciones de hormigón en masa y armado EH-80, EH-82, EH-88 y EH-91, a la par que se aprueban, (...), instrucciones específicas para el hormigón pretensado EP-77, EP-80 (modificada en 1985) y EP-93 y, para los forjados unidireccionales de hormigón armado y pretensado, EF-88 y EF-96”.*

La figura de Eduardo Torroja resultó *“también fundamental en el desarrollo de la normativa para estructuras de hormigón en España, que se inicia con la publicación en los años 1939, 1941 y 1944 de las primeras normas para proyectistas y constructores de obras de hormigón armado y que continua con la Instrucción EH-68 y sus posteriores revisiones EH-73, EH-82, EH-88, EH-91, hasta la vigente EHE” (Aguado, 2000, citado en la web www.forja2.galeon.com).*

Toda esta normativa ha evolucionado hasta la actualidad con la EHE 08, controlando todos los procesos con normativa complementaria como las normas UNE.

1.3. Componentes del hormigón

Los siguientes datos están extraídos del trabajo de Bermejo (1999).

Dentro del hormigón deberemos tener en cuenta todos los componentes que lo forman para su análisis. Dichos materiales son:

- Cemento
- Agua
- Áridos
- Aditivos y adiciones

a) Cemento

Según la normativa vigente en cementos (actualmente la RC-97) se especifica que la resistencia del hormigón debe de superar los 32,5 N/mm². Los tipos de cemento que pueden utilizarse son los descritos en la tabla 1.1.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Tipo de cemento	Denominación	Designación
CEM I	Cemento portland	CEM I
CEM II	Cemento portland con escoria	CEM II/A-S CEM II/B-S
CEM II	Cemento portland con humo de sílice	CEM II/A-D
CEM II	Cemento portland con puzolana	CEM II/A-P CEM II/B-P
CEM II	Cemento portland con ceniza volante	CEM II/A-V CEM II/B-V
CEM II	Cemento portland con caliza	CEM II/A-L
CEM II	Cemento portland mixto	CEM II/A-M CEM II/B-M
CEM III	Cemento de horno alto	CEM III/A CEM III/B
CEM IV	Cemento puzolánico	CEM IV/A CEM IV/B
CEM V	Cemento compuesto	CEM V/A

Tabla 1.1 Tipos de Cementos.

La resistencia mínima que debe de poseer el hormigón se considera como la resistencia mínima a compresión a 28 días en N/mm^2 , considerando R (tabla 1.2) como los cementos que alcanzan la resistencia a compresión más rápidamente.

Serie de resistencias en N/mm^2
32,5 - 32,5 R - 42,5 - 42,5 R - 52,5 - 52,5 R

Tabla 1.2 Resistencia del cemento

“Los cementos para usos especiales están normalizados en la UNE 80307:96, y están especialmente concebidos para el hormigonado de grandes masas de hormigón, como puede ser el caso de las presas, o la utilización en la técnica de carreteras para la estabilización de suelos o la ejecución de bases tratadas con cemento” (p. 25)

“La Instrucción permite también la utilización de los cementos blancos (normalizados según UNE 80305:96), así como los cementos con características adicionales: de bajo calor de hidratación (UNE 80306:96) y resistentes a los sulfatos y/o al agua de mar (UNE 80303:96), correspondientes al mismo tipo y clase resistente de los cementos

PROYECTO FINAL DE GRADO

comunes. La selección del tipo de cemento a utilizar en la fabricación del hormigón debe hacerse, entre otros, de acuerdo con los factores siguientes” (p. 26):

- La aplicación del hormigón (en masa, armado o pretensado).
- Las condiciones ambientales a las que se someterá la pieza.
- Las dimensiones de la pieza.

b) El agua

El agua es uno de los componentes más importantes de la dosificación del hormigón. La cantidad en relación con el cemento que usemos en la composición es determinante para aspectos como la durabilidad, por lo tanto una buena relación incrementará la durabilidad y resistencia de nuestro hormigón, como podemos contemplar en la figura 1.1.

No obstante no sólo la dosificación es importante, el agua es un material que puede introducir agentes agresivos para el hormigón. La EHE 08, la instrucción vigente controla estos agentes garantizando el hormigón con contenidos máximos de estos componentes.

Esta instrucción introduce una disminución en el límite máximo de contenido del ion cloruro con respecto a la anterior instrucción, de “3 gramos/litro para el caso del hormigón armado, prescripción que se hace extensiva a los hormigones en masa que tengan armaduras para reducir la fisuración” (p. 26), ya que el ión cloruro es un agente que perjudica seriamente la armadura.

Se prohíbe el uso de agua de mar o de aguas salinas en el amasado o curado de hormigones armados o pretensados, excepto en el caso en que estudios especiales lo justifiquen (art. 27 EHE), y determinen que la cantidad de agentes agresivos no menoscaba la durabilidad del hormigón.

Se tendrá en cuenta que se podrá utilizar todo tipo de agua siempre y cuando se tenga en cuenta el artículo 27 de la EHE 08 que establece los contenidos máximos y mínimos de los componentes del agua.

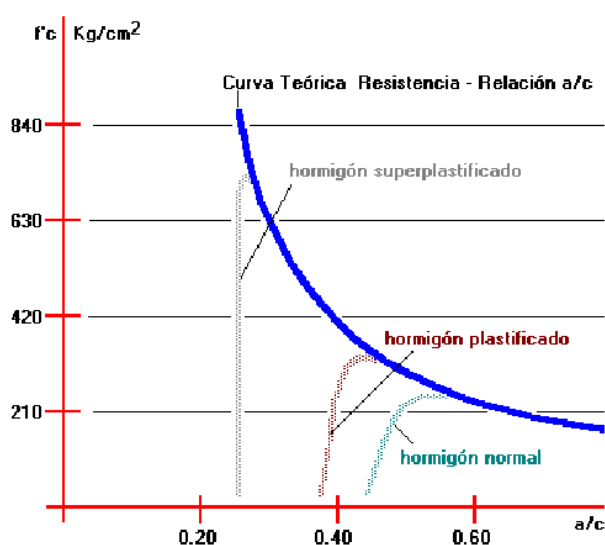


Figura 1.1 Relación entre Agua/Cemento y Resistencia (<http://www.arkigrafico.com/tipos-de-aditivos-para-hormigon/#>).

c) Los áridos

Los áridos se denominan según la EHE 08, con el formato d/D , donde d es el tamaño mínimo del árido y D el tamaño máximo a utilizar. Este tamaño se tiene en consideración para calcular el tamaño máximo del árido a emplear por el espacio libre entre piezas a hormigonar puesto que el tamaño no puede ser superior a 1,25 veces el espacio libre a hormigonar.

Dependiendo del tamaño de los áridos estos se clasifican en arenas y gravas. El tamaño mínimo de las arenas es 4 mm.

La dosificación de los áridos, así como sus porcentajes se estipulan en gráficas de husos granulométricos. Estas gráficas vienen a determinar la dosificación idélica que deben de poseer los áridos que usemos para lograr una mayor compacidad y dejar los mínimos espacios entre poros por cubrir. Los espacios que se generan por los áridos de granulometría de mayor dimensión serán cubiertos por áridos de una granulometría menor, como podemos observar en la figura 1.2.



Figura 1.2 Acoplamiento de los áridos de diferentes granulometrías (www.es.slideshare.net).

d) Aditivos y adiciones

Los aditivos y adiciones son sustancias que se le adicionan al hormigón para mejorar alguna de sus características, las más comunes son los plastificantes o superfluidificantes.

En ningún caso se permitirán las adiciones de componentes que contengan cloruros, sulfuros y sulfitos que ataquen a las armaduras.

Para la utilización de un aditivo, este deberá de suministrarse correctamente etiquetado (UNE 83275:89) y su certificado de garantía por parte del fabricante estará firmado por una persona física (art. 81.4.1. de la EHE-08).

En el caso de humo de sílice se puede usar tanto en hormigón armado como en masa, pero en el caso de cenizas volantes, su uso queda prohibido para hormigones pretensados.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Estas adiciones únicamente podrán ser utilizadas en caso de CEM I y siempre y cuando no se supere un 35% del peso del cemento para cenizas volantes y un 10% para humo de sílice.

1.4. Propiedades del hormigón endurecido

Los datos de este apartado se han obtenido de la web www.construmatica.com.

“En la etapa del material ya endurecido, las propiedades del hormigón evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales que lo componen y de las condiciones ambientales a que está expuesto”.

Las propiedades del hormigón endurecido son:

a) Densidad

“Es la cantidad de masa por unidad de volumen (densidad=masa/volumen). Variará con la clase de áridos y con la forma de colocación en obra”.

La densidad de los hormigones ligeros fluctuará entre los 200 y los 1500 kg/m³.

La densidad de los hormigones ordinarios es:

- Apisonados: 2000 a 2200 kg/m³
- Vibrados: 2300 a 2400 kg/m³
- Centrifugados: 2400 a 2500 kg/m³
- Proyectados: 2500 a 2600 kg/m³

“En los hormigones pesados la densidad puede alcanzar los 4000 kg/m³. Este tipo de hormigón es el utilizado para construir pantallas de protección contra las radiaciones”.

b) Resistencia mecánica

“Es la capacidad que tiene el hormigón para soportar las cargas que se apliquen sin agrietarse o romperse”. Es diferente según el tipo de esfuerzos al que se verá sometido: su resistencia a la compresión es diez veces mayor que su resistencia a la tracción. Para una resistencia a compresión de 32,5 N/mm², corresponderá una resistencia a tracción de 3,25 N/mm².

“Esta baja resistencia a la tracción es la que llevó a incorporar varillas de hierro o acero al hormigón, para conformar el hormigón armado”.

PROYECTO FINAL DE GRADO

c) Durabilidad

“Es la capacidad del hormigón de resistir el paso del tiempo sin perder sus otras propiedades. La durabilidad del hormigón depende de los agentes que pueden agredir el material, ya sean: mecánicos, físicos o químicos”.

La vida estimada de un hormigón en condiciones normales es de 100 años, pero ésta dependerá de los agentes exteriores.

Los agentes que mayor daño producen al hormigón son: el agua, las sales que arrastra, el calor o variaciones bruscas de temperatura y los agentes contaminantes.

Los factores que pueden producir deterioros en el hormigón son los descritos en la tabla 1.3.

FACTORES	PUEDEN SER
Mecánicos	Impactos o choques, vibraciones, sobrecargas.
Físicos	Ciclos de hielo/deshielo (grandes diferencias térmicas), fuego, causas higrotérmicas
Químicos	Terrenos agresivos, contaminación atmosférica, filtración de aguas.
Biológicos	Vegetación, microorganismos.

Tabla 1.3 Agentes agresivos del hormigón.

d) Porosidad

La porosidad se considera como la proporción de huecos respecto del volumen total. Esta influye en la resistencia, la densidad, y la permeabilidad del hormigón.

e) Permeabilidad

Es la capacidad que presenta un material de ser atravesado por líquidos o gases (fluidos). La impermeabilidad del hormigón es importante para su resistencia frente a los ataques químicos. Esta impermeabilidad depende en parte del agua sobrante en el amasado y del posterior curado del hormigón.

Se suelen emplear geles especiales (aditivos) para que un hormigón tenga mayor impermeabilidad.

1.5. Técnicas de análisis del hormigón

Las técnicas de ensayos del hormigón los podemos clasificarlos en 2 tipos:

- Ensayos destructivos: determinan la resistencia del hormigón por medio de la rotura de probetas o de piezas de hormigón.

PROYECTO FINAL DE GRADO

- Ensayos no destructivos: mediante estos ensayos se determina la calidad del hormigón sin destruir su estructura.

a) Ensayos destructivos

Los datos que se muestran a continuación han sido extraídos del trabajo de Gutiérrez (2009).

Estos ensayos se denominan así debido a que produce un daño al material analizado, con la extracción de testigos para su análisis. Por lo general, a mayor tamaño de testigo mejores resultados, ya que cuanto mayor es la probeta menor es el cambio introducida por el procedimiento de extracción y más fiables son los resultados.

El tamaño ideal es de testigos de diámetro de 150 mm con una esbeltez de una relación de 2, para no tener que introducir ningún coeficiente de corrección de forma con relación a la resistencia determinada sobre probetas estándar.

“(...) la probeta ha de estar preferentemente exenta de barras de refuerzo, lo cual no es siempre posible con testigos de ese tamaño. La norma UNE 12504-1:2001 sugiere el empleo de testigos de 100 mm de diámetro, que es una opción válida para hormigones con un tamaño máximo de árido igual o inferior a 25 mm” (p. 36).

“En los casos de estructuras densamente armadas pueden emplearse testigos de un diámetro de 75 mm si el tamaño máximo del árido es de 20 mm o menos” (p. 37).

“Lógicamente, la precisión de la resistencia estimada del hormigón de una estructura aumenta con el número de testigos. El Concrete Society Technical Report (CSTR) Nº 11 indica que, para la determinación de la resistencia in-situ en un punto determinado, la estimación a partir de un único testigo se encuentra en el rango del $\pm 12\%$ de la resistencia real del hormigón en ese punto” (p. 37).

Los puntos de extracción dependerán del objetivo del ensayo. Si se persigue estimar el efecto de una sobrecarga en la estructura, un ataque químico, fuego o explosión, o un envejecimiento por exposición, en la resistencia in-situ, es recomendable definir el área afectada previamente mediante algún tipo de ensayo no destructivo, como el martillo Schmidt ultrasonidos, para posteriormente extraer testigos tanto de la zona afectada como de una superficie sana a efectos de comparación. Los resultados admitirán evaluar tanto la resistencia del hormigón in-situ como la reducción en resistencia causada por el daño.

De forma similar, si el objeto del estudio es la evaluación de un hormigón nuevo que no ha superado los criterios de aceptación, la primera acción debería ser la de localizar esa partida de hormigón dentro de la obra, bien por medio de la información proporcionada por la documentación y el personal implicado, o bien por medio de ensayos no destructivos, de tal modo que los testigos se extraigan únicamente del material en entredicho.

b) Ensayos no destructivos

Son los ensayos que no producen un daño al material. En nuestro caso serán precisamente estos tipos los que se usarán para el análisis por lo tanto se expondrán en los próximos apartados. Otros métodos de ensayos no destructivos conocidos, que se definen en la web www.upcommons.upc.edu, son:

- Método de la frecuencia de resonancia:

“Este método consiste en hacer vibrar una probeta cilíndrica o prismática de hormigón, y medir las frecuencias de resonancia. La más pequeña frecuencia depende mucho de las propiedades elásticas del hormigón estudiado como el módulo de elasticidad dinámico E_d , y el módulo de cizalla dinámico G_d . Este método no puede ser extrapolado para estudiar grandes obras de hormigón, pero se adapta bien a productos prefabricados con formas simples” (p. 24).

- Métodos radioactivos:

“Existen dos tipos de métodos radioactivos: las radiografías y las radiometrías. En los métodos radiográficos se obtiene una imagen del interior del elemento de hormigón estudiado, empleando una fuente radioactiva para revelar la existencia de huecos, la posición de las segregaciones, de los refuerzos, las fisuras y los daños sufridos por la estructura tras la puesta en carga. En los métodos radiométricos, rayos γ (gamma) son generados por varios radioisótopos, pasan a través el hormigón, y la intensidad de la radiación emergente de la masa de hormigón se detecta con un contador geiger” (p. 24).

“La radiografía con rayos x tiene limitaciones debidas a la necesidad de equipos costosos y peligrosos de alto voltaje, y por eso ofrece pocas esperanzas de poder ser usado en el campo. La radiografía con rayos γ se utiliza por el estudio de elementos de hormigón hasta 450 mm de espesor. Por encima de estas dimensiones, los tiempos largos de exposición necesarios hacen el método antieconómico” (p. 25).

2. ESTUDIO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CURADO

En este capítulo se define lo que es el curado, así como los diferentes tipos que existen, haciendo hincapié en los que se han empleado en este estudio. Con objeto de comprender mejor la importancia de un buen curado del hormigón, en este capítulo también se describen los factores que influyen en el curado de éste y la influencia de utilizar un curado u otro en el desarrollo de la resistencia del material. Por último, se habla de los efectos que tiene un secado prematuro del hormigón y de su análisis, así como de los distintos métodos experimentales para identificar un curado deficiente o un secado prematuro.

2.1. Introducción

El curado del hormigón es la parte del procedimiento constructivo que busca mantener el material en condiciones húmedas para promover que las reacciones químicas entre el agua y el cemento continúen durante el tiempo suficiente para aprovechar el potencial aglutinante de éste último (Solís y Moreno, 2005).

Si sabemos que la resistencia es el producto de la reacción química entre estos dos componentes, para que se desarrolle todo el potencial de resistencia debemos mantener suficiente suministro de agua para que el hormigón en la medida de lo posible esté saturado (100 % de humedad) o cerca de ello, ya que solo así se podrá evitar pérdida de humedad de la superficie del hormigón por evaporación, tal como se explica en la web www.academia.edu.

De acuerdo con lo anterior, cuando los diferenciales de temperatura del hormigón sean considerables, se favorecerá la pérdida de humedad por evaporación. Existen tres condiciones básicas para que se desarrolle un curado adecuado:

- Los hormigones deben estar suficientemente húmedos para asegurar la hidratación del cemento.
- Una temperatura adecuada admitirá una buena hidratación.
- Oportunidad en la iniciación del curado; se aconseja iniciar lo más pronto posible; en el hormigón es viable hacerlo tan pronto éste reabsorbe el agua de exudación.

Además, según la misma fuente, en los primeros 7 días de edad el hormigón desarrollará cerca del 80% de la resistencia determinada para los 28 días; esto se cumplirá si se dio un curado apropiado. Por eso, mientras más retardemos el inicio del curado, menor potencial de resistencia dispondremos.

El curado ininterrumpido permite que el hormigón desarrolle el máximo de su resistencia potencial; es decir no debe permitirse que el hormigón se seque en ningún momento. Si permitimos que el hormigón se seque, se detiene por completo la reacción química del agua con el cemento y deja de adquirir resistencia. Mojar el hormigón después de que se haya secado sólo permite recuperar una pequeña parte de su resistencia potencial. De ninguna manera se va a conseguir recobrar la resistencia que podría tener la mezcla con el curado continuo (www.academia.edu).

A todos los efectos se tendrá en cuenta las prescripciones de la EHE-08 para el proceso del curado.

2.2. Tipos de curado del hormigón

Los principales tipos de curado del hormigón son los siguientes:

- a) Humectación con agua
- b) Recubrimientos plásticos
- c) Aplicación de productos que formen membranas de protección
- d) Curado al vapor
- e) Protección con materiales humedecidos (sacos de arpillería, arena, paja, etc.)

a) Curado mediante humectación con agua

El hormigón se mantendrá continuamente humedecido durante el período de curado establecido, mediante riego con agua en forma de niebla fina según el Reglamento CIRSOC 201 M, disponible en la web www.inti.gov.ar.

b) Curado mediante recubrimientos plásticos

En la web www.academia.edu se aconseja asegurarse de que no existe circulación de aire entre el plástico y el hormigón. Se puede utilizar como plástico una membrana de polietileno.

c) Curado mediante compuestos líquidos capaces de formar membranas de curado

Se emplean equipos rociadores de accionamiento neumático, eléctrico o mecánico, provistos de un tanque a presión y de un agitador continuo del contenido. El compuesto se aplicará en dos capas cruzadas y colocadas una inmediatamente después de la otra, en la proporción que por metro cuadrado de superficie advierta el fabricante, tal como se indica en el Reglamento citado anteriormente.

d) Curado al vapor

De acuerdo con dicho Reglamento, para conservar la temperatura y la humedad dentro de las cámaras de curado se utilizará vapor saturado de presión igual a la atmosférica. Los chorros de vapor envolverán a los elementos estructurales y nunca incidirán directamente sobre ellos, ni sobre las probetas moldeadas que se almacenen en la cámara para el control de las resistencias. El ciclo térmico a aplicar al hormigón para su curado al vapor debe cumplir las siguientes condiciones según la misma fuente (p. 85):

- *“Antes de iniciar el curado a vapor, los elementos estructurales se dejarán estacionar al aire a una temperatura entre 10°C y 30 °C, durante un período mínimo de dos horas”.*
- *“El calentamiento y posterior enfriamiento del elemento estructural será gradual, y con una velocidad de aumento y disminución de la temperatura en la atmósfera de la cámara menor de 20 °C por hora”.*
- *“La temperatura máxima para el curado a vapor será de 70 °C, y se mantendrá constante durante el tiempo necesario para alcanzar la resistencia de rotura a la compresión requerida”.*

PROYECTO FINAL DE GRADO

- “Una vez alcanzada la resistencia necesaria y finalizado el ciclo de curado a vapor, los elementos estructurales no se someterán a cambios bruscos de temperatura”.

e) Protección con materiales humedecidos

“El agua se aplicará directamente sobre la superficie del hormigón o sobre materiales (arpilleras, manto de arena o de tierra, etc.), que estén en contacto directo con la superficie de la estructura y mantengan la humedad el tiempo establecido” (CIRSOC 201 M, p. 83).

2.3. Curado húmedo y seco

A continuación se describen otros tipos de curado diferentes a los del apartado anterior que son los que se han empleado en el presente proyecto.

a) Curado en medio húmedo

Las probetas se colocan en cámara húmeda (20 +/- 2 °C de temperatura y 95 +/- 5 % de humedad) a las 24 h del moldeo y permanecen allí hasta el momento de los ensayos.

Este tipo de curado representa condiciones óptimas de curado. La figura 2.1 muestra una cámara húmeda con sus componentes. Observamos que ésta dispone de una unidad de frío, una unidad de calor, un humidificador con desagüe bajo éste, así como un nicho para montar el cuadro de los controladores, además de cables y sondas para conectar el cuadro con los aparatos y la cámara.

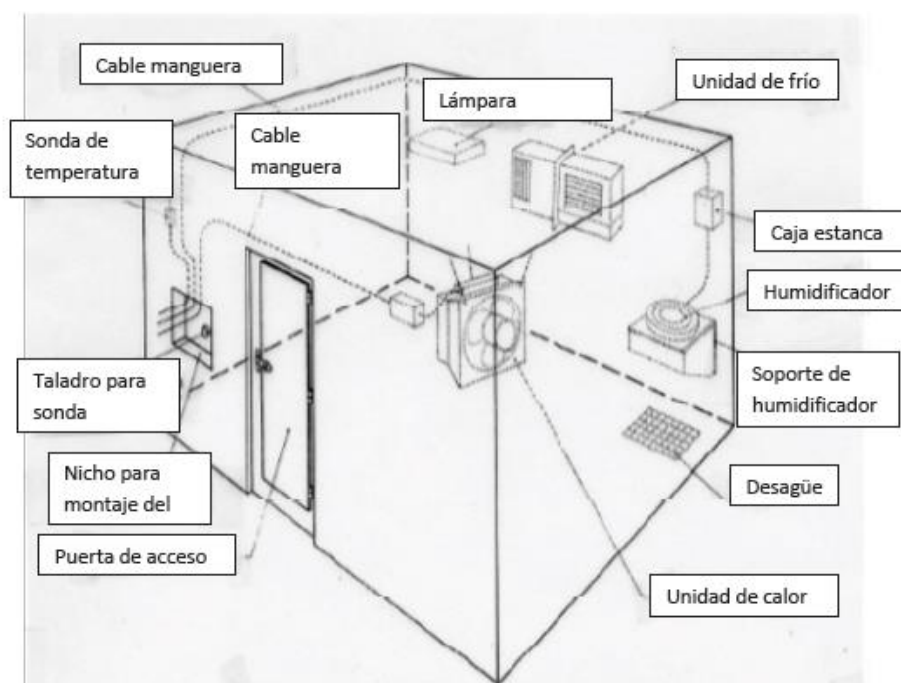


Figura 2.1 Esquema de una cámara húmeda (www.mecacisa.com/pdfs/hormigones/h12-cámarahumeda.pdf).

PROYECTO FINAL DE GRADO

b) Curado en medio seco

24 h después del moldeo, las probetas se colocan sin ningún tipo de protección en una cámara de acondicionamiento (30 +/- 2 °C de temperatura y 50-80 % de humedad). De éste modo el aire seco incide directamente sobre la superficie de las probetas desde el momento en que son colocadas en la cámara, hasta el momento de los ensayos. En la tabla 2.1 se detallan las temperaturas y condiciones de humedad del curado húmedo y del curado seco.

TIPO DE CURADO	TEMPERATURA °C	HUMEDAD (%)
Cámara Húmeda	20 +/- 2	95 +/- 5
Seco	30 +/- 2	50-80

Tabla 2.1 Condiciones de temperatura y humedad del curado húmedo y del curado seco

2.4. Factores que influyen en el curado del hormigón

Los siguientes datos han sido extraídos del trabajo de Solís y Moreno (2005).

El American Concrete Institute (ACI) distingue dos tipos diferentes de climas extremos que pueden provocar problemas durante el mezclado, transporte y colocación del hormigón: el clima frío y el clima cálido. En el primer caso, la principal preocupación es que los compuestos del cemento no reaccionen con el agua (o que lo hagan a una velocidad muy lenta), o que incluso, ésta se congele. Mientras que en el segundo caso, la principal preocupación es que el agua del hormigón se evapore rápidamente y que una parte significativa del cemento no se hidrate, y por lo tanto no aporte resistencia al material y éste sea muy poroso (ver artículos 71.5.3.1 Hormigonado en tiempo frío y 71.5.3.2 Hormigonado en tiempo caluroso de la EHE-08).

En 1947 Powers llegó a la conclusión de que la hidratación del cemento se reduce de forma importante cuando la humedad dentro de los poros capilares de la pasta de cemento cae por debajo del 80%, siempre que no se den otras condiciones meteorológicas desfavorables.

El experimento realizado por Gonnerman y Shuman en 1928 ha sido citado como referencia sobre la influencia del curado húmedo en la resistencia a la compresión del hormigón. La gráfica del experimento de Gonnerman y Shuman muestra un contraste notable entre las resistencias que se obtuvieron al variar el tiempo del curado húmedo.

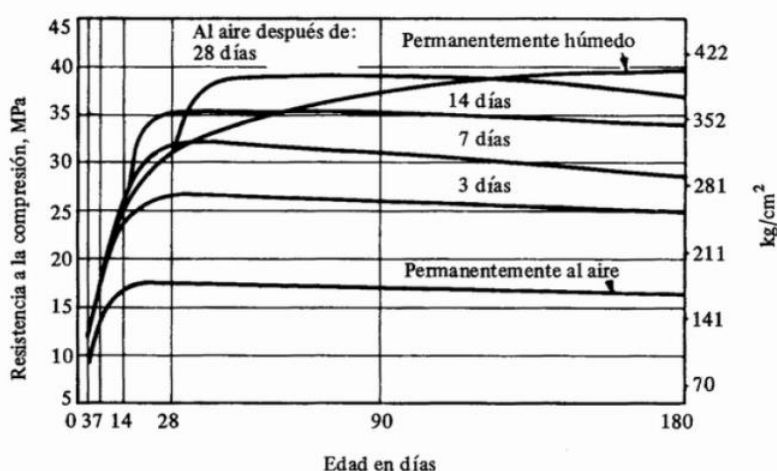


Figura 2.2 Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto (Gonnerman y Shuman, 1928).

PROYECTO FINAL DE GRADO

Las pastas con una baja relación agua/cemento tienen una baja porosidad. Este factor hace impermeable al hormigón y no facilita la penetración del agua de curado al interior del hormigón, así como tampoco su evaporación.

En general, los hormigones con relaciones a/c altas serán los que se vean más afectados por la falta de curado debido a la gran red de poros que contienen, lo cual facilitará que la humedad de los capilares se evapore; y por otro lado, dejarán grandes acceso a los agentes ambientales. La parte superficial del hormigón (entre 3 y 5 cm) es la que se ve más afectada por la falta de curado. Esto no debe disminuir la importancia del curado, ya que la superficie externa del elemento es precisamente la que está sometida a la intemperie durante su vida útil.

2.5. Influencia de los diferentes métodos de curado en el desarrollo de la resistencia del hormigón

Plante, Cameron y Tagnit-Hamou realizaron en el año 2000 uno de los primeros estudios que evaluaban la influencia del curado en el desarrollo de la resistencia del hormigón. El experimento consistió en exponer probetas a diferentes condiciones de curado.

Tras realizar los ensayos de los diferentes procedimientos de curado, se obtuvieron unos resultados que permitieron demostrar que:

- El no mantener las temperaturas de curado iniciales requeridas contribuye a que se reduzcan las resistencias a la compresión en más de 10 MPa en ciertos casos.
- Una adecuada protección de los testigos durante las primeras 24 horas después del moldeo es fundamental.
- El uso de un recipiente con agua reduce enormemente el efecto de las altas temperaturas externas.
- Las temperaturas ambientales elevadas influyen sobre la temperatura del hormigón y, en especial, sobre la formación de macroporos.

El cambio en la porosidad debido a la temperatura juega un papel importante en el descenso de la resistencia a la compresión a los 28 días. Un buen curado reduce esta porosidad, y en consecuencia, permite mayores resistencias.

Las elevadas temperaturas durante la hidratación del hormigón contribuyen con resistencias iniciales mayores del hormigón debido a la hidratación acelerada. Sin embargo, después de 7 días de hidratación, la resistencia a la compresión se reducirá por las altas temperaturas iniciales debido a la formación de productos de hidratación de mayor porosidad.

2.6. Análisis teórico de los efectos del secado prematuro

Los siguientes datos relativos a los efectos del secado prematuro se han obtenido del trabajo de Fernández (2009a).

“Las propiedades físico-mecánicas y reológicas de la pasta de cemento hidratada y del hormigón no dependen tanto de la composición química del cemento hidratado, como de la estructura física de los productos de hidratación, esto es, los cambios en la microestructura de la pasta de cemento conforme avanzan las reacciones de hidratación. (...) la etapa de endurecimiento se caracteriza por la densificación

PROYECTO FINAL DE GRADO

progresiva del material, ya que el volumen ocupado por los productos de hidratación es aproximadamente el doble del volumen del cemento anhidro, según se postula en el modelo de Powers” (p. 40).

Observamos en la figura 2.3 que a medida que pasa el tiempo la porosidad de la pasta de cemento disminuye y la cantidad de volumen ocupado por sus diferentes componentes se incrementa.

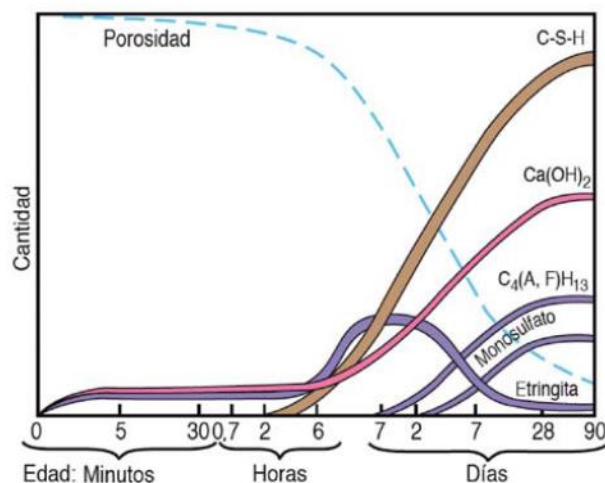


Figura 2.3 Esquema de la hidratación del cemento (Fernández, 2009a).

“El volumen de poros capilares se va reduciendo a medida que avanza la hidratación del cemento y es tanto menor cuanto menor sea la relación agua/cemento. Se justifican así dos conceptos esenciales en la tecnología de hormigones y morteros: la resistencia y durabilidad (asociadas ambas con una baja porosidad) se obtienen con relaciones agua/cemento bajas y con un curado eficiente” (p. 40).

Cuando la hidratación se interrumpe por falta de agua libre, las consecuencias pueden extrapolarse del modelo de Powers de la hidratación. Esto es que las características de la microestructura corresponden al avance obtenido para las reacciones de hidratación y, por lo tanto, la porosidad capilar y la conectividad de poros son mayores que las que se habrían alcanzado luego de completar las reacciones de hidratación. A esto hay que añadir que la reducción del agua libre induce fenómenos de retracción que podrían agravar la situación.

La detención temprana de la hidratación dejaría mayor porosidad que la prevista y equivaldría a haber empleado una relación a/c superior a la necesaria para satisfacer ambos requisitos, es decir, aunque las medidas en el momento de la elaboración fuesen adecuadas, no alcanzaría las prestaciones esperables a causa del secado prematuro (figura 2.4).

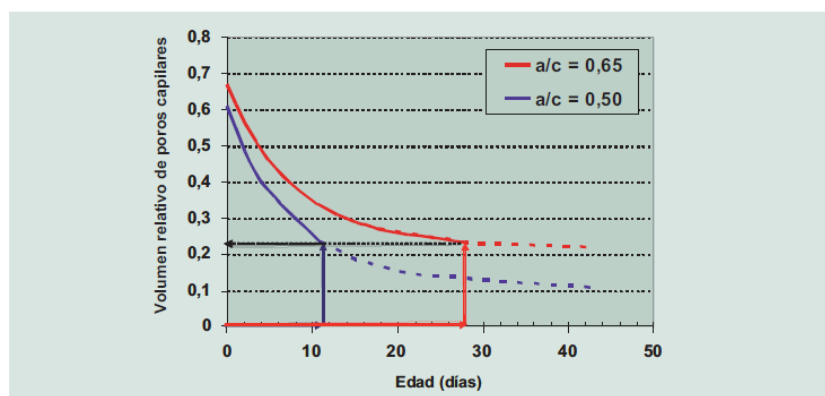


Figura 2.4 Volumen porcentual ocupado por la porosidad capilar en pastas de cemento, como función del grado de hidratación α (Fernández, 2009a).

El tiempo de curado será mayor cuanto más lenta sea la evolución de propiedades del cemento empleado, cuanto más severas sean las condiciones ambientales durante el curado, cuanto más baja sea la temperatura del hormigón y cuanto mayor sea la exigencia de la condición de exposición ambiental de la estructura durante su vida útil (durabilidad). Los cementos con adición ofrecen menos resistencia a edades tempranas pero el incremento de resistencia partir de los 28 días puede ser significativo.

Con excepción del hormigón siempre expuesto al aire de laboratorio, todas las otras condiciones de curado permiten adquirir prácticamente la misma resistencia a la edad de 28 días, pero su valor "final" (1 año en la figura 2.5) es significativamente distinto. Es decir, aunque a 28 días alcancemos la misma resistencia utilizando un curado u otro, a la larga sí que hay diferencias.

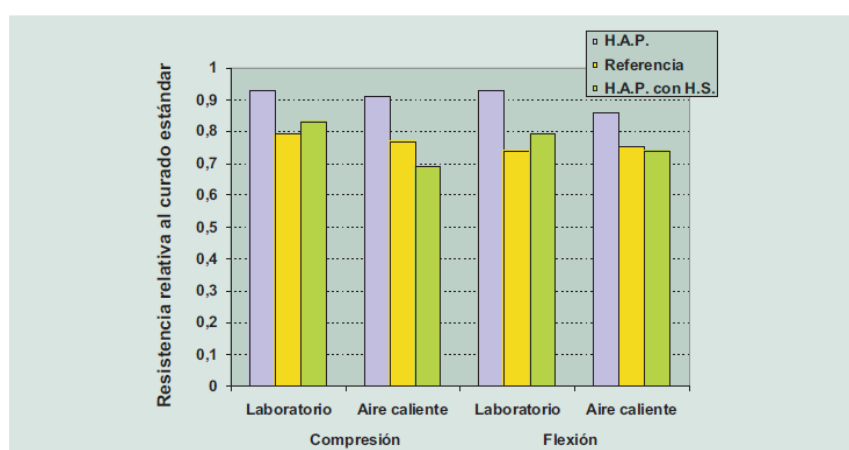


Figura 2.5 Resistencia a compresión y flexión, relativas al curado estándar, para distintas condiciones de secado (Hasni, Gallias y Salomón, 1994).

Los hormigones secos presentan mayor resistencia a compresión que los hormigones saturados, pudiendo alcanzar diferencias de hasta el 20-25%. En ocasiones, la determinación de la resistencia a compresión de muestras parcialmente secas puede ocultar posibles defectos de curado.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Una revisión de resultados efectuada por Meeks en 1999 destaca que el curado inicial es crítico para reducir la permeabilidad de la zona exterior del hormigón y que prolongar el curado hasta la edad de 28 días sólo aporta una leve reducción adicional. Igualmente, se indica que los beneficios de un incremento de curado son menores para los hormigones de menor relación agua/cemento.

Un curado inicial pobre se traduce en una resistencia a la penetración de cloruros marcadamente inferior, lo cual repercute negativamente en el hormigón, tanto para cementos especiales como cementos con adiciones, aunque estos últimos se muestran todavía más susceptibles.

En los hormigones con adiciones, aunque el curado al aire afecta a todas las propiedades medidas: resistencia a compresión, velocidad de succión capilar y carbonatación, el efecto no es igual en cada caso y depende también del tipo y cantidad de adición.

2.7. Métodos experimentales para identificar o prevenir el curado deficiente

La información que se muestra a continuación ha sido extraída de Fernández (2009b).

La primera característica significativa de los métodos capaces de identificar un curado defectuoso es que sean capaces de valorar la calidad de los primeros centímetros a partir de la superficie expuesta.

La resistencia a compresión no es un buen método para indicar un curado deficiente, ya que toda la sección de la muestra participa en el análisis, y no solo la superficie más externa b (véase figura 2.6). Luego no podemos saber la calidad de los primeros centímetros de la superficie expuesta.

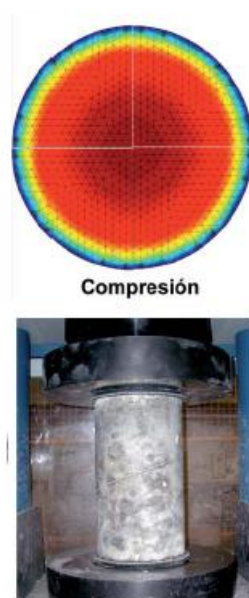


Figura 2.6 Esquema de sección transversal afectada por el secado prematuro y su influencia relativa sobre la resistencia a la compresión (Fernández, 2009b).

Si se considera la situación de una sección transversal de una muestra cilíndrica, una gran proporción del área se mantiene cercana a la saturación aún después de 14 días de

PROYECTO FINAL DE GRADO

exposición al aire y sólo un espesor relativamente reducido está afectado por el secado. Por tanto, se entiende fácilmente que la influencia relativa de la zona afectada es baja. Observamos en la figura que la zona saturada (coloreada de rojo) ocupa casi todo el volumen de la muestra, por tanto el resultado obtenido no es fiable, ya que indicaría que la muestra no está seca, cuando en sus primeros centímetros de superficie sí lo está.

Cualquier método experimental capaz de valorar la calidad del hormigón de recubrimiento podría ser útil para el reconocimiento de un curado deficiente. Se distinguen principalmente 2 métodos. El primero de ellos asociado a características microestructurales y el segundo a la capacidad de transporte de fluidos.

a) Métodos asociados con características microestructurales:

Consiste en medir el agua combinada químicamente sobre muestras obtenidas de zonas cercanas a la superficie expuesta.

Una hidratación incompleta debería manifestarse como un incremento de la porosidad y la existencia de poros de mayor tamaño que sobre una muestra equivalente bien curada.

La dificultad reside en el carácter destructivo de la toma de muestra y la necesidad de contar con un laboratorio especializado de apoyo.

a) Métodos asociados con la capacidad de transporte de fluidos:

La capacidad de transporte de fluidos se incrementará ante un curado deficiente. Dentro de estos métodos encontramos el de permeabilidad al aire y el de carbonatación en exposición natural.

- Permeabilidad al aire: Para la determinación de la permeabilidad al aire se emplea un equipo (figura 2.7) que opera de manera automática y se obtiene un valor de la permeabilidad al aire.

El equipo dispone de una celda de doble cámara, unida a una bomba de alto vacío (trabaja solamente en un rango de presiones limitado) con sus adecuados sensores y válvulas comandadas por un ordenador. La celda se adhiere a la superficie del hormigón por el vacío que causa la bomba y los sensores miden la pérdida de ese vacío por efecto de la porosidad interna del hormigón. La doble cámara permite el cálculo del coeficiente de permeabilidad del hormigón de recubrimiento, que se indica en el visor de la unidad de proceso.



Figura 2.7 Equipo de Torrent para la determinación de la permeabilidad al aire del hormigón de recubrimiento (Fernández, 2009b).

- Carbonatación en exposición natural (no acelerada): La detección del avance del frente de carbonatación proporciona una medida directa de la susceptibilidad del hormigón de recubrimiento a la difusión del CO₂ atmosférico (véase figura 2.8). Esta técnica en condiciones no aceleradas no constituye en sí misma un procedimiento práctico, porque se necesita de una exposición prolongada (años).

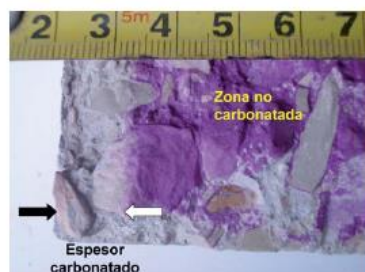


Figura 2.8 Determinación del avance del frente de carbonatación mediante la aspersion de solución alcohólica de fenolftaleína (Fernández, 2009b).

2.8. Métodos capaces de detectar el secado prematuro del hormigón.

Los siguientes datos han sido resumidos del estudio de Fernández (2009b).

La detección del secado puede hacerse por numerosos métodos, aunque algunos sólo se adaptan a muestras pequeñas, en condiciones de laboratorio o tienen características semidestructivas, porque deben efectuarse perforaciones en el hormigón, si no se previno dejar los correspondientes insertos en el momento de la ejecución de la estructura.

Por estas razones, se perfeccionó una metodología novedosa que se apoya en la dependencia de la resistividad eléctrica del hormigón con el contenido de humedad del mismo y, más concretamente, con su grado de saturación.

La dificultad asociada con las medidas a temprana edad es que el hormigón está en plena evolución por causa de la hidratación del cemento, evolución que también provoca cambios en la resistividad eléctrica y en la disponibilidad de agua (figura 2.9 y 2.10).

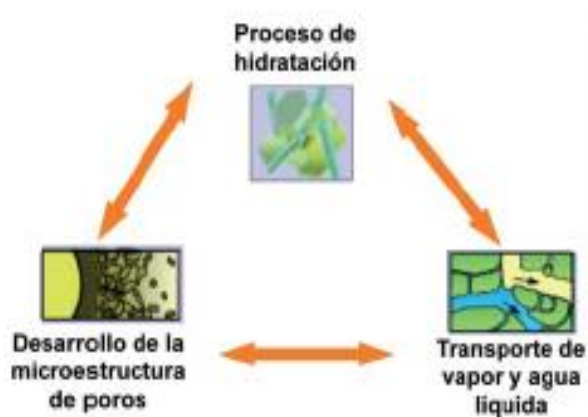


Figura 2.9 Esquema de la ocurrencia de mecanismos acoplados y que determinan el valor de la resistividad eléctrica a edades tempranas (Fernández, 2009b).

PROYECTO FINAL DE GRADO

La presencia de agua “líquida” de manera permanente dentro de la estructura de poros provee el medio conductor y, por lo tanto, cuando esta fase líquida disminuye y pierde la continuidad, la resistividad aumenta de manera importante.



Figura 2.10 Medición de la resistividad eléctrica por método de los electrodos puntuales (Fernández, 2009b).

En este apartado se describe el equipo que se utiliza para la aplicación del georradar, así como los principios y características que rigen a este tipo de instrumentos de medición. Esta técnica se ha empleado para el estudio de otros materiales de construcción como la madera y su fundamento queda ampliamente definido en textos como el de Rodríguez (2010).

3.1. Fundamentos del georradar

La técnica del georradar comenzó a emplearse en la década de los 50. En un principio se utilizaba para el estudio de subsuelo y en ramas como la geología, ingeniería, minería y glaciología.

La base teórica del georradar se sustenta en la teoría de campos electromagnéticos y en la óptica geométrica, en la que se analiza el comportamiento de las ondas cuando atraviesa un medio determinado, comportándose de forma diferente dependiendo de las propiedades dieléctricas de este. Son los cambios de propiedades dieléctricas de los medios y la variación en el comportamiento de la onda al atravesarlos, lo que nos permite determinar si nos encontramos con una variación en el material.

Los parámetros que afectan a la velocidad de la onda son la permitividad dieléctrica relativa del medio, la conductividad, la permeabilidad magnética y la frecuencia de la emisión (éste último depende del equipo empleado).

“La energía que finalmente capta la antena receptora en superficie es menor que la energía emitida en un principio a consecuencia de: la dispersión geométrica del frente de ondas, la absorción de la energía, la dispersión de la energía en elementos del orden de la longitud de onda y de las pérdidas producidas en la reflexión y refracción en cada una de las interfases electromagnéticas que atraviese la onda” (p. 64).

Esquemáticamente, las mediciones se efectúan mediante la generación, por la antena emisora de una onda electromagnética con una frecuencia característica. Ésta se va propagando por el medio, hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades eléctricas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes, entonces, parte de la energía electromagnética se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose (figura 3.1).

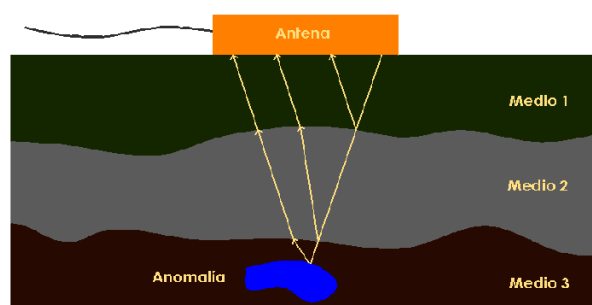


Figura 3.1 Trayectoria de radiación electromagnética.

El georradar es considerado como una técnica no destructiva, haciéndola idónea para el análisis de piezas que no puedan verse afectadas físicamente. La técnica de georradar permite la detección y localización de elementos, formaciones y/o anomalías en el subsuelo, construcciones u otros materiales.

Los impulsos electromagnéticos son de muy corta duración entre 0,6 y 10 ns, en una banda de frecuencia de UHF-VHF, normalmente entre 100 MHz y 3 GHz

El georradar es una técnica basada en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas. Para analizar los registros que se obtienen deberemos analizar los parámetros de las ondas recibidas. Estos son:

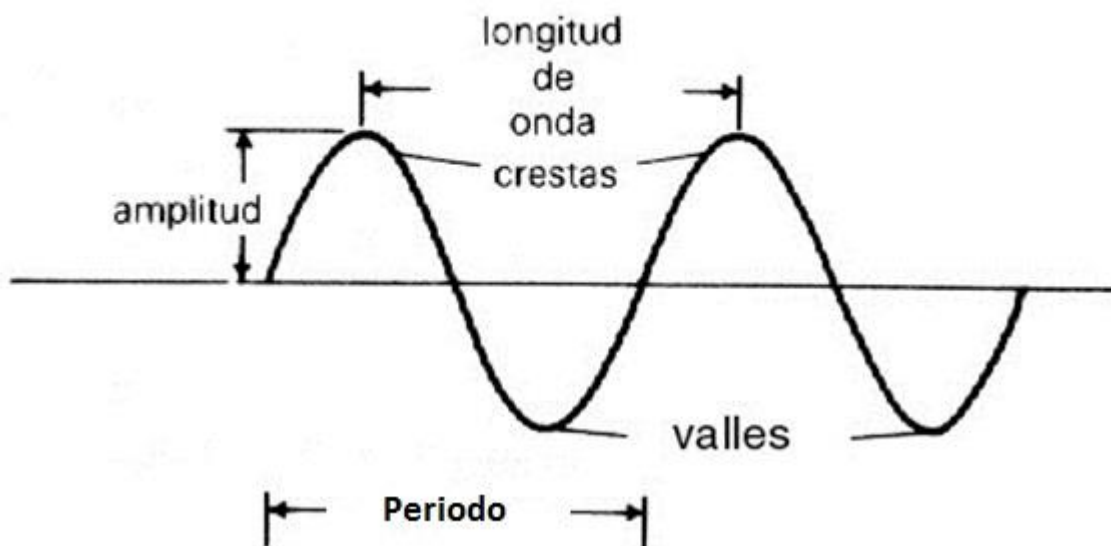


Figura 3.2 Gráfica de una onda (foto base de www.physical-team-1.blogspot.com).

PROYECTO FINAL DE GRADO

- Velocidad de onda: Es la distancia que recorre la onda en un tiempo determinado. En todos los casos la velocidad será:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Ecuación 3.1

Siendo Δx el espacio recorrido desde el emisor hasta el receptor en un tiempo Δt .

- Amplitud de onda: Se entiende como tal la máxima perturbación de la onda, disminuyendo en su progreso de atravesar el medio.
- Periodo: Es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda.
- La constante dieléctrica: Es la permeabilidad dieléctrica del material, entendiéndose como la capacidad de polarización de éste. Su valor varía entre 1 (aire) y 81 (agua).

3.2. Equipos

Un equipo de georradar está compuesto principalmente por una unidad central, antena o antenas y una serie de equipos complementarios y/o equipos complementarios

a) Unidad central

“Es donde se realiza la coordinación y control de las antenas, de los diversos accesorios que se pueden añadir al equipo básico y de la señal emitida. También coordina el almacenamiento de la señal en algún tipo de soporte” (p. 68).

Esta unidad lleva implementado un programa informático que realiza el procesamiento básico de la señal e incorpora utilidades que permiten actuar sobre la señal emitida y sobre los registros que se adquieren: filtrados y alteración de la ganancia del registro, entre otros procesados (figura 3.3).



Figura 3.3 Equipo de georradar SIR 3000 (GSSI)

b) Antenas:

“Son los elementos encargados tanto de emitir el pulso electromagnético al medio como de recibir la energía que regresa a la superficie tras haber sufrido una reflexión” (p. 68). Su clasificación se puede contemplar dependiendo de sus características:

- Según las características del campo radiado

-Antenas isotrópicas: irradian la energía en todas las direcciones.

-Antenas direccionales: en este caso solo radian la energía en una única dirección.

- Según la frecuencia central de su emisión

“El georradar utiliza bandas de frecuencia situadas entre 3 GHz y los 100 MHz aproximadamente, es decir, que trabajan con las bandas de radiofrecuencias y de microondas” (p. 71). Cuanto mayor sea el valor de la frecuencia mayor será su atenuación en el medio. Por lo tanto para una mayor profundidad de penetración de la señal deberemos de colocar ondas de bajas frecuencias.

- Por el número de dipolos

-Antenas monoestáticas: son a la vez emisoras y receptoras de energía, serán las que utilizaremos en nuestro equipo de medida. Se componen de una única carcasa que contiene el emisor y el receptor (figura 3.4).

-Antenas biestáticas: se componen de dos módulos separados, pudiendo colocarlos a la distancia deseada.



Figura 3.4 Antena del equipo de georradar Palm 2GH (GSSI)

c) Accesorios y equipos complementarios

Dentro de estos complementos para la visualización y almacenamiento de los registros se incluyen: las impresoras, las pantallas de visualización, los programas informáticos y las unidades de registro de datos en soporte magnético (cinta o disco) u óptico.

3.3. Métodos de obtención de registros

Existen dos métodos para la obtención de datos: por medio de perfiles, que consiste en el análisis de una sección longitudinal y puntuales que, como su nombre indica, se basa en el análisis de un punto en concreto del material.

a) Perfiles

Para efectuar un perfil se mueve la antena (monoestática) a lo largo de una línea. Durante el movimiento se emite un elevado número de pulsos por segundo. Se pueden emitir desde 1 hasta 100 pulsos por segundo. Esto posibilita que la adquisición de datos, aunque sea en realidad puntual, se puede considerar continua por la cantidad de trazas que se tienen en todo el perfil, dependiendo siempre de la velocidad de desplazamiento de la antena (fig. 3.5).

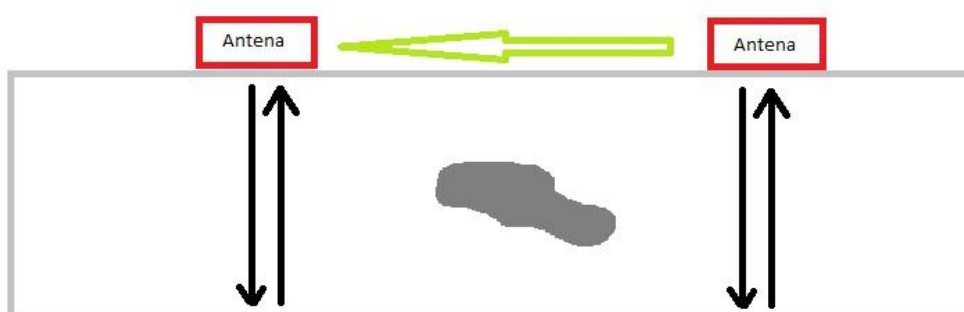


Figura 3.5 Desplazamiento de una antena para la realización de un perfil.

b) Puntuales

La adquisición de datos de forma puntual se realiza colocando la antena en un punto dado del área de estudio (figura 3.6).

“En dicho punto, y sin efectuar ningún desplazamiento de las antenas, se realiza la emisión de energía y la adquisición de datos. De esta forma se dispone de información del interior del medio situado en la vertical del punto donde se ubica la antena” (p. 74).

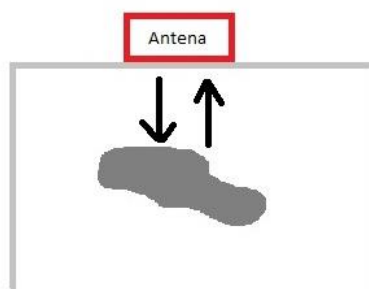


Figura 3.6 Medición de una antena de forma puntual.

3.4. Parámetros de un registro de georradar

En la figura 3.7 se muestra la cabecera de un registro de georradar. En esta cabecera se detallan los principales parámetros que condicionan el registro. Estos parámetros son:

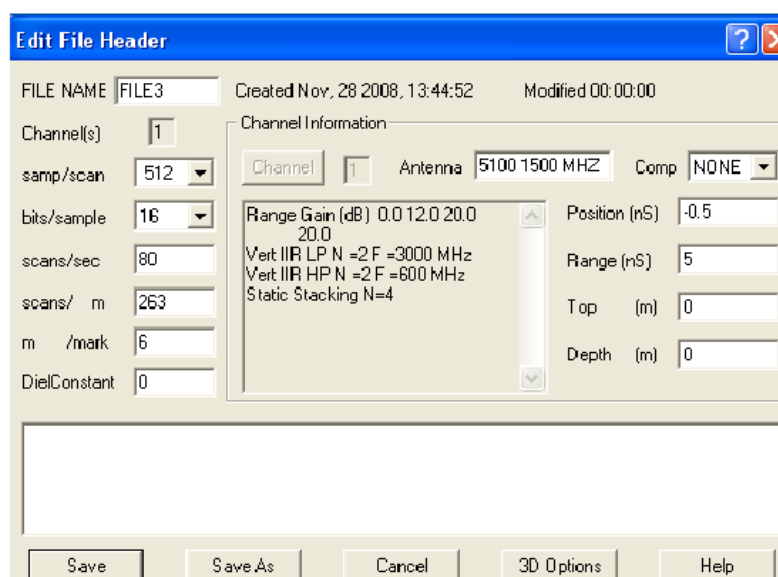


Figura 3.7 Cabecera de un registro obtenido con georradar SIR 3000 (GSSI) (Rodríguez, 2010).

a) Rango de un registro(Range)

“El rango de un registro define su longitud temporal, es decir, la máxima coordenada vertical que se alcanza en el radargrama” (p. 77).

b) Posición de inicio de la señal (Position)

“Permite seleccionar el tiempo de inicio de la ventana temporal” (p. 77).

c) Puntos por traza

“Este parámetro determina el muestreo de cada traza (señal recibida), es decir, los puntos utilizados para su representación” (p. 78).

d) Velocidad de transmisión y registro

“El número de pulsos por segundo que puede transmitir y registrar un georradar son dos parámetros que se pueden ajustar antes o durante la adquisición de datos, de acuerdo con las necesidades del estudio” (p. 78).

e) Superposición de trazas

“Durante o posteriormente a la adquisición de datos se puede realizar una suma (o superposición) de trazas adyacentes” (p. 79).

f) Ganancia

“La ganancia consiste en amplificar la señal que se recibe” (p. 80). Para ello se pueden aplicar distintas funciones.

3.5.Registro de amplitudes

Un radargrama está constituido por un elevado número de trazas de amplitud (figura 3.8).

“En el eje horizontal se representan distancias sobre la superficie del medio por el que se desliza la antena y en el eje vertical quedan representados los tiempos dobles de propagación de las ondas reflejadas en las anomalías internas a dicho medio” (p. 81).

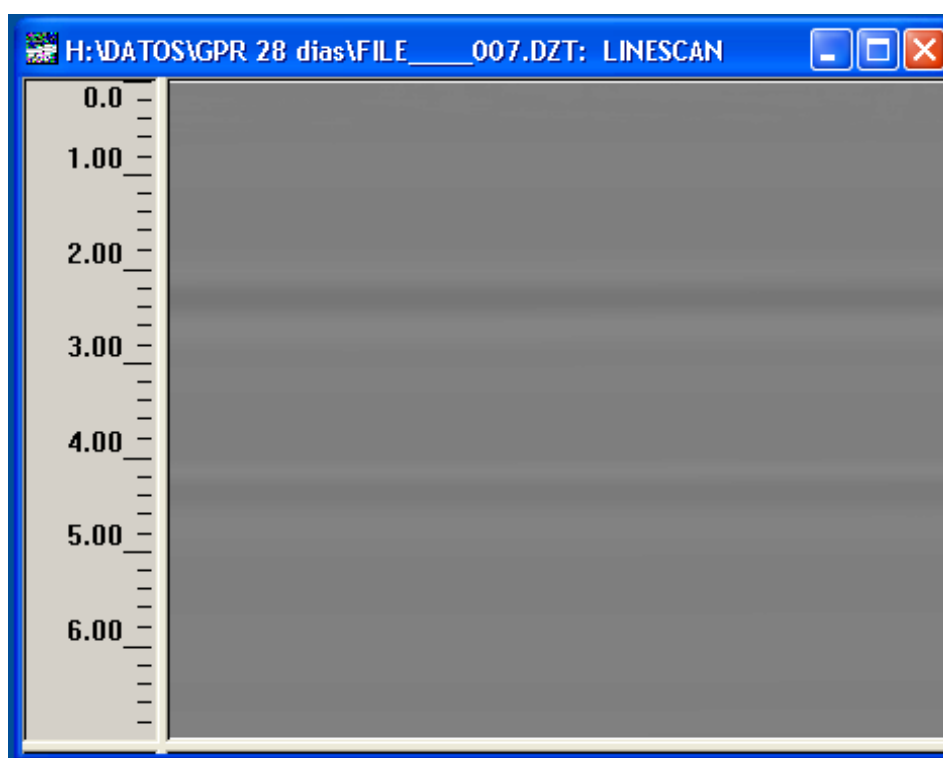


Figura 3.8 Radargrama

PROYECTO FINAL DE GRADO

“El número de trazas de un radargrama depende de la longitud del registro, de la velocidad a la que se haya deslizado la antena a lo largo del perfil, del número de pulsos por segundo emitidos por la antena, del muestreo seleccionado y de la velocidad de registro del georradar” (p. 82).

La exhibición de las trazas registradas se puede presentar como un registro de amplitudes (figura 3.9), semejante a los registros de sismica de reflexión o mediante una representación con escala de colores.

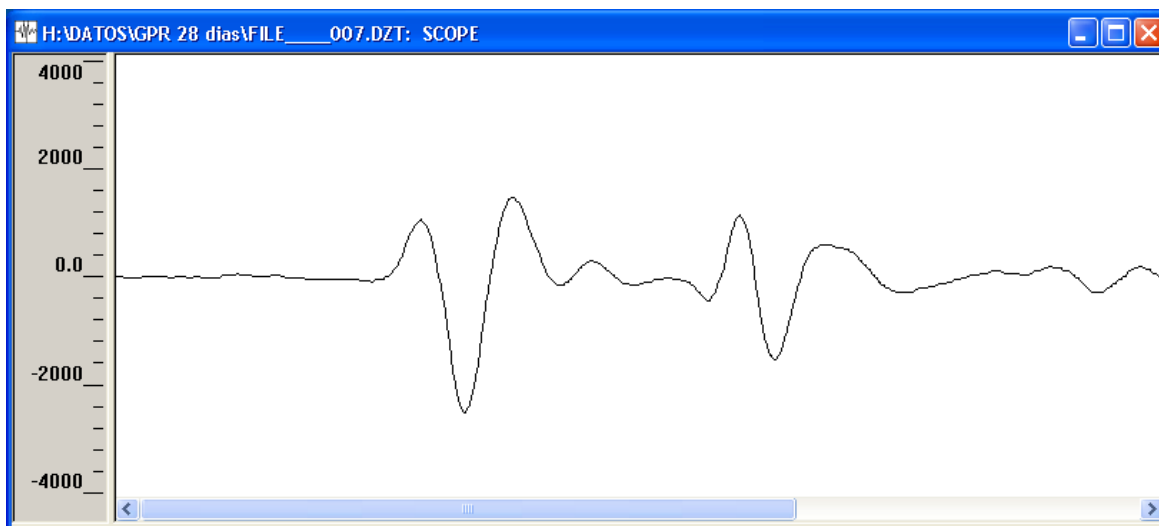


Figura 3.9 Trazas de un radargrama

4. ULTRASONIDOS

En este capítulo se describe el equipo que se utiliza para la aplicación del ultrasonidos, así como los principios y características que rigen a este tipo de instrumentos de medición.

4.1. Fundamentos de la técnica de ultrasonidos

Rodríguez define en su tesis (2010) los ultrasonidos como ondas elásticas de igual naturaleza que las sonoras, pero cuyas frecuencias están fuera del rango de percepción del oído humano medio.

De acuerdo con la misma autora, las ondas que se propagan por el interior de un medio por un impulso elástico pueden ser longitudinales o transversales. Las más rápidas son las longitudinales y sus velocidades dependerán de las propiedades elásticas del medio por el que se propagan.

Los materiales que se ensayan con este método pueden ser heterogéneos, como la madera y el hormigón; se excluyen los metales, ya que provocan una serie de irregularidades que afectan a los resultados obtenidos.

Así el equipo hace posible conocer las características del hormigón, tales como la homogeneidad, presencia de fisuras, huecos, cambios en hormigón debidos a diferentes causas como ataques del fuego y bioquímicos, así como también la calidad del hormigón (Castro, 2012).

4.2. Método de registro

Castro (2012) comenta el procedimiento para obtener el registro. Se elige la muestra o el elemento que se va a ensayar y se toman tres lecturas como mínimo, anotando el tiempo de propagación de la onda en el hormigón y la distancia entre transductores o terminales; estas distancias no deben exceder de 400 mm y se recomienda que sean lo más constantes posibles para asegurarse de que las lecturas obtenidas sean uniformes.

Una vez que la onda se transmite a través del hormigón, es captada por el transductor receptor (figura 4.1), el cual convierte la energía mecánica de la onda en pulso electrónico. Después de recibirlo, se obtendrá el tiempo de propagación de la onda en el hormigón que, junto con la distancia entre transductores, nos permitirá saber la velocidad de pulso. Esta velocidad se compara con diferentes criterios existentes y es así como se conocerá el estado del hormigón ensayado.

Por otra parte, según la web www.civilgeeks.com, la primera etapa de registro es la calibración. El equipo cuenta con una barra regulada para realizar dicho proceso. Esta tiene grabado en su costado el tiempo de propagación del pulso por dicha barra.

PROYECTO FINAL DE GRADO

“Para calibrarse se colocarán los transductores debidamente engrasados en los extremos de la barra calibradora y por medio del botón de ajuste, que se encuentra al frente del aparato, se iguala la lectura de la barra calibradora. Esta operación se efectuará al iniciar las mediciones y estando en operación durante periodos de una hora”.

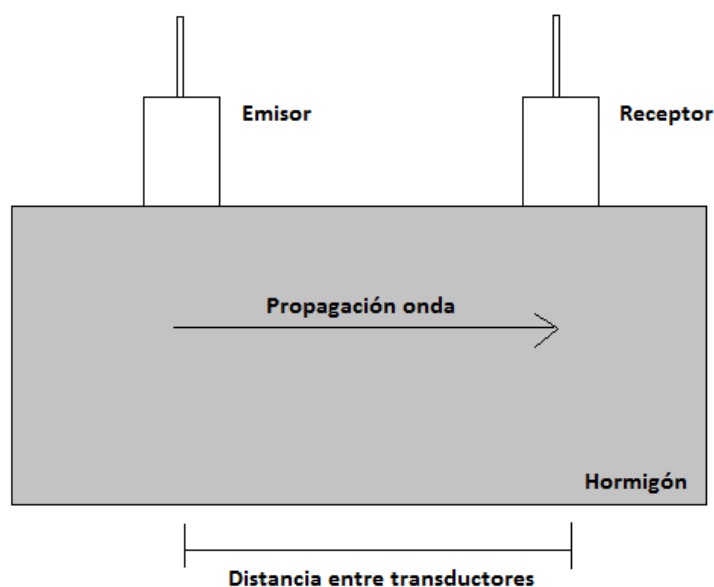


Figura 4.1 Trasmisión de onda

De acuerdo con la misma web, se debe comprobar que los transductores tengan un buen acoplamiento sobre la superficie del hormigón. Esto se consigue colocando entre la superficie de hormigón y los transductores vaselina (figura 4.2). En superficies muy rugosas se deberá llevar a cabo un tratamiento previo. Al situar los transductores sobre la superficie del hormigón se debe:

- Procurar no moverlos, ya que se puede producir ruido y consecuentemente lecturas erróneas.
- Mantener firmes los transductores hasta que la lectura sea clara.



Figura 4.2 Antena de medición untada con vaselina (www.civilgeeks.com)

PROYECTO FINAL DE GRADO

La misma fuente aconseja tomar una serie de medidas:

“Antes de aplicar la prueba, es necesario efectuar un reconocimiento visual de los puntos que se van a ensayar, con el fin de determinar la rugosidad de la superficie, la presencia de huecos y fisuras que afectarán nuestra prueba”. Así mismo, “es necesario quitar el acabado de la superficie (yeso, cemento, pintura, etc.) con el fin de evitar resultados erróneos por la posible separación entre el acabado y el elemento que se va ensayar. Cuando la superficie es rugosa, es necesario pulirla con una piedra de pulir, con el fin de evitar que los transductores obtengan una señal defectuosa”.

Además, de acuerdo con Castro (2012), mientras sea viable deberá utilizarse la transmisión directa (figura 4.3a), ya que proporciona la máxima sensibilidad y provee una longitud de trayectoria bien definida. Sin embargo, algunas veces tiene que examinarse el hormigón mediante el uso de trayectorias diagonales y, en estos casos, la transmisión semidirecta (figura 4.3c) puede usarse tomando en cuenta que la distancia que se va a medir será en diagonal, aplicando el teorema de Pitágoras.

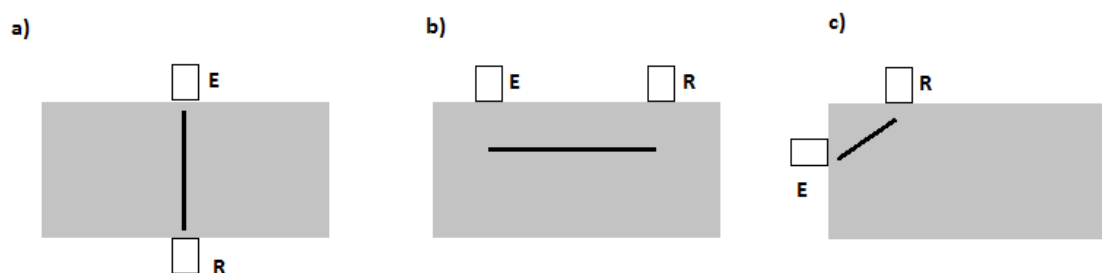


Figura 4.3 Tipos de transmisiones. a)Directa b)Indirecta c)Semidirecta

Según el mismo autor, la transmisión indirecta (figura 4.3b) es la menos satisfactoria, ya que además de su relativa insensibilidad, nos da medidas de la velocidad de pulso que usualmente tienen la influencia de la capa de hormigón cercana a la superficie, que no serán representativas del hormigón en estratos más profundos. Aún más, la longitud de la trayectoria está menos definida y no resulta satisfactorio el tomarla como la distancia de centro a centro de los transmisores; para corregir esto perfectamente, debe adoptarse el método mostrado en la figura siguiente, para determinar la velocidad de pulso.

En este método, descrito por la web www.civilgeeks.com, se sitúa el transmisor en un punto elegido de la superficie y el receptor sobre los puntos sucesivos a lo largo de una misma línea (figura 4.4), la distancia centro a centro se obtiene directamente para cada punto (x_1, x_2, x_3 , etc.), con su tiempo de propagación respectivo. El inverso de la inclinación de la línea recta dibujada entre dos puntos de la gráfica de distancia en contraposición con el tiempo (figura 4.5), nos da la velocidad promedio del pulso en la superficie.

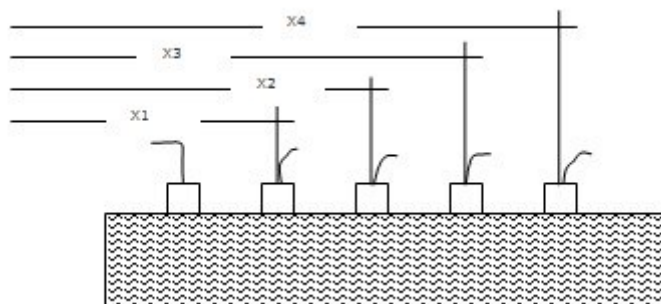


Figura 4.4 Toma de medidas en la medición indirecta (Castro, 2012).

$$\text{Pendiente} = \frac{(t_2 - t_1)}{(x_2 - x_1)}$$

Ecuación 4.1

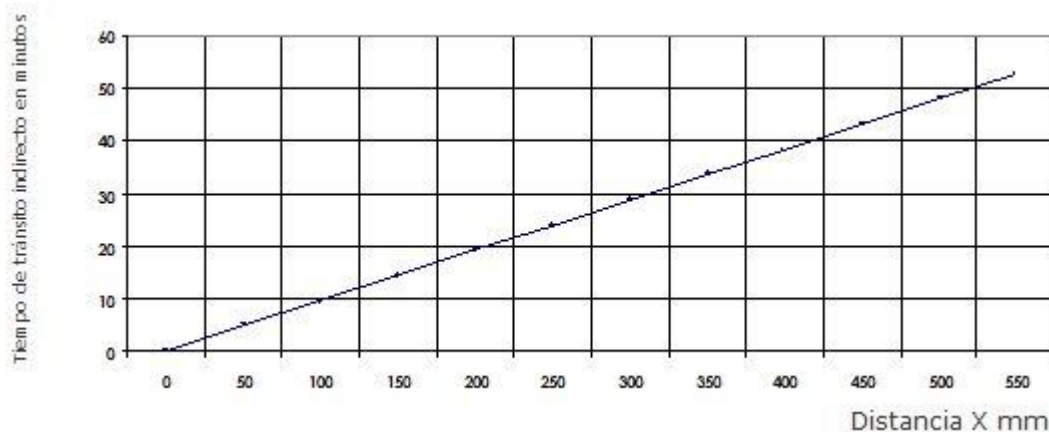


Figura 4.5 Método para determinar la distancia de tránsito con arreglo indirecto (www.civilgeeks.com)

“También se ha visto que la velocidad de pulso determinada por el método indirecto es menor que la que se obtiene con el método directo. Cuando sea posible efectuar mediciones por varios métodos, se establecerá una relación entre ellos y podrá determinarse el factor de corrección”.

En estas pruebas, según Castro (2012), hay condicionantes que pueden alterar las lecturas registradas, por lo tanto, debemos tener en cuenta los siguientes condicionantes:

a) *“La velocidad de pulso no se verá afectada al hacer mediciones en dos dimensiones diferentes del elemento, siempre y cuando no se varíe el ángulo recto entre ellos”* (p. 36).

b) La influencia del refuerzo generalmente es pequeña si las barras se encuentran perpendicularmente a la trayectoria del pulso (cabe recordar que la velocidad del pulso será mayor en las barras que en el hormigón):

PROYECTO FINAL DE GRADO

“la influencia es significativa si las barras están en la dirección del pulso. En general, hay que evitar aplicar el pulso ultrasónico cerca de las barras de acero, ya que entonces se deberán corregir los resultados con factores de ajuste. Si al aplicar el pulso, el tiempo de propagación se incrementa en gran medida, lo mejor es buscar otra parte del elemento y hacer ahí las mediciones, ya que los factores de corrección son sólo aproximaciones” (p. 36).

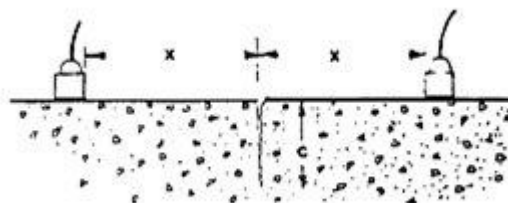
c) La humedad en el hormigón puede ser reducida; sin embargo puede ser significativa en el pulso ultrasónico. *“En general, la velocidad se incrementará a medida que aumenta el contenido de humedad”* (p. 36).

Al emplear el pulso ultrasónico, el aspecto más importante que se debe considerar, de acuerdo con Castro (2012), es el número de elementos ensayados, ya que cuanto mayor sea la muestra se tendrán más elementos de comparación para poder obtener un juicio acerca de la calidad del hormigón, la selección de los puntos debe hacerse en forma aleatoria.

Cuando hay una fisura en el hormigón, el pulso ultrasónico nos permitirá determinar su profundidad e inclinación, como se indica en la web www.civilgeeks.com:

“Para obtener la profundidad, las mediciones se harán colocando los transductores uno a cada lado de la fisura a una distancia “x”, procurando que sean en la parte más gruesa de la misma. A continuación se repetirá la lectura a doble distancia de la anterior” (figura 4.6a).

a)



b)

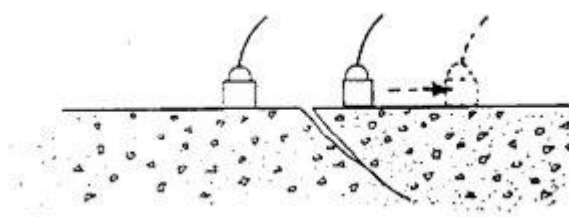


Figura 4.6

a) Medición profundidad de grietas; b) Medición de inclinación de grietas (www.civilgeeks.com).

PROYECTO FINAL DE GRADO

Para determinar la inclinación, se colocan los transductores a los lados de la fisura y después se mueve uno de ellos alejándolo de la fisura. Si al efectuar esta operación la lectura del tiempo de propagación disminuye, significa que la fisura presenta inclinación hacia ese lado (Figura 4.6b).

Para llevar el registro de datos se necesita un cuaderno de registro, una planta tipo o croquis de los puntos que se van a muestrear y datos del edificio. En la libreta se registra la distancia entre transductores, el tiempo de propagación y tipo de lectura para cada elemento ensayado, ubicación exacta del elemento ensayado, temperatura ambiente y humedad (www.civilgeeks.com).

4.3. Interpretación de datos

Los siguientes datos han sido extraídos de la web www.civilgeeks.com.

“El primer resultado que se debe obtener de los datos recopilados es la velocidad de pulso en el elemento que se ensaya, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión”.

$$\text{Velocidad de pulso } \left(\frac{\text{km}}{\text{s}}\right) = \frac{\text{Distancia entre transductores (cm)} \cdot 10}{\text{Tiempo (microsegundos)}}$$

Ecuación 4.2

La velocidad se determina fijando tres medidas por punto, realizadas a cada elemento y, posteriormente, se obtiene un promedio de ellas. Esta velocidad de pulso es la más conveniente, puesto que al realizar un promedio atenúa cualquier tipo de alteración o error en las lecturas. Consideraremos como lecturas erróneas todas aquellas que varíen notablemente con el promedio. Con este dato, podemos determinar la calidad del elemento probado, consultando algunos de los criterios de clasificación de calidad que se muestran en la tabla 4.1.

Velocidad de la onda longitudinal m/s	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

Tabla 4.1 Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman (ONNCCCE 2004).

En este capítulo se define la preparación de los ensayos, la identificación de las muestras, la fabricación de las probetas, la descripción de la toma de registros por sesión y las características de los equipos de medición.

5.1. Preparación de los ensayos

Para la consecución de los objetivos planteados en este proyecto se fabricaron 8 probetas paralelepípedicas de hormigón y se sometieron a dos tipos de curado (curado húmedo y curado seco) y una misma dosificación, $a/c= 0.45$, siendo las probetas de dimensiones 10 x 10 x 40 cm.

También se fabricaron 10 testigos de 4 x 8 x 9 cm (cinco de ellos se sometieron al curado en seco y cinco al húmedo). Estos testigos se fabricaron, con el objeto de poder llevar el control de la variación del contenido de humedad durante el proceso de secado. Y por último dos testigos de 10 x 10 x 40 cm para realizar el ensayo de resistencia a compresión (figura 5.1).

Las probetas se fabricaron en el laboratorio y después cuando comenzó el fraguado del hormigón se guardaron en cámara húmeda o en horno. Posteriormente, los días de ensayo se sacaron y se ensayaron con el georradar y ultrasonidos, se pesaron y se realizó el ensayo de resistencia a compresión. Éste último se realizó una única vez, ya que los testigos se destruyeron.

Las mediciones se realizaron en cinco sesiones: sesión 1, sesión 2, sesión 3, sesión 4 y sesión 5.

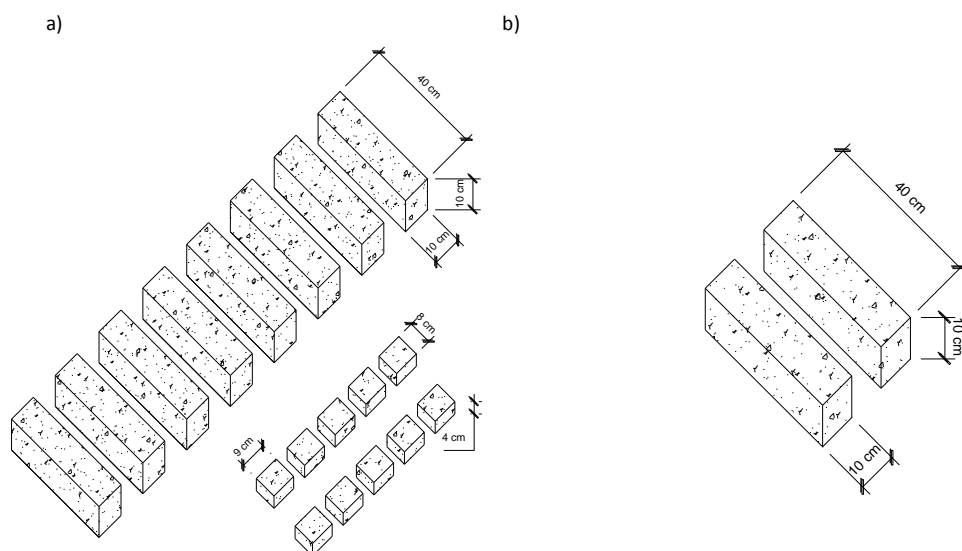


Figura 5.1 Probetas utilizadas en los ensayos.

a) Probetas para los ensayos no destructivos y testigos para control de humedad; b) Testigos para ensayos destructivos.

PROYECTO FINAL DE GRADO

5.2. Identificación de las muestras

La designación se grafió con un rotulador en la superficie de cada probeta, de forma que cada muestra respondía a una designación (figura 5.2).



Figura 5.2 Probeta rotulada con su designación, 6C2.

Se disponía de un total de 4 probetas de curado húmedo y 4 de curado seco, 5 testigos de curado húmedo y 5 de curado seco y un testigo de curado húmedo y otro de curado seco para el ensayo de resistencia a compresión. En la tabla 5.1 se define la designación de cada muestra.

PROBETA	NÚMERO	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES
Curado seco	1	1C1	10 x 10 x 40 cm
Curado seco	2	2C1	10 x 10 x 40 cm
Curado seco	3	3C1	10 x 10 x 40 cm
Curado seco	4	4C1	10 x 10 x 40 cm
Curado húmedo	5	5C2	10 x 10 x 40 cm
Curado húmedo	6	6C2	10 x 10 x 40 cm
Curado húmedo	7	7C2	10 x 10 x 40 cm
Curado húmedo	8	8C2	10 x 10 x 40 cm
TESTIGO	NÚMERO	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES
Curado seco	1	1C1	4 x 8 x 9 cm
Curado seco	2	2C1	4 x 8 x 9 cm
Curado seco	3	3C1	4 x 8 x 9 cm
Curado seco	4	4C1	4 x 8 x 9 cm
Curado seco	5	5C1	4 x 8 x 9 cm
Curado húmedo	1	1C2	4 x 8 x 9 cm
Curado húmedo	2	2C2	4 x 8 x 9 cm
Curado húmedo	3	3C2	4 x 8 x 9 cm
Curado húmedo	4	4C2	4 x 8 x 9 cm
Curado húmedo	5	5C2	4 x 8 x 9 cm
TESTIGO	NÚMERO	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES
Curado seco	1	C1-ROT	10 x 10 x 40 cm
Curado húmedo	1	C2-ROT	10 x 10 x 40 cm

Tabla 5.1 Identificación de las muestras a analizar

5.3 Fabricación de las probetas

El proceso de fabricación consistió en los siguientes pasos:

a) Preparación de la dosificación

Primero de todo se colocaron los moldes de las probetas y se les aplicó con un pincel el líquido desencofrante. A continuación se pesaron los componentes. Ésta dosificación fue elegida porque es una dosificación estándar (figura 5.3). La dosificación es la siguiente para una relación $a/c = 0.45$:

- Cemento= 375 kg/m^3
- Agua= 168.8 kg/m^3
- Áridos = 1856 kg/m^3
- Volumen de aire= 1%

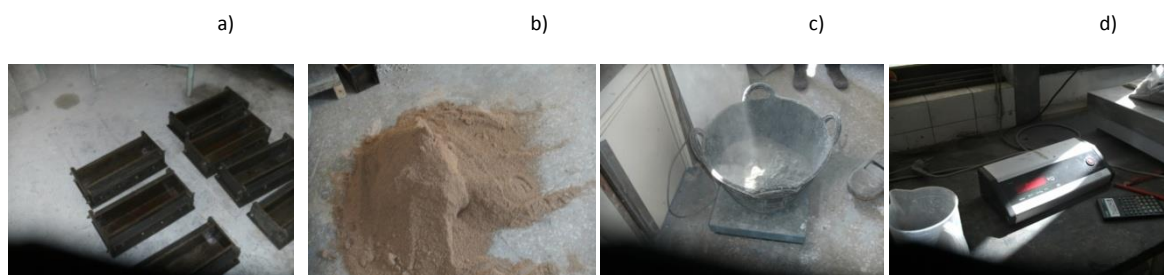


Figura 5.3 Fases que componen la realización de la dosificación.
a) Moldes; b) Árido fino; c) Báscula; d) Lector báscula.

b) Amasado

Se mezclaron todos los componentes en la amasadora: cemento, áridos, agua y aditivo (figura 5.4).

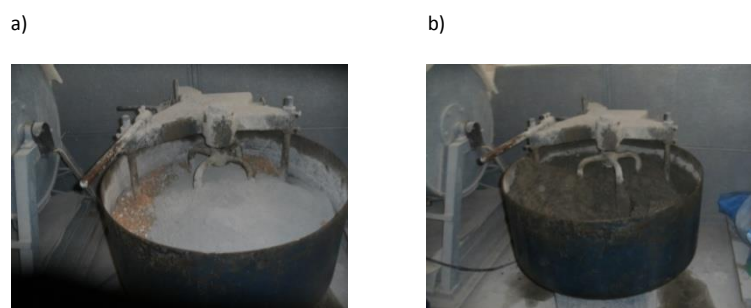


Figura 5.4 Imagen mezclador con componentes.
a)Componentes recién vertidos; b) Componentes ya mezclados.

c) Estudio de la consistencia: cono de Abrams

Se realizó el ensayo del cono de Abrams para ver la consistencia del hormigón según la norma UNE83.313/87. Para ello se fue vertiendo el hormigón en el cono mientras que se iban dando 25 golpes con una varilla de metal cada vez que se vertía. Se observa que el cono presentaba un asiento de 17 cm, lo cual indica que era de consistencia líquida. Se dio por

PROYECTO FINAL DE GRADO

bueno el hormigón, ya que probablemente el exceso de asentamiento fuese por un mal picado. En las figuras 5.5 y 5.6 se muestra la medición que se realizó.

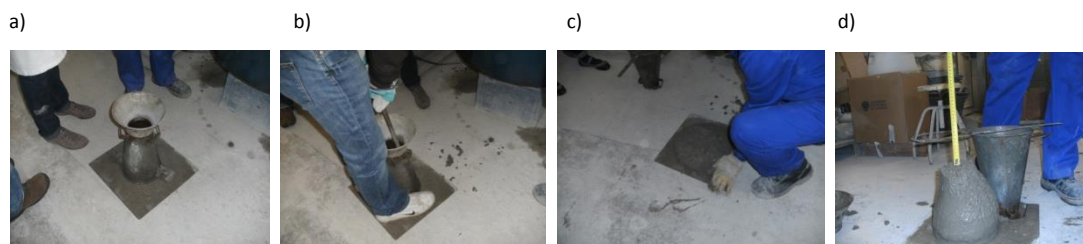


Figura 5.5 Cono de Abrams.

a) Recipiente; b) Picado; c) Asiento de 17 cm; d) Asiento de 8 cm.

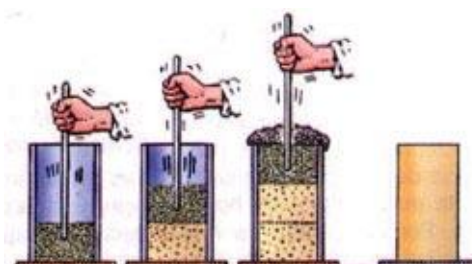


Figura 5.6 Metodología de compactación del cono de Abrams (<http://es.scribd.com/doc/45811150/informe-cata>).

d) Cálculo del aire ocluido

Se vibró el hormigón y se midió el porcentaje de aire que tenía según la norma UNE 83.315/96 (corresponde a la ISO 4848/1980). Se vertió en el medidor y se llenó de agua hasta que rebose. El agua que se añade no ocupa los huecos de la masa, por tanto no afecta al porcentaje de aire ocluido. Obtuvimos un 2% de aire ocluido (figura 5.7).

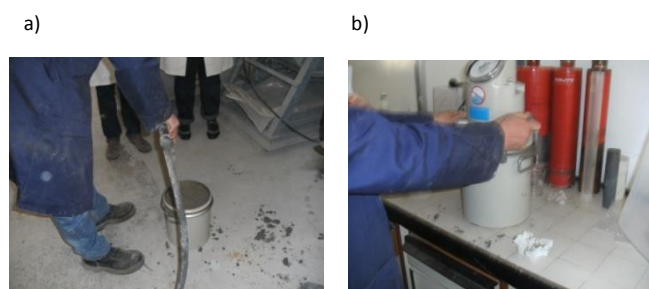


Figura 5.7 Compactación y medición de aire ocluido del hormigón.

a) Vibrado del hormigón; b) Medidor de aire ocluido.

e) Vertido del hormigón en moldes y compactación

Se vertió el hormigón en los moldes y se vibró. Posteriormente se alisó la superficie con una espátula. Se observa que hay diferentes moldes, los más pequeños son los testigos (figura 5.8).

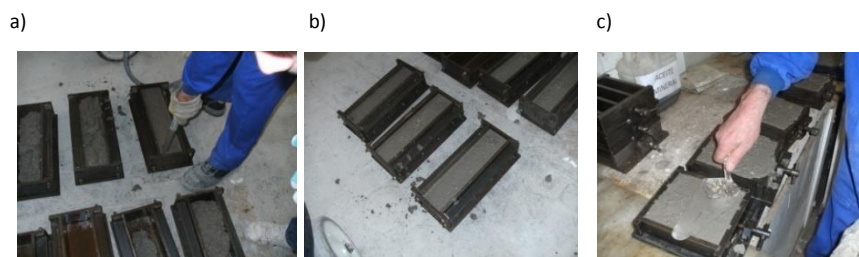


Figura 5.8 Vertido

a) Vibrado; b) Probetas ya vibradas; c) Alisado con espátula.

f) Terminación y limpieza

Se dieron unos golpes en los recipientes con el martillo para expulsar el aire ocluido, se cubrieron las probetas para evitar que se evaporara el agua y se limpio todo lo que se había ensuciado (figura 5.9).



Figura 5.9 Limpiado de mezclador.

g) Desencofrado:

Al día siguiente se desencofraron las probetas con ayuda del martillo y se cortaron los testigos más pequeños por la mitad, ya que había 5 y se necesitaban 10 (figura 5.10).



Figura 5.10 Desencofrado.

a) Desencofrado de probetas; b) Probetas desencofradas; c) Cortado de probetas con la radial.

h) Medición de la masa y guardado de probetas en las diferentes cámaras

Se lavaron las probetas, se secaron y se midió la masa. Se guardaron las probetas y testigos C1 en el horno y las probetas y testigos C2 en la cámara húmeda (figura 5.11).

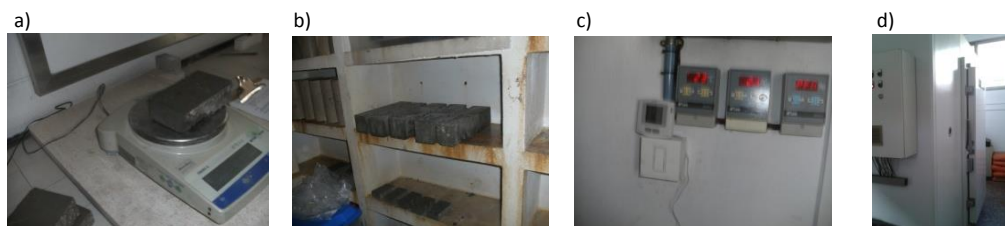


Figura 5.11 Pesado y guardado de las probetas

a) Báscula; b) Cámara húmeda; c) Controladores; d) Horno.

i) Limpieza y preparación de moldes

Se limpiaron los moldes, se les pusieron las tapas y se apretaron las tuercas. Por último se pintaron con líquido desencofrante para que estuvieran disponibles para su siguiente uso.

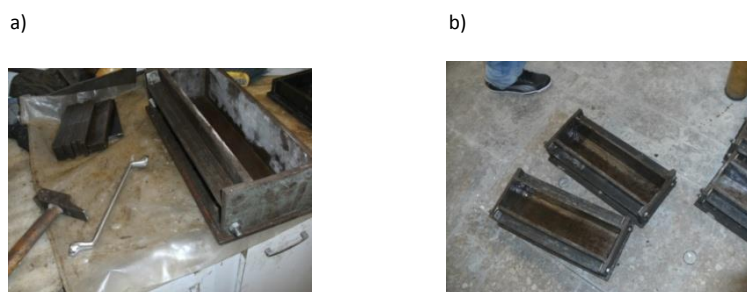


Figura 5.12 Preparación de moldes.

a) Limpieza y montaje de moldes; b) Pintado de moldes.

5.4. Descripción de la toma de registros por sesión

En cada una de las sesiones de medición se midieron:

- Las masas para el cálculo de la variación del contenido de humedad.
- Los registros con georradar.
- Los registros con ultrasonidos.

a) Toma de lecturas para el cálculo de contenidos de humedad

Para realizar el cálculo de contenido de humedad tras cada día de ensayos se secaron un par de testigos (uno de curado seco y otro de curado húmedo) en estufa a 100°C durante 48 horas y posteriormente se midió la masa. Al comparar la masa del testigo totalmente seco con su masa previa, se obtuvo la relación de contenido de humedad de éste en cada sesión de medida (figura 5.13 y 5.14).

En las tablas 5.2 y 5.3 se incluyen las masas de las probetas a cada día de ensayos, así como la masa de los testigos húmedos de un curado y otro y el peso de las muestras que se secan por completo en estufa tras cada día de ensayos.

PROYECTO FINAL DE GRADO

PROBETA	DÍA DE MEDICIÓN					
	S. Fabricación	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 5
1 c1	9662	9442	9352	9297	9282	9270
2 c1	9485	9272	9184	9132	9118	9106
3 c1	9602	9386	9295	9243	9230	9215
4 c1	9662	9451	9359	4306	9293	9227
5 c2	9625	9616	9642	9661	9656	9656
6 c2	9788	9777	9804	9815	9813	9817
7 c2	9596	9581	9603	9623	9622	9623
8 c2	9697	9679	9709	9724	9724	9724

Tabla 5.2 Resultado de la medición de las masas en gramos de las probetas en los diferentes días de ensayo.

TESTIGO	DÍA DE MEDICIÓN						
	S. Fab.	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 5	28-05
1 c1	1083,3	1044,2	Masa seca 1016,1 (48h) Estufa 100 °C				
2 c1	1061,3	1022,3	1009,9	Masa seca 996,8 (48h) Estufa 100°C			
3 c1	1059,9	1021,4	1008,6	1004,7	Masa seca 996 (48h) Estufa 100°C		
4 c1	1013,8	977,3	965,2	961,6	961,2	Masa seca 953,8	
5 c1	1064,7	1026,1	1013,6	1010,1	1009,6	1010	Masa seca 1006.8
1 c2	1005,8	1008	Masa seca 956.5 (48h) Estufa 100°C				
2 c2	1009	1009,6	1012,5	Masa seca 954,5 (48h) Estufa 100°C			
3 c2	1064,5	1067,1	1069,6	1071	Masa seca 1012,8 (48h) Estufa 100°C		
4 c2	1051,2	1053,9	1056,3	1057,8	1057,1	Masa seca 997,4	
5 c2	1029,4	1031,6	1034,2	1035,7	1035	1034	Masa seca 982
C1-ROT	9537	9339					
C2-ROT	9439	9447					

Tabla 5.3 Resultado de la medición de las masas en gramos de los testigos en los diferentes días de ensayo.



Figura 5.13 Estufa a 100° C.



Figura 5.14 Medición de la masa del testigo 2C2.

b) Ensayo de resistencia a compresión

Las probetas C1-ROT y C2-ROT se sometieron a un curado seco y húmedo respectivamente. Para realizar el ensayo de rotura a compresión a 28 días de curado (figura 5.15), previamente la probeta C1-ROT estuvo 24h en la cámara húmeda.

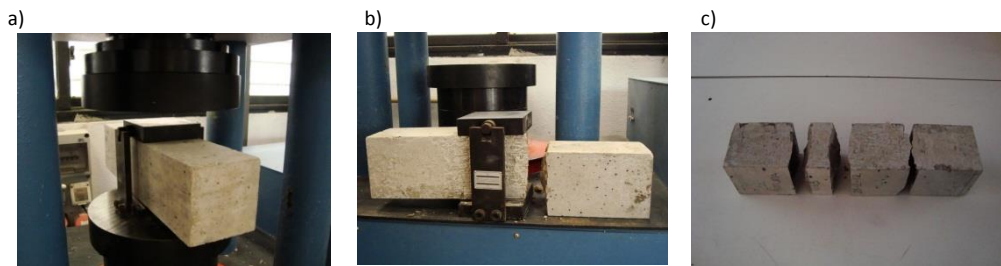


Figura 5.15 Proceso de rotura a compresión. a); b); c).

Tras realizar el ensayo propiamente dicho, se obtuvieron los valores que se reflejan en la siguiente tabla:

TESTIGO	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
C1-ROT	45,24	45,51	45,37
C2-ROT	55,00	51,78	-

Tabla 5.4 Resistencia a compresión a 28 días de curado en MPa.

c) Registros con georradar

Para realizar los ensayos con el georradar se situó la antena sobre tres puntos estáticos en la cara A y en la cara B (con y sin aluminio en la cara opuesta), y en las 2 testas (figura 5.16).

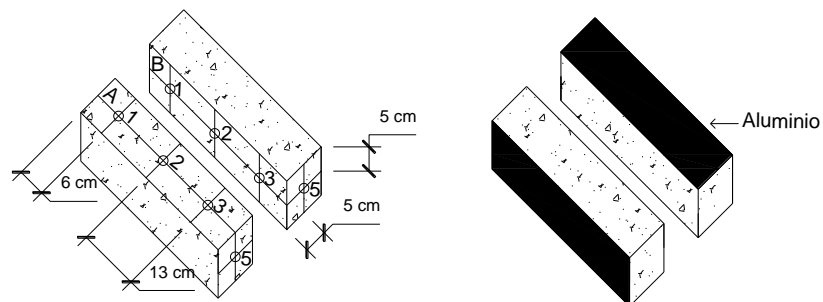


Figura 5.16 Puntos donde se sitúan la antena del georradar y los transductores.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Cuando se hicieron los ensayos con aluminio, éste se colocó en la cara opuesta a la que se iba a ensayar.

La colocación del aluminio proporciona unas lecturas en las cuales el radargrama presenta un cambio de polaridad cuando el pulso se refleja en la superficie metálica. Este cambio de polaridad es muy útil para identificar, por comparación con el mismo registro pero sin presencia de reflector metálico, algún punto de referencia característico cuando se analiza el radargrama obtenido.

Asimismo se muestra como las probetas están separadas de la mesa de trabajo mediante unos calzos de madera. La razón no es otra que evidenciar el paso del pulso electromagnético del medio “hormigón” al medio “aire”, sobre todo cuando no hay presencia de reflector metálico. Si no se hiciera así sería muy complicado identificar el punto de reflexión en la base de la probeta del pulso electromagnético (figura 5.17).



Figura 5.17 Probeta con papel metálico y con calzos de madera.

d) Registros con ultrasonidos

Para realizar los ensayos de ultrasonidos se situaron los transductores de manera opuesta en tres puntos estáticos en la cara longitudinal y en las testas (figura 5.18).

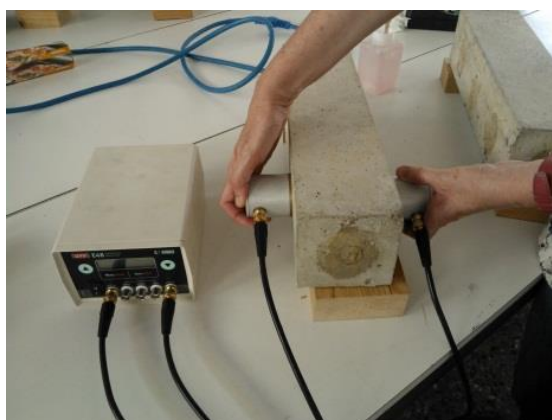


Figura 5.18 Transductores colocados en un punto estático de la cara a.

5.5. Características de los equipos de medición

5.5.1. Equipo georradar

El equipo georradar empleado en las mediciones es el SIR 3000 junto con una antena PALM de 2 GHz. Los datos del equipo han sido extraídos de la web www.geophysical.com.

El SIR-3000 se caracteriza por la exactitud de los datos obtenidos y su versatilidad, por lo que resulta altamente eficiente.

El SIR-3000 es un sistema pequeño y ligero diseñado para ser operado por un solo usuario. Este producto ofrece las características esenciales y la flexibilidad que requieren los usuarios experimentados, así como la suficiente simplicidad funcional para usuarios sin experiencia en la técnica de georradar.

El SIR-3000 incorpora un procesamiento avanzado de señales y la capacidad de visualización de imágenes en 3D. A diferencia de otros productos de adquisición de datos en el mercado, el SIR-3000 es intercambiable con todas las antenas GSSI, lo que lo convierte en un sistema muy versátil.

La antena Palm ofrece a los usuarios la capacidad de llegar a las zonas que antes eran inaccesibles, tales como esquinas, contra las paredes y alrededor de las obstrucciones, debido a sus pequeñas dimensiones (104.5 x 91.5 x 154.7 mm).

La antena de Palm es compatible con el 3000 SIR y SIR-20 unidades de control. La antena incluye una rueda de desplazamiento, una placa deslizante reemplazable, y mango desmontable para reducir la altura de la antena, si es necesario. La antena de Palm pesa aproximadamente medio kg (figura 5.19).

a)



b)



Figura 5.19 Equipo georradar.

a) Display del SIR 3000; b) Antena Palm 2000 MHz.

PROYECTO FINAL DE GRADO

En las tablas 5.5 y 5.6 se describen las principales características del equipo georradar empleado.

SISTEMA	
Antenas	Compatible con todas las antenas GSSSI
Número de canales	1
Almacenamiento de datos	Memoria interna
	Tarjeta de memoria flash de dos GB
	Puerto Compact Flash: de hasta 2 GB
Modos de visualización	Unescan, O-scope, 3D
ADQUISICIÓN DE DATOS	
Formato de datos	RADAN
Ejemplos de velocidad de lectura	220 lecturas/s a 256 muestras/lectura, 16 bit
	120 lecturas/s a 512 muestras
Intervalo de exploración	Seleccionable por el usuario
Número de muestras/lectura	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192
Modos de funcionamiento	Funcionamiento libre, medición rueda, modo de punto
Rango de tiempo	0-8000 nanosegundos escala completa, seleccionable por el usuario
	Ganancia: manual o automático, 1-5 puntos de ganancia (De -20 a + 80 dB)
Filtros	Vertical: Paso bajo y paso alto IIR y FIR
	Horizontal: apilado, eliminación de fondo
IDIOMAS	
Inglés, francés, italiano, alemán, español, japonés, chino	
FUNCIONAMIENTO	
Temperatura de funcionamiento	De -10°C a 40°C temperatura de ambiente
Requisitos energía del cargador	15 v DC, 4 amperios
Batería	10.8 v DC, interno
Velocidad de transmisión	Hasta 100 KHz
ENTRADA/ SALIDA	
Puertos disponibles	Antena de entrada
	Entrada de corriente continua
	Serie RS 232 (puerto GPS)
	Memoria compact flash
	USB master slave
MECÁNICO	
Dimensiones	31.5 x 22 x 10.5 cm
	12.4"x 8.7 x 4.1"
Peso	4.1 kg, incluyendo batería
Ambiental	Resistente al agua

Tabla 5.5- Características del SIR 3000 (www.geophysical.com).

ANTENAPALM 2000 MHZ	
Frecuencia central	2000 MHZ
Rango de profundidad	Hasta 0.4 m
Peso de la antena	0.49 kg
Peso del cable	0.95 kg
Dimensiones	104.5 x 91.5 x 154.7 mm

Tabla 5.6 Características de la antena Palm 2000 MHz (www.geophysical.com).

5.5.2. Toma de registros con georradar

Cada una de las sesiones de medición con georradar constó de 4 etapas.

Etapas 1. Preparativos:

La toma de datos se realizó con la asistencia de un técnico especializado en el manejo de sistemas de georradar. Se dispuso de los siguientes medios y materiales:

- Sistema de georradar SIR 3000
- Antena Palm de 2 GHz
- 4 probetas de relación a/c 0.45 sometidas al curado seco (1C1, 2C1, 3C1 y 4C1).
- 4 probetas de relación a/c 0.45 sometidas al curado húmedo (5C2, 6C2, 7C2 y 8C2).
- Separadores de madera o calzos de madera sobre los que situar las probetas
- Papel de aluminio
- Cinta adhesiva
- Modelos de hoja de control de registros
- Esquema de los casos a realizar
- Guantes de protección
- Material de escritura

Las probetas debían estar preparadas para su uso, rotuladas en su superficie con la designación correspondiente a cada probeta para facilitar su identificación y agrupadas por tipo de curado.

Etapas 2. Calibración

Previamente a la realización de la toma de datos se calibró el sistema de georradar para que los resultados obtenidos se ajustaran a las mediciones estáticas con las siguientes características:

- Mediciones estáticas a 400 scans mínimo.
- Rango de ganancia : 5dB
- Vert IIR LP N: 2700 MHz
- Vert IIR HP N: 500 MHz
- StaticsStacking N: 20
- Lecturas/segundo: 100
- Bits/muestra: 16
- Muestras/lectura: 512
- Rango: 7 ns
- Posición: 0 ns

Etapas 3. Realización de las mediciones

Las mediciones se realizaron en una tanda de 8 probetas en las que se fijó el caso y la presencia o no de reflector metálico.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Las tandas se organizaron según avanzaba el proceso de toma de datos, debido a la necesidad de realizar cambios de posición en las probetas y a la colocación y retirada del reflector metálico.

Las mediciones se registraron en la hoja de control, en la que se anotó el número de registro de la medición realizada, la probeta sobre la que se realizó la medición, el caso analizado y la presencia o no de reflector. Cada día se utilizó una nueva hoja de control, reiniciando la numeración de los registros. Como ejemplo en la tabla 5.7 se incluye la hoja de control de la medición con georradar de la primera sesión, en las mediciones sin reflector metálico.

PROBETA	CARA A			CARA B			TESTA	
	EST 1	EST 2	EST 3	EST 1	EST 2	EST 3	4	5
1 C1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 C1	10	11	12	13	14	15	16	17
3 C1	18	19	20	21	22	23	24	25
4 C1	26	27	28	29	30	31	32	33
5 C2	234	235	236	237	238	239	247	248
6 C2	240	241	242	243	244	245	249	250
7 C2	246	251	252	253	254	255	256	257
8 C2	258	259	260	261	262	263	264	265

Tabla 5.7 Ficha medición con georradar a 7 días de curado.

Para facilitar la correcta aplicación del caso a analizar, se tuvo en cuenta la dirección en la que el cable salía de la antena.

Para agilizar el proceso de medición fue necesario que se coordinara el personal participante:

- Paso 1: Operario 1: Rellenaba la hoja de control, identificaba el ensayo a realizar y se disponía para anotar el número de registro correspondiente.
- Paso 2: Operario 2: Según las instrucciones del operario 1 situaba la antena sobre la probeta en la posición correspondiente al ensayo a realizar. En la figura 5.20 se muestra la antena situada en el estático 3 de la cara a de la probeta 8C2.
- Paso 3: Operario 3: Registraba la medición en el sistema de georradar y la almacenaba. A continuación daba el visto bueno para que se realizara una nueva medición.
- Paso 4: Operario 1: Anotaba el número de registro correspondiente al ensayo realizado en la hoja de control.
- Paso 5: Operario 4: Preparaba la probeta utilizada para el siguiente ensayo.

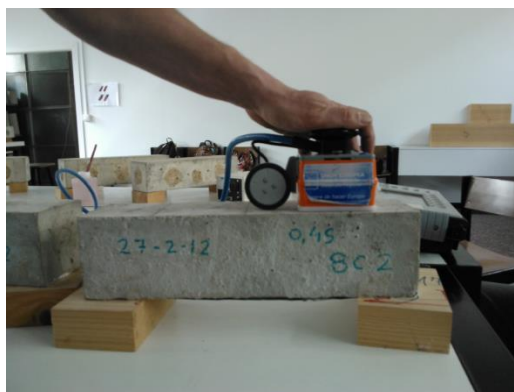


Figura 5.20 Imagen colocación antena georadar en un estático de la probeta 8C2.

Etapa 4. Finalización

Una vez realizadas las mediciones se procedió al recuento de las mediciones realizadas, se estimaron las mediciones pendientes y se preparó el laboratorio para la siguiente toma de datos.

Se extrajeron los datos de los registros y se dispusieron para su análisis mediante el programa informático RADAN.

5.5.3. Equipo de ultrasonidos

El equipo de ultrasonidos utilizado es de la marca Controls y modelo 58-E0048. (figura 5.21). Este equipo se utiliza para medir la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos a través del hormigón.

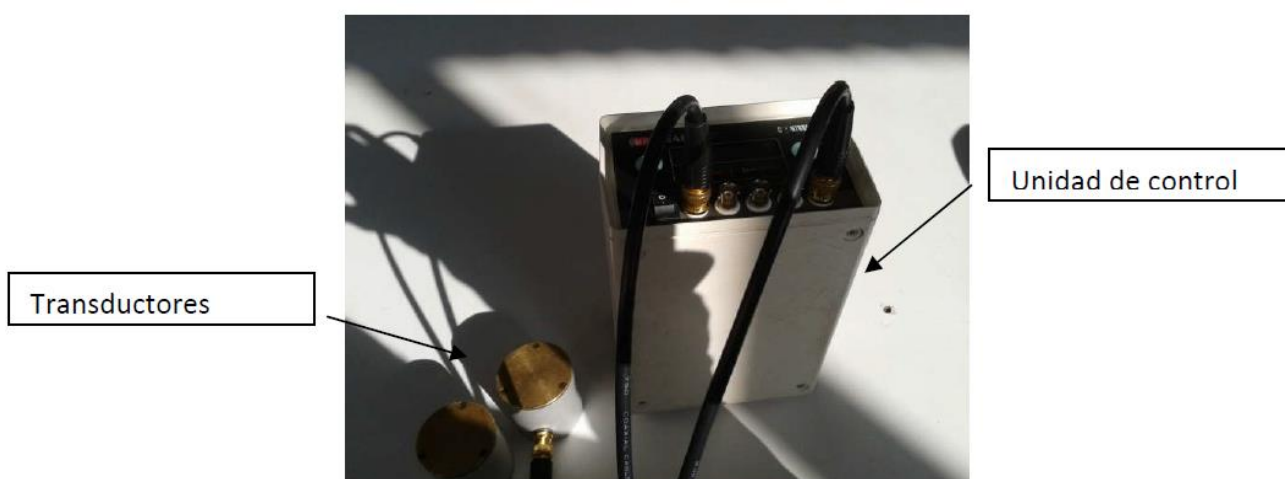


Figura 5.21 Imagen equipo de ultrasonidos.

PROYECTO FINAL DE GRADO

La tabla 5.8 muestra las características del equipo de ultrasonidos.

Microprocesador incorporado	
Escala de frecuencia	de 24 a 150 kHz
Impedancia de entrada del receptor	§1 MΩ
Salida	RS 232
	Posibilidad de conexión a un osciloscopio
Medición del tiempo de propagación	de 0,1 a 1.999,9 μs
Velocidad del impulso	Selección de 1 a 10 por segundo
Precisión	0,1 μs
Salida del transmisor	800 V
Funcionamiento	con baterías
Vida de la batería	18 horas de funcionamiento
Dimensiones	138 x 80 x 200 mm
Peso aproximado	1,1 kg; equipo completo 2,9 kg
El equipo se suministra con:	
Dos transductores de 54 kHz (transmisor y receptor) con cable de 3 metros	
Barra de calibración	
Agente de adherencia (botella de 250 cc)	
Maleta de transporte de nailon	

Tabla5.8 Características del equipo de ultrasonidos.

5.5.4. Toma de registros con ultrasonidos

Cada una de las sesiones de medición con ultrasonidos constó de 4 etapas.

Etapa 1. Preparativos

Se dispuso de los siguientes medios y materiales:

- 4 probetas de relación a/c 0.45 sometidas al curado seco (1C1, 2 C1, 3 C1 y 4 C1)
- 4 probetas de relación a/c 0.45 sometidas al curado húmedo (5 C2, 6 C2, 7 C2 y 8 C2).
- Separadores de madera o calzos de madera sobre los que situar las probetas
- Modelos de hoja de control de registros
- Esquema de los casos a realizar
- Guantes de protección
- Material de escritura

Las probetas debían estar preparadas para su uso, rotuladas en su superficie con la designación correspondiente a cada probeta para facilitar su identificación y agrupadas por tipo de curado.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Etapa 2. Calibración

Se calibró el aparato de ultrasonidos con una barra de tiempo de paso de la onda conocida. Este tiempo era 65 microsegundos. El proceso se realizó colocando los transductores en la barra de tiempo y observando el tiempo que ponía en el lector.

Etapa 3. Realización de las mediciones

Las mediciones se realizarán en una tanda de 8 probetas.

Las tandas se organizaron según avanzaba el proceso de toma de datos del georradar. Ya que hasta que no habíamos terminado por completo de ensayar una probeta con el georradar, no ensayábamos con el ultrasonidos.

Las mediciones se registraron en la hoja de control, en la que se anotaron los tiempos de propagación de los ultrasonidos a través de la probeta y las dimensiones de ésta. Cada día se utilizó una nueva hoja de control. En la tabla 5.9 se muestra la hoja de control de la medición con ultrasonidos de la primera sesión.

PROBETA	DIM LONG	LONGIT TIEMPO	DIM PUNTO 1	PUNTO 1 TIEMPO	DIM PUNTO 2	PUNTO 2 TIEMPO	DIM PUNTO 3	PUNTO 3 TIEMPO
1 c1	403	94,1	100	25,5	101	25,4	102	24,1
		92,8		25,2		25,7		24,3
		93		25,4		25,5		24,5
2 c1	400	93,2	100	24,7	100	26	99	24,6
		92,5		24,9		25,9		24,6
		92,2		24,9		24,6		24,5
3 c1	400	92,7	102	24,5	103	25,2	102	24,7
		92,3		24,2		24,9		25,1
		92,5		24,2		24,7		25,2
4 c1	400	93,3	102	24,8	102	24,3	103	24,5
		93,6		24,7		24,7		24,7
		93		25,7		24,9		25
5 c2	402	91,3	100	24	100	24	100	23,7
		90,6		24		23,7		23,6
		90,4		23,9		23,5		23,5
6 c2	402	91,6	100	24,4	100	24	100	23,4
		90,9		24,1		23,7		23,2
		90,2		23,8		23,5		23,3
7 c2	400	90,7	100	24	100	23,9	100	23,6
		91,2		23,6		23,7		23,7
		90,7		23,5		23,8		23,9
8 c2	400	91,3	100	23,7	100	23,7	100	23,7
		91		24		23,8		23,9
		91,2		23,9		24		23,6

Tabla 5.9 Ficha medición con ultrasonidos a 7 días de curado (la longitud se mide en mm y el tiempo en microsegundos).

PROYECTO FINAL DE GRADO

Para agilizar el proceso de medición fue necesario que se coordinara el personal participante:

- Paso 1: Operario 1: Rellenaba la hoja de control, identificaba el ensayo a realizar y se disponía a anotar los datos correspondientes.
- Paso 2: Operario 2: Según las instrucciones del operario 1 situaba los transductores sobre la probeta en la posición correspondiente al ensayo a realizar.
- Paso 3: Operario 3: Leía los datos que aparecían en el lector del aparato de ultrasonidos y se los decía al operario 1.
- Paso 4: Operario 1: Anotaba los datos que le había dicho el operario 3 en la hoja de control.
- Paso 5: Operario 4: Preparaba la probeta utilizada para el siguiente ensayo. En la figura 5.22 se muestran los transductores acoplados en el estático 1 de la cara a de una de las probetas.

Antes de empezar los ensayos, se tomó nota de las dimensiones de las probetas a analizar, ya que este dato resulta fundamental para el posterior análisis de los resultados de los ensayos.

Los transductores del aparato de ultrasonidos se colocan enfrentados en caras opuestas de la probeta. Previamente éstos han sido embadurnados con el gel conductor. Hay que mover los transductores ligeramente con un movimiento circular para que se acoplen bien a las caras de la probeta. Se debe de mantener esta posición un determinado intervalo de tiempo hasta que el otro operario le diga al que registra en la hoja de control los datos que aparecen en el lector, que son tres magnitudes de tiempo.



Figura 5.22 Colocación de los transductores del aparato de ultrasonidos sobre una de las probetas.

Etapa 4. Finalización

Una vez realizadas las mediciones se procedió al recuento de las mediciones realizadas, se estimaron las mediciones pendientes y se preparó el laboratorio para la siguiente toma de datos.

PROYECTO FINAL DE GRADO

6. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados correspondientes al cálculo de humedad, el cálculo de resistencia a compresión, el proceso de obtención de amplitudes y tiempos de ondas electromagnéticas por medio de georradar y el cálculo de velocidades de propagación de los ultrasonidos.

6.1 Cálculo del contenido de humedad

Para calcular el porcentaje de humedad de las muestras húmedas con respecto a las muestras secas, se aplica la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{MH - MS}{MS} \cdot 100$$

Ecuación 6.1

La masa de cada testigo seco, MS, se compara con la masa de ese mismo testigo que se obtuvo cuando todavía estaba húmedo, MH. Por ejemplo, el testigo 1C1 se secó en estufa a 100°C durante 48 horas y se midió su masa cuando se había hecho previamente dos veces, una en la fecha de fabricación y otra a 7 días de curado (sesión 1 de ensayos). De esta manera, para el testigo 1C1, se obtiene el contenido de humedad de dos fechas, 6.61% y 2.77%, respectivamente.

En la tabla 6.1 se muestra el resultado de contenidos de humedad de todos los testigos. Realizamos la media aritmética de contenidos de humedad de cada curado en cada sesión, para posteriormente, en el siguiente capítulo hacer un análisis visual, entre un curado y otro. Considerando que las probetas se han secado con el mismo ritmo que los testigos, las probetas C1 habrán presentado los mismos contenidos de humedad que los testigos C1, y lo mismo con las probetas C2 y los testigos C2.

TESTIGOS	FECHA					
	Fabricación	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5
1 c1	6,61%	2,77%				
2 c1	6,47%	2,56%	1,31%			
3 c1	6,42%	2,55%	1,27%	0,87%		
4 c1	6,29%	2,46%	1,20%	0,82%	0,78%	
5 c1	5,75%	1,92%	0,68%	0,33%	0,28%	0,32%
Media C1	6,31%	2,45%	1,12%	0,67%	0,53%	0,32%
1 c2	5,82%	6,05%				
2 c2	5,71%	5,77%	6,08%			
3 c2	5,10%	5,36%	5,61%	5,75%		
4 c2	5,39%	5,66%	5,91%	6,06%	5,99%	
5 c2	4,83%	5,05%	5,32%	5,47%	5,40%	5,30%
Media C2	5,37%	5,58%	5,73%	5,76%	5,70%	5,30%

Tabla 6.1 Cálculo de contenido de humedad en tanto por 100 de los testigos.

6.2 Cálculo de resistencia a compresión

Tras obtener los valores de resistencia a compresión de las probetas C1-ROT y C2-ROT durante el proceso experimental, se procede a calcular la media aritmética de los valores de cada probeta, tal como se muestra en la tabla 6.2.

PROBETA	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	MEDIA
C1-ROT	45,24	45,51	45,37	45,37
C2-ROT	55,00	51,78	-	53,39

Tabla 6.2 Media aritmética de resistencia a compresión a 28 días de curado en MPa.

Se observa que la probeta C2-ROT, sometida a un curado húmedo, presenta mayor resistencia a compresión a 28 días que la C1-ROT, sometida a un curado seco.

6.3 Obtención de amplitudes por medio de georradar

Una vez realizada la toma de datos, se utilizó un programa informático para la interpretación de los resultados, ya que el equipo de Georradar no dispone de procesado de datos. Éste programa se denomina RADAN (figura 6.1). Se dispuso de un único equipo en el que realizar las consultas, debido a que su alto coste de la licencia impedía que se obtuvieran más ordenadores destinados a este fin, estableciéndose un calendario para hacer las reservas para su uso.

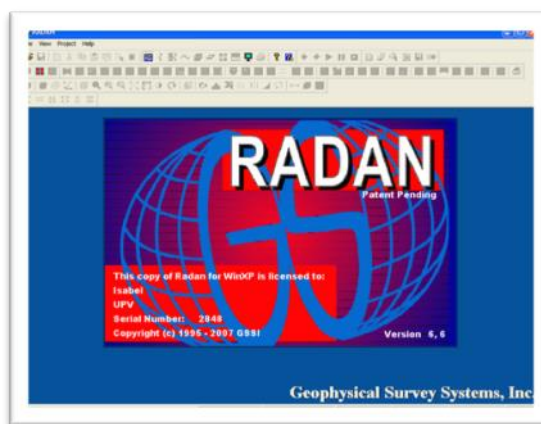


Figura 6.1 RADAN.

La toma de las lecturas se fijó en una tabla de Excel, anotándolas de forma ordenada y comprobando que no faltase ninguno de los datos.

El método de pasar los datos del programa a la tabla de Excel fue la siguiente:

- Se ejecuta el programa mediante una llave USB.
- Se le dice al ordenador donde se encuentran los datos de las lecturas y donde debe guardar las modificaciones que realicemos sobre estos.
- Se elige la muestra que se quiera visualizar.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Se visualiza la muestra en el modo O-Scope, teniendo en cuenta que el análisis se ve con una ganancia de 8 y se procede a la interpretación y análisis de los puntos fijando el puntero en los máximos y mínimos de la onda directa y reflejada. Se observa en la figura 6.2 como el puntero está situado en el segundo máximo positivo de la onda directa (3).

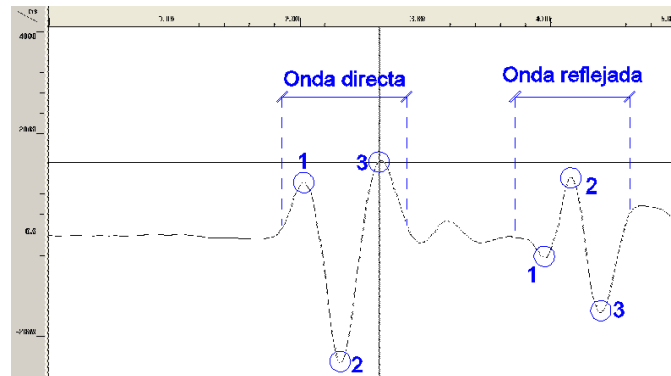


Figura 6.2 Visualización en modo O-Scope con una ganancia de 8 de la muestra correspondiente al estático 3 de la cara a con aluminio de la probeta 3C1 en la sesión 2.

En la onda reflejada se emplean los mismos criterios que en la onda directa, teniendo en cuenta que se produce una inversión de polaridad, debido a la colocación del metal (figura 6.3). Aunque en el proceso experimental se hayan realizado mediciones con y sin metal, en los resultados solo se analizan aquellas realizadas con metal, ya que de ésta forma se obtiene mayor información. Las mediciones realizadas en las testas no tienen onda reflejada, debido a que la longitud de la probeta, no permite detectar la onda reflejada.

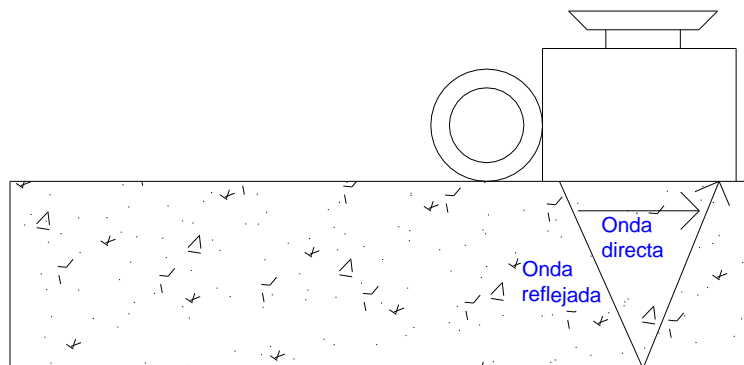


Figura 6.3 Esquema de la trayectoria de los rayos del georradar.

Se toma nota para cada registro de los siguientes parámetros y puntos:

a) Onda Directa:

- Parámetros de tiempo (t_1) y amplitud (A_1) del primer máximo positivo relativo.
- Parámetros de tiempo (t_2) y amplitud (A_2) del primer máximo negativo.
- Parámetros de tiempo (t_3) y amplitud (A_3) del último máximo positivo.

PROYECTO FINAL DE GRADO

b) Onda Reflejada:

- Parámetros de tiempo (t_1) y amplitud (A_1) del primer máximo negativo relativo.
- Parámetros de tiempo (t_2) y amplitud (A_2) del primer máximo positivo.
- Parámetros de tiempo (t_3) y amplitud (A_3) del último máximo negativo.

En cada uno de los puntos se fija un valor de tiempo de propagación y otro de amplitud quedando registrados en la tabla de Excel, procediendo de la misma forma en todos los registros a analizar. En la tabla 6.3 se incluyen las lecturas de las amplitudes y tiempos (n_s) del estático 3 de la cara a de la probeta 3 C1 a 28 días de curado.

ONDA DIRECTA						ONDA REFLEJADA					
t_1	A_1	t_2	A_2	t_3	A_3	t_1	A_1	t_2	A_2	t_3	A_3
2,01	8174	2,31	-20472	2,63	12361	3,92	-4252	4,12	9614	4,37	-13670

Tabla 6.3 Lecturas de las amplitudes y tiempos del estático 3 de la cara a de la probeta 3C1 a 28 días de curado.

Todos los datos obtenidos se introducen en la tabla de Excel (Anexo I). Una vez obtenidos todos los parámetros de amplitudes y tiempos de todos los registros, se procede a comparar en cada sesión y probeta cada máximo y mínimo de la onda directa y reflejada en todas las caras de la probeta. A continuación se muestra un ejemplo de la sesión 1. En la tabla 6.4 por ejemplo, en la columna de la cara a se realiza un promedio de las 3 posiciones de ésta cara de los tiempos t_1 , t_2 y t_3 . Lo mismo con las posiciones de la cara b y con la dos testas. En las dos últimas columnas se hace un promedio de las dos caras y testas, y se obtiene la desviación de éste promedio.

PROYECTO FINAL DE GRADO

		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
1C1	t1	1,96	1,95	1,96	1,96	0,00
	t2	2,26	2,27	2,27	2,27	0,00
	t3	2,60	2,59	2,58	2,59	0,01
2C1	t1	1,96	1,95	1,97	1,96	0,01
	t2	2,26	2,27	2,26	2,26	0,01
	t3	2,59	2,60	2,59	2,59	0,01
3C1	t1	1,96	1,96	1,95	1,95	0,01
	t2	2,26	2,27	2,25	2,26	0,01
	t3	2,59	2,59	2,58	2,59	0,01
4C1	t1	1,96	1,95	1,94	1,95	0,01
	t2	2,26	2,27	2,25	2,26	0,01
	t3	2,60	2,60	2,57	2,59	0,02
REFLEJADA		Promedio	Promedio		Promedio	Desv
1C1	t1	4,00	4,00	-	4,00	0,00
	t2	4,22	4,23	-	4,23	0,01
	t3	4,47	4,46	-	4,47	0,01
2C1	t1	3,99	3,99	-	3,99	0,00
	t2	4,21	4,21	-	4,21	0,00
	t3	4,46	4,48	-	4,47	0,01
3C1	t1	3,99	4,00	-	3,99	0,01
	t2	4,21	4,23	-	4,22	0,01
	t3	4,47	4,49	-	4,48	0,02
4C1	t1	3,98	4,02	-	4,00	0,03
	t2	4,20	4,24	-	4,22	0,03
	t3	4,46	4,49	-	4,48	0,02

Tabla 6.4 Valor promedio del parámetro t1, t2 y t3 (ns) de las caras de las probetas C1 en la sesión de medición 1.

Se observa que no hay diferencia, o ésta es escasa entre la cara A, B y testa de las probetas del curado seco (C1), para los tiempos t1, t2 y t3, tanto de la onda directa como de la reflejada. Por tanto, se procede a realizar un promedio de probetas, representativo de todas, quedando de la siguiente manera:

DIRECTA	1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
t1	1,96	1,96	1,95	1,95	1,96	0,00
t2	2,27	2,26	2,26	2,26	2,26	0,00
t3	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	0,00
REFLEJADA	1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
t1	4,00	3,99	3,99	4,00	3,99	0,01
t2	4,23	4,21	4,22	4,22	4,22	0,01
t3	4,47	4,47	4,48	4,48	4,47	0,01

Tabla 6.5 Valor promedio del parámetro t1, t2 y t3 (ns) de las 4 probetas C1 en la sesión de medición 1.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Dado que la desviación es nula o escasa, se da por válido el procedimiento. Y se realiza lo mismo con el curado húmedo (tablas 6.6 y 6.7).

		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
5C2	t1	1,96	1,97	1,98	1,97	0,01
	t2	2,31	2,31	2,31	2,31	0,00
	t3	2,67	2,66	2,67	2,66	0,00
6C2	t1	1,99	1,97	1,96	1,97	0,02
	t2	2,32	2,30	2,29	2,30	0,02
	t3	2,66	2,66	2,66	2,66	0,00
7C2	t1	1,98	1,97	1,98	1,98	0,00
	t2	2,31	2,30	2,31	2,31	0,00
	t3	2,66	2,67	2,66	2,66	0,01
8C2	t1	1,98	1,97	1,98	1,97	0,01
	t2	2,32	2,30	2,31	2,31	0,01
	t3	2,68	2,66	2,66	2,67	0,01
REFLEJADA		Promedio	Promedio		Promedio	Desv
5C2	t1	4,15	4,17	-	4,16	0,01
	t2	4,39	4,40	-	4,40	0,01
	t3	4,65	4,67	-	4,66	0,01
6C2	t1	4,14	4,16	-	4,15	0,01
	t2	4,39	4,43	-	4,41	0,03
	t3	4,64	4,69	-	4,67	0,04
7C2	t1	4,09	4,11	-	4,10	0,01
	t2	4,34	4,36	-	4,35	0,01
	t3	4,60	4,63	-	4,61	0,02
8C2	t1	4,13	4,13	-	4,13	0,00
	t2	4,36	4,39	-	4,38	0,02
	t3	4,63	4,66	-	4,65	0,02

Tabla 6.6 Valor promedio del parámetro t1, t2 y t3 (ns) de las caras de las probetas C2 en la sesión de medición 1.

DIRECTA	5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
t1	1,97	1,97	1,98	1,97	1,97	0,01
t2	2,31	2,30	2,31	2,31	2,31	0,01
t3	2,66	2,66	2,66	2,67	2,66	0,00
REFLEJADA	5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
t1	4,16	4,15	4,10	4,13	4,14	0,03
t2	4,40	4,41	4,35	4,38	4,39	0,03
t3	4,66	4,67	4,61	4,65	4,65	0,03

Tabla 6.7 Valor promedio del parámetro t1, t2 y t3 (ns) de las 4 probetas C2 en la sesión de medición 1.

PROYECTO FINAL DE GRADO

El mismo proceso se realiza con el valor de las amplitudes. Los resultados se muestran en las tablas 6.8 y 6.9 para las probetas del curado 1 y las 6.10 y 6.11 para las probetas del curado 2.

		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
1C1	A1	7022,33	6474,33	7063,00	6853,22	328,76
	A2	-16592,67	-16330,00	-16875,00	-16599,22	272,56
	A3	9632,67	9003,33	9025,00	9220,33	357,26
2C1	A1	6997,00	4379,50	7128,50	6168,33	1550,57
	A2	-16504,00	-15370,67	-16417,00	-16097,22	630,72
	A3	9221,00	8828,67	9221,50	9090,39	226,66
3C1	A1	7084,33	6779,67	7047,50	6970,50	166,29
	A2	-16330,00	-15937,67	-16221,00	-16162,89	202,52
	A3	9570,00	8916,00	9286,50	9257,50	327,96
4C1	A1	6910,33	6561,33	7193,50	6888,39	316,65
	A2	-16242,67	-15458,00	-16352,00	-16017,56	487,66
	A3	8872,33	8741,67	8829,00	8814,33	66,56
REFLEJADA		Promedio	Promedio		Promedio	Desv
1C1	A1	-2717,67	-2551,00	-	-2634,33	117,85
	A2	6414,00	3681,40	-	5047,70	1932,24
	A3	-8416,00	-8350,67	-	-8383,33	46,20
2C1	A1	-2725,67	-1577,63	-	-2151,65	811,78
	A2	6081,67	4773,67	-	5427,67	924,90
	A3	-8263,33	-7567,00	-	-7915,17	492,38
3C1	A1	-2856,33	-2595,00	-	-2725,67	184,79
	A2	6168,67	5645,33	-	5907,00	370,05
	A3	-8350,67	-7914,67	-	-8132,67	308,30
4C1	A1	-2856,67	-2028,00	-	-2442,33	585,96
	A2	5820,00	4947,67	-	5383,83	616,83
	A3	-7653,00	-6955,00	-	-7304,00	493,56

Tabla 6.8 Valor promedio del parámetro A1, A2 y A3 de las caras de las probetas C1 en la sesión de medición 1.

DIRECTA	1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
A1	6853,22	6168,33	6970,50	6888,39	6720,11	371,12
A2	-16599,22	-16097,22	-16162,89	-16017,56	-16219,22	260,21
A3	9220,33	9090,39	9257,50	8814,33	9095,64	200,76
REFLEJADA	1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
A1	-2634,33	-2151,65	-2725,67	-2442,33	-2488,50	253,72
A2	5047,70	5427,67	5907,00	5383,83	5441,55	353,69
A3	-8383,33	-7914,17	-8132,67	-7304,00	-7933,54	461,40

Tabla 6.9 Valor promedio del parámetro A1, A2 y A3 de las 4 probetas C1 en la sesión de medición 1.

PROYECTO FINAL DE GRADO

		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
5C2	A1	4904,33	4948,00	5100,50	4984,28	102,99
	A2	-13495,67	-13103,33	-13932,00	-13510,33	414,53
	A3	8262,00	7450,00	8567,00	8093,00	577,36
6C2	A1	4991,33	4947,67	5166,00	5035,00	115,53
	A2	-14193,67	-13888,33	-13408,50	-13830,17	395,80
	A3	7956,33	8087,33	7782,00	7941,89	153,18
7C2	A1	4861,00	4904,00	5035,00	4933,33	90,63
	A2	-13496,00	-12972,67	-13932,00	-13466,89	480,33
	A3	7738,67	7520,67	8763,50	8007,61	663,63
8C2	A1	4860,67	4904,00	5362,00	5042,22	277,78
	A2	-13670,33	-13059,67	-13997,50	-13575,83	476,00
	A3	8043,67	7913,00	8044,00	8000,22	75,54
REFLEJADA		Promedio	Promedio		Promedio	Desv
5C2	A1	-1559,67	-1286,67	-	-1423,17	193,04
	A2	3113,00	3160,33	-	3136,67	33,47
	A3	-4625,33	-4513,67	-	-4569,50	78,96
6C2	A1	-1897,00	-1417,67	-	-1657,33	338,94
	A2	3160,33	3160,33	-	3160,33	0,00
	A3	-4906,00	-4295,67	-	-4600,83	431,57
7C2	A1	-1984,33	-1374,00	-	-1679,17	431,57
	A2	3770,67	2942,33	-	3356,50	585,72
	A3	-5255,00	-4469,67	-	-4862,33	555,31
8C2	A1	-1984,33	-1461,33	-	-1722,83	369,82
	A2	3465,00	3378,33	-	3421,67	61,28
	A3	-5385,67	-4906,00	-	-5145,83	339,18

Tabla 6.10 Valor promedio del parámetro A1, A2 y A3 de las caras de las probetas C2 en la sesión de medición 1.

DIRECTA	5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
A1	4427,85	5035,00	4933,33	5042,22	4859,60	292,10
A2	-11962,33	-13830,17	-13466,89	-13575,83	-13208,81	844,81
A3	7161,70	7941,89	8007,61	8000,22	7777,86	411,82
REFLEJADA	5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
A1	-1423,17	-1657,33	-1679,17	-1722,83	-1620,63	134,42
A2	3136,67	3160,33	3356,50	3421,67	3268,79	141,76
A3	-4569,50	-4600,83	-4862,33	-5145,83	-4794,62	268,43

Tabla 6.11 Valor promedio del parámetro A1, A2 y A3 de las 4 probetas C2 en la sesión de medición 1.

Se observa que para la amplitud la desviación es mayor que la que se obtuvo para el tiempo, pero esto es lógico ya que los parámetros de amplitud son mucho más altos. Como ejemplo se muestra en la tabla anterior, que para un promedio de amplitud de 4859.6, se obtiene una desviación de 292.10, que en tanto por 100, se quedaría en un 6%. Luego

PROYECTO FINAL DE GRADO

realmente, la desviación no es tan alta. Todas las tablas de promedios de tiempo y amplitud registrados para las probetas y para cada sesión, se incluyen en el Anexo I. A continuación se muestra el resultado final de los promedios y desviaciones de tiempo y amplitud de las probetas de cada curado en el resto de sesiones.

C1-SESIÓN 2	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
t1	1,98	0,01	t1	1,97	0,01
t2	2,27	0,01	t2	2,30	0,01
t3	2,58	0,01	t3	2,65	0,01
REFLEJADA			REFLEJADA		
t1	3,93	0,01	t1	4,10	0,01
t2	4,14	0,01	t2	4,34	0,01
t3	4,39	0,01	t3	4,60	0,02
C1-SESIÓN 3	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 3	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
t1	1,97	0,00	t1	1,96	0,01
t2	2,27	0,01	t2	2,28	0,01
t3	2,60	0,09	t3	2,64	0,00
REFLEJADA			REFLEJADA		
t1	3,80	0,06	t1	4,09	0,02
t2	4,03	0,01	t2	4,33	0,02
t3	4,27	0,01	t3	4,58	0,01
C1-SESIÓN 4	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 4	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
t1	1,95	0,00	t1	1,95	0,00
t2	2,28	0,00	t2	2,28	0,00
t3	2,63	0,00	t3	2,63	0,00
REFLEJADA			REFLEJADA		
t1	4,10	0,01	t1	4,10	0,01
t2	4,33	0,00	t2	4,33	0,00
t3	4,59	0,00	t3	4,59	0,00
C1-SESIÓN 5	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 5	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
t1	1,99	0,00	t1	1,96	0,01
t2	2,28	0,00	t2	2,29	0,00
t3	2,59	0,00	t3	2,65	0,00
REFLEJADA			REFLEJADA		
t1	3,80	0,00	t1	0,01	0,01
t2	4,00	0,00	t2	0,01	0,01
t3	4,23	0,01	t3	0,01	0,01

Tabla 6.12 Valor promedio y desviación del parámetro t1, t2 y t3 (ns) de las cuatro probetas C1 y C2 en cada sesión de medición.

PROYECTO FINAL DE GRADO

C1-SESIÓN 2	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
A1	7976,67	76,68	A1	5065,93	16,10
A2	-19405,93	135,67	A2	-14367,79	103,32
A3	11559,35	237,82	A3	8543,53	103,34
REFLEJADA			REFLEJADA		
A1	-3750,37	209,85	A1	-1853,50	106,74
A2	9428,29	323,10	A2	3645,50	383,13
A3	-13692,00	641,58	A3	-5937,33	209,24
C1-SESIÓN 3	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 3	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
A1	8656,93	129,99	A1	5167,82	60,35
A2	-21480,70	49,82	A2	-14438,61	179,58
A3	13248,96	376,08	A3	8515,34	77,25
REFLEJADA			REFLEJADA		
A1	-4110,04	239,04	A1	-2108,13	97,86
A2	13303,54	599,03	A2	4680,71	285,82
A3	-20129,71	911,82	A3	-6748,46	292,36
C1-SESIÓN 4	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 4	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
A1	8656,93	129,99	A1	5309,50	25,99
A2	-21480,70	49,82	A2	-14286,03	200,14
A3	13248,96	376,08	A3	8547,09	75,08
REFLEJADA			REFLEJADA		
A1	-4110,04	239,04	A1	-1957,09	48,29
A2	13303,54	599,03	A2	4762,75	255,77
A3	-20129,71	911,82	A3	-6842,84	226,32
C1-SESIÓN 5	PROMEDIO	Desv	C2-SESIÓN 5	PROMEDIO	Desv
DIRECTA			DIRECTA		
A1	8975,43	67,59	A1	5283,44	32,12
A2	-22478,14	178,80	A2	-14694,82	136,53
A3	14356,22	524,72	A3	8836,06	65,63
REFLEJADA			REFLEJADA		
A1	-4521,42	325,10	A1	-2180,96	56,10
A2	16974,58	357,87	A2	5045,96	165,48
A3	-25633,88	701,59	A3	-7293,25	247,63

Tabla 6.13 Valor promedio y desviación del parámetro A1, A2 y A3 de las cuatro probetas C1 y C2 en cada sesión de medición.

PROYECTO FINAL DE GRADO

6.4 Cálculo de velocidades de propagación de ultrasonidos

Como hemos mencionado anteriormente con el aparato de ultrasonidos se miden 3 tiempos de propagación de los ultrasonidos en 4 posiciones para cada probeta de hormigón. Se obtiene la media de los tres, ya que no son los mismos valores, pero la desviación es baja y junto con las medidas de la probeta, se halla la velocidad de propagación de los ultrasonidos. Este ensayo se repite en 3 puntos de una de las caras longitudinales y en las testas. Para realizar la media de los 3 puntos de la cara longitudinal primero se calcula la desviación estándar, tal como se muestra en la tabla 6.14.

SESIÓN	PROBETAS							
	1 c1	2 c1	3 c1	4 c1	5 c2	6 c2	7 c2	8 c2
1	0,14	0,06	0,06	0,05	0,04	0,07	0,01	0,01
2	0,08	0,02	0,10	0,04	0,04	0,09	0,03	0,07
3	0,08	0,04	0,17	0,03	0,02	0,07	0,06	0,06
4	0,03	0,06	0,12	0,04	0,04	0,02	0,06	0,07
5	0,04	0,11	0,03	0,08	0,11	0,20	0,29	0,19

Tabla 6.14 Valor desviación estándar de las velocidades de propagación de los ultrasonidos (mm/microsegundo) en las 3 posiciones de la cara longitudinal de las probetas.

Como se observa que la desviación estándar es baja, procedemos a realizar la media de las velocidades, con el fin de agrupar los 3 puntos de la cara longitudinal para obtener una única velocidad transversal. En la tabla 6.15 se muestra el resultado de las velocidades de propagación longitudinales y transversales de cada curado, en cada sesión.

SESIÓN 1: A 7 DÍAS		
	Long	Trans
C1	4310	4070
C2	4410	4210
SESIÓN 2: A 28 DÍAS		
	Long	Trans
C1	4220	4030
C2	4430	4140
SESIÓN 3: A 56 DÍAS		
	Long	Trans
C1	4180	3910
C2	4360	4100
SESIÓN 4: A 70 DÍAS		
	Longit	Trans.
C1	4220	3980
C2	4450	4090
SESIÓN 5: A 90 DÍAS		
	Long.	Trans.
C1	4010	3870
C2	4370	3870

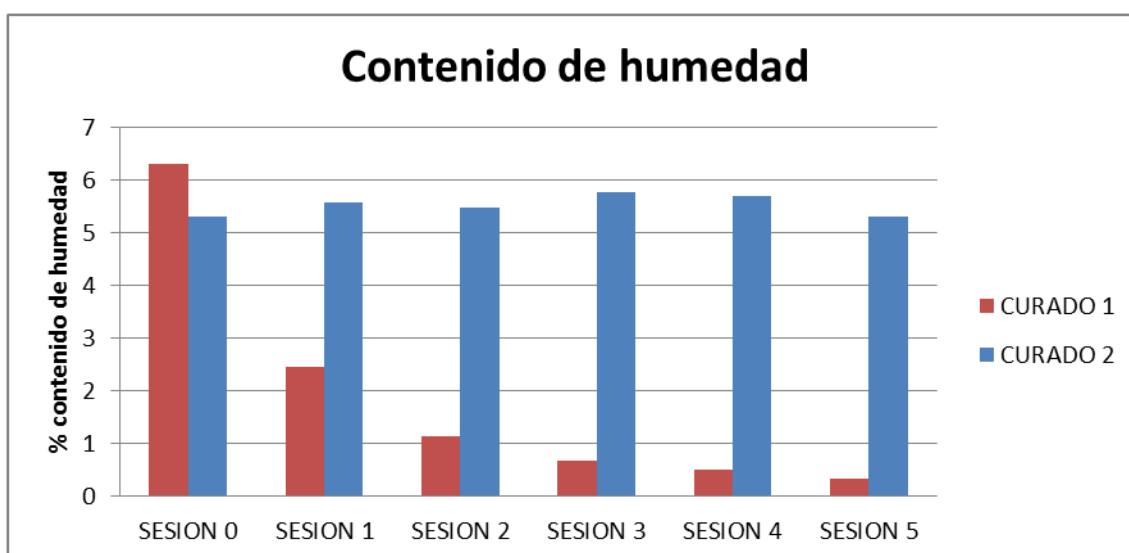
Tabla 6.15 Valores medios transversales y longitudinales de la velocidad de propagación de los ultrasonidos (m/s) en cada tipo de curado y día.

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo, en primer lugar se estudiará la evolución de contenido de humedad sufrida por las muestras en cada uno de los distintos curados. A continuación, se hará un análisis de los resultados tanto para georradar como para ultrasonidos. Este análisis va a consistir en estudiar si la variación en el contenido de humedad a lo largo del proceso de curado produce modificación en los parámetros registrados con georradar y ultrasonidos.

7.1 Contenido de Humedad

Resultado de los datos registrados en las diferentes pesadas realizadas en cada una de las sesiones de control, se obtiene la grafica 7.1, en la que se muestra la evolución del contenido de humedad de las muestras.



Grafica 7.1 Contenido de humedad.

De esta gráfica se vierten datos importantes para el análisis posterior. Se observa que el curado 2 correspondiente al curado en cámara humedad, tal y como se esperaba, muestra una variación muy pequeña a lo largo del estudio, permaneciendo prácticamente constante en valores cercanos al 5,5 %.

Debido a ello, un estudio de la evolución dentro del curado 2 sería poco significativo. En cambio el curado 1 se muestra una transición notable. Comenzando por la sesión 0 que se trata de la sesión de fabricación de la totalidad de las muestras, se observa que el contenido de humedad se reduce a medida que transcurren las sesiones de control. Se opta por crear dos análisis: Análisis del curado 1 y análisis de comparación de curados.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Para la comparación de los curados se desarrolla la tabla 7.1 para observar la diferencia de contenido de humedad existente en cada sesión entre los dos curados.

	SESIÓN 0	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5
MEDIA C1	6,308	2,44	1,12	0,67	0,5	0,32
MEDIA C2	5,306	5,578	5,48	5,76	5,7	5,3
DIFERENCIA	1,002	-3,138	-4,36	-5,09	-5,2	-4,98

Tabla 7.1 Variación de % de contenido de humedad

La tabla 7.1 nos muestra que en la sesión 0 son prácticamente iguales con diferencia de un punto, mientras que conforme se avanza en el estudio las diferencias son cada vez mayores en la sesión 1 y sesión 2, quedando prácticamente iguales en las sesiones 3, 4 y 5, registrando valores cercanos al 5 %.

Del estudio de contenido de humedad se recogen los datos para interpretar cualquier alteración que se produzcan en las medidas de los diferentes equipos utilizados.

7.2 Georradar

a) Análisis del curado 1

En el gráfico 7.2 se muestran los datos obtenidos en las diferentes sesiones en el curado 1. Podemos observar como en la onda directa (representada en los tres primeros puntos) los tiempos son más o menos iguales pero se modifican las amplitudes conforme avanzamos en las sesiones.

En las ondas reflejadas (representada en los tres últimos puntos) vemos la mayor dispersión en los puntos, registrando valores de amplitud cada vez mayores en tiempos cada vez menores. En un primer análisis se podría afirmar que conforme se reduce el porcentaje de contenido de humedad de las muestras, hay una mayor velocidad de propagación de onda y las amplitudes de la onda reflejada son mayores.

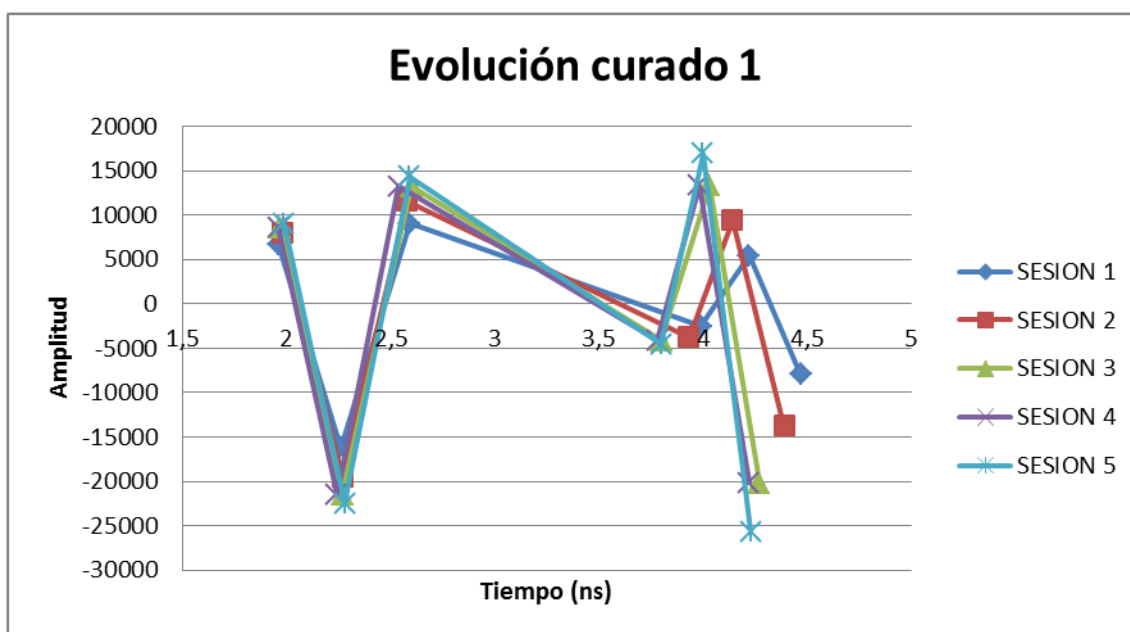


Gráfico 7.2 Datos del curado 1

Según los datos de contenido de humedad, en las sesiones 3, 4 y 5 los datos registrados son considerablemente iguales. Por ello las líneas de estas sesiones se encuentran prácticamente sobrepuestas. En estas tres sesiones los tiempos registrados son similares, pero en cambio sí que hay ciertas variaciones en las amplitudes como resultados de las pequeñas variaciones en el porcentaje de contenido de humedad.

En las sesiones 1 y 2 son donde radica la mayor diferencia de porcentaje de contenido de humedad y es a su vez donde encontramos los mayores cambios en los tiempos y amplitudes registrados.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Por todo ello podemos afirmar que conforme se reduce el contenido de humedad de las muestras las ondas se propagan a mayor velocidad. Con respecto a la amplitud actúa de la misma forma que la velocidad, aumenta el valor de ésta a medida que se reduce la humedad.

b) Análisis de comparación de curados

En este apartado se compara los dos tipos de curados en cada una de las sesiones. En el apartado a) los datos de referencia son el contenido de humedad de la gráfica 7.1, no obstante para este apartado se hará referencia a la tabla 7.1 para observar la diferencia porcentual de humedad que hay entre las dos muestras.

SESIÓN 1

En esta sesión la diferencia porcentual existente entre las dos muestras es de 3,14, teniendo un mayor contenido de humedad el curado 2. Según vemos en el gráfico 7.3, corroboramos la teoría mostrada con anterioridad, a mayor contenido de humedad se produce un aumento del tiempo de propagación y una reducción en la amplitud de la onda. Pudiéndose observar esta reducción de la amplitud, ligeramente en la onda directa y de forma más acusada en la reflejada.

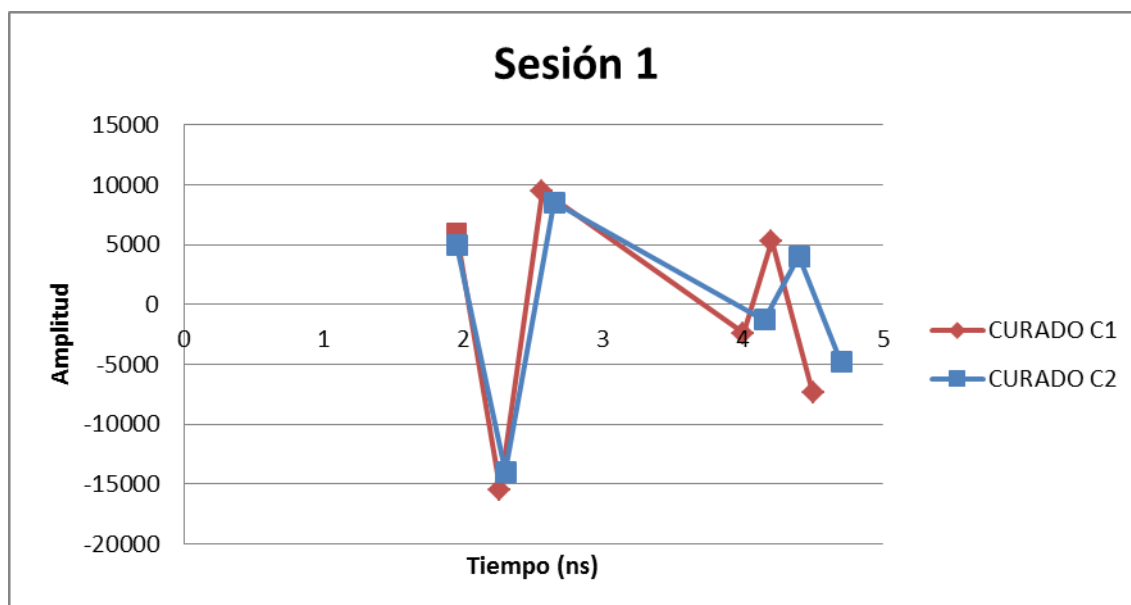


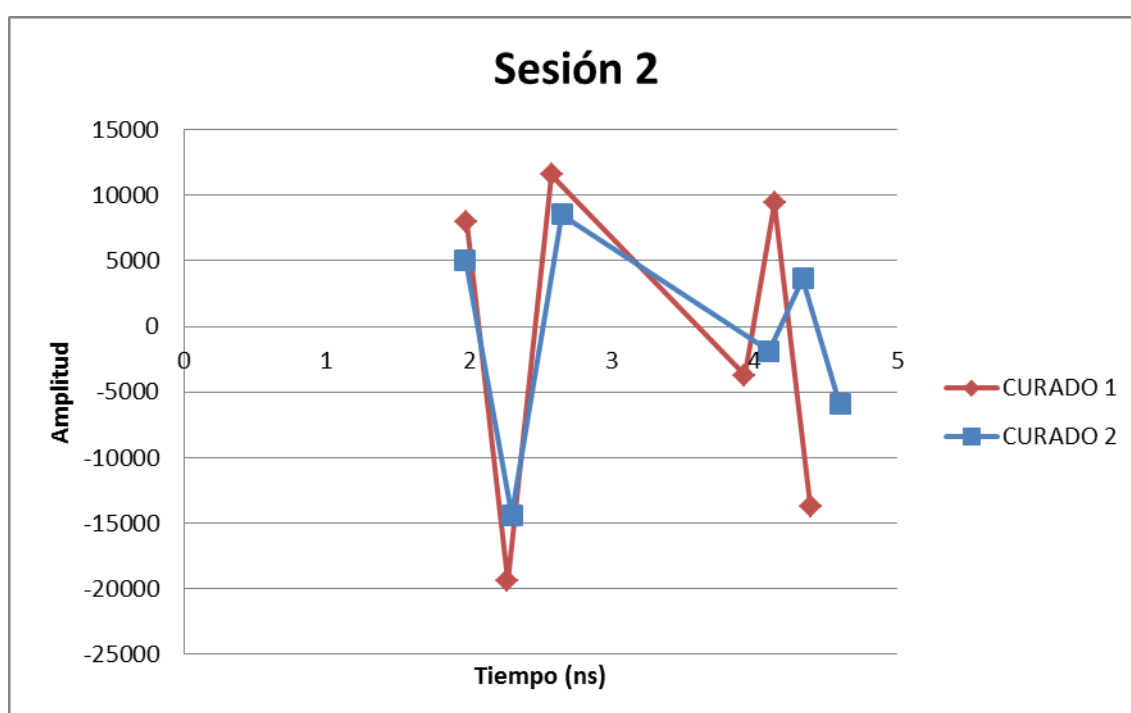
Gráfico 7.3 Datos de georradar a los 7 días

PROYECTO FINAL DE GRADO

SESIÓN 2

Esta vez se encuentra una diferencia en humedad de 4,36 %, mayor que en el caso anterior ya que la muestras de curado 2 permanecen prácticamente a humedad constante mientras que la de curado 1 se produce un secado paulatino en el tiempo.

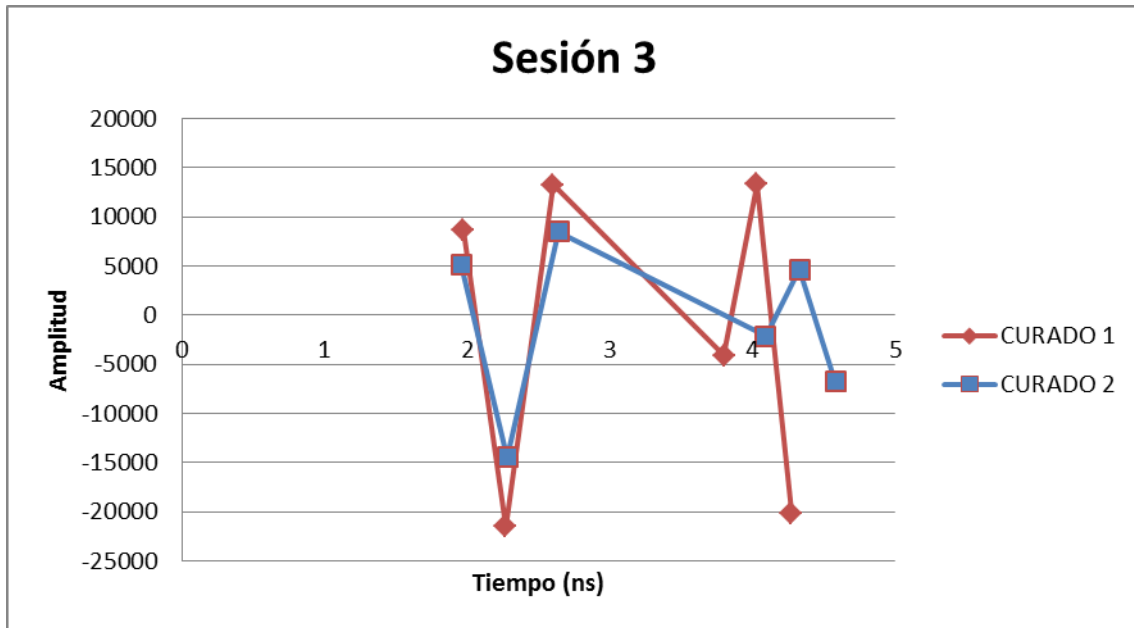
Así tal y como se observa en la gráfica 7.4, se sigue produciendo las variaciones observadas con anterioridad. No obstante al tener una diferencia mayor en el contenido de humedad, en las muestra del curado seco se registran tiempos más pequeños en la reflexión que en la sesión 1 y los valores de las amplitudes son más altos que los anteriores habiendo diferencias mayores.



Gráfica 7.4 Datos georradar a los 28 días

SESIÓN 3

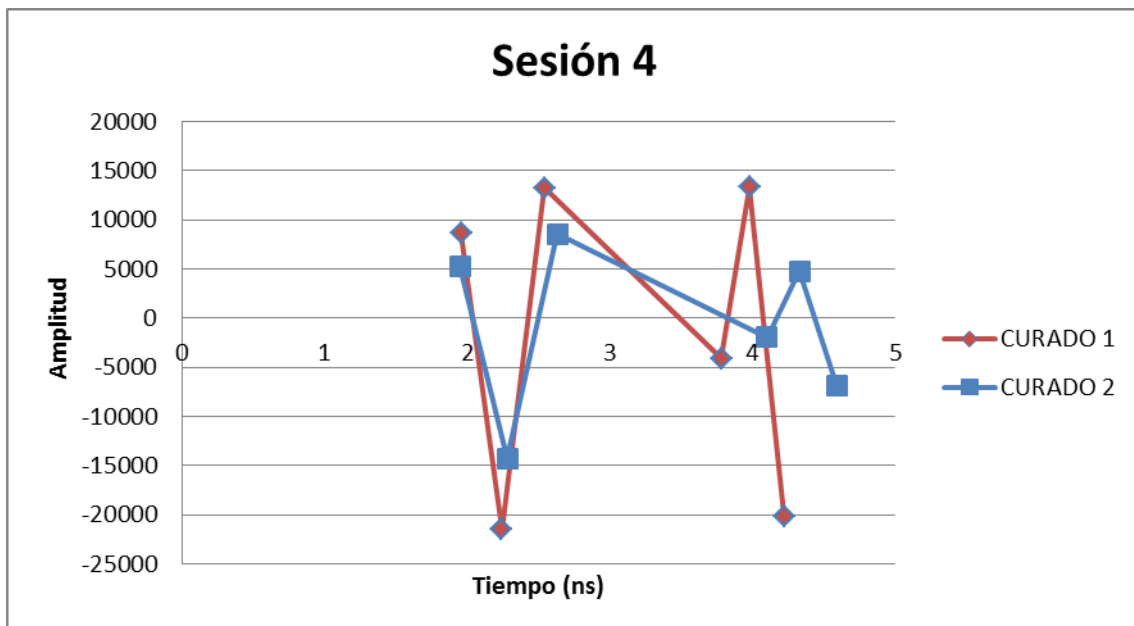
En la sesión 3 se considera una diferencia de humedad de 5,09 %, mayor que la establecida entre la sesión 2. La grafica 7.5 contiene valores parecidos con la sesión anterior, no muestra la alteración que presentaba entre la sesión 1 y 2, esto se debe a que, de la sesión 1 a la 2 hay una diferencia de contenido de humedad de 1,23 % y la diferencia entre la 2 y la 3 es de 0,73 %. Conforme avanzamos en las sesiones confirmamos la teoría vertida sobre la mayor velocidad de propagación y amplitud conforme se reduce la humedad.



Grafica 7.5 Datos georradar a los 56 días

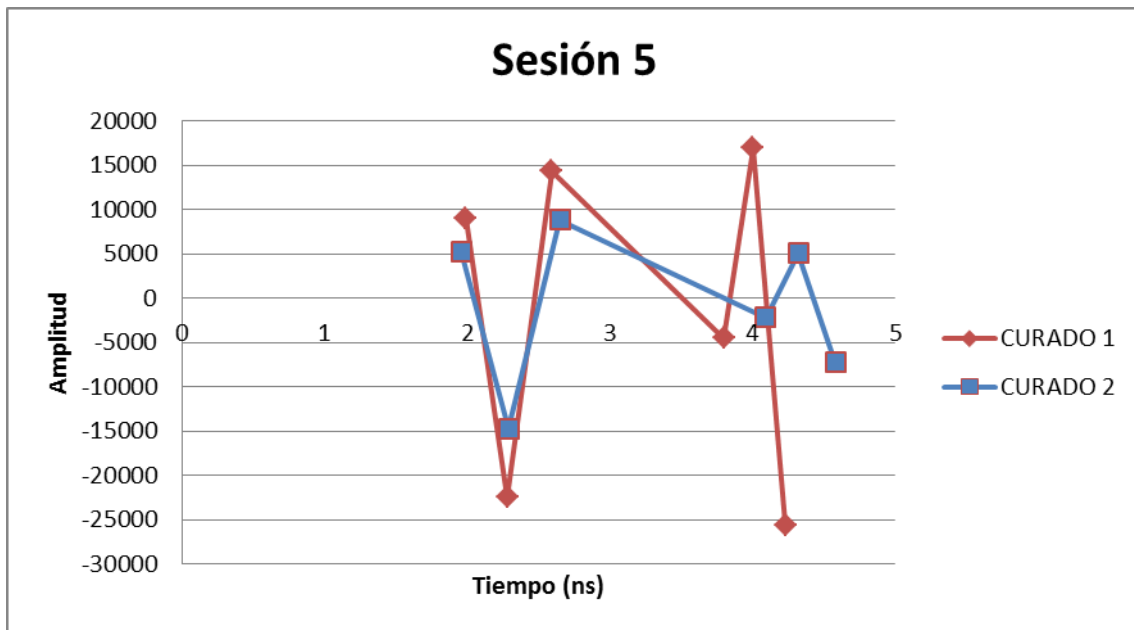
SESIÓN 4

La sesión 4 recoge una diferencia de 5,2 puntos. Estas tres últimas sesiones disponen de una diferencia de humedad más o menos igualada, debido a que las muestras húmedas contienen humedad contante y la seca está cada vez más cerca del secado total y por lo tanto en disponer de una humedad también constante. Se observan los mismos cambios descritos en la graficas 7.6 de la sesión 4 y la 7.7 de la sesión 5.



Grafica 7.6 Datos georradar a los 70 días

SESIÓN 5



Grafica 7.7 Datos georradar a los 90 días

7.3 Ultrasonidos

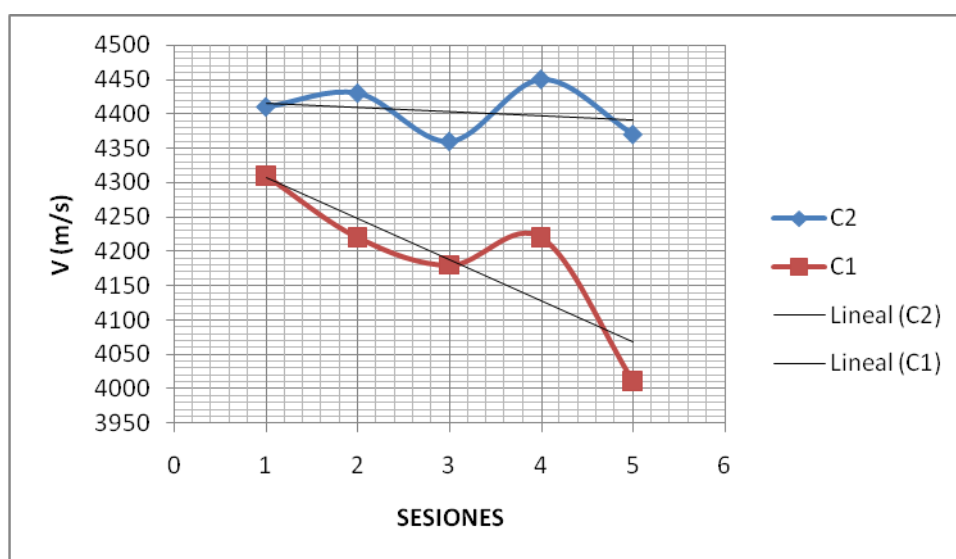
Para el caso de los ultrasonidos, se procederá de la misma forma que en el georradar, se analizará de forma independiente los resultados de ultrasonidos y posteriormente se procederá a la comparación con los contenidos de humedad para ver si modifica o altera las lecturas obtenidas del estudio.

En primer lugar daremos una mayor fiabilidad a los datos de las medidas longitudinales ya que al tener una mayor longitud, el error que se introduce en la distancia entre palpadores si no se encuentran perfectamente enfrentados, es menor.

Comparando las medidas entre los dos curados de la tabla 6.15, se observa a grandes rasgos que el curado en seco C1, tiende a poseer menores velocidades de propagación que las medidas en el curado C2.

En el curado en seco, tal y como observamos en la gráfica 7.8, la línea de tendencia es claramente decreciente por lo que se interpreta que conforme se produce el secado de las muestras se produce una disminución de la velocidad de propagación de los ultrasonidos.

Mientras se observa que en el curado C2, la humedad permanece constante a lo largo de las sesiones, según tabla 7.1, por lo que se observa que la línea de tendencia de la gráfica 7.8 es constante. Confirmándose que la velocidad de propagación de los ultrasonidos en las muestras de hormigón se encuentra estrechamente relacionado con el contenido de humedad.



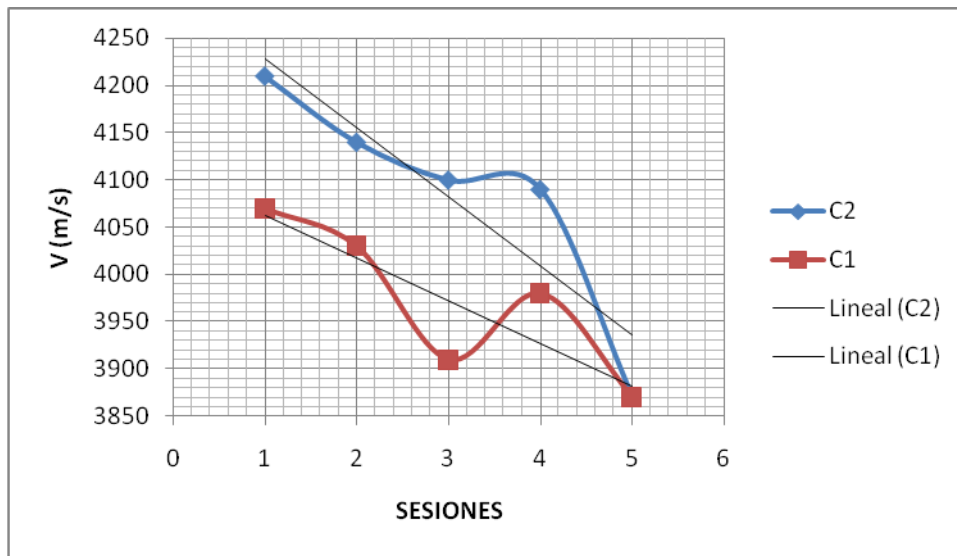
Gráfica 7.8 Lecturas longitudinales de ultrasonidos

Para el análisis de la grafica 7.9 se tiene que tener en cuenta que la distancia en las medidas transversales es 4 veces inferior a las longitudinales. Esta diferencia puede producir que las medidas no sean tan significativas como en las longitudinales y cualquier error de medida puede provocar grandes alteraciones.

Esta aclaración nos hace entender que las dos líneas de tendencias son descendentes, permaneciendo constante la humedad en el curado 2. Aun teniendo en cuenta estas

PROYECTO FINAL DE GRADO

alteraciones, los datos que podemos aportar al estudio, es la comprobación de las velocidades en el curado en seco son claramente inferiores a las del curado en húmedo.



Grafica 7.9 Lecturas transversales de ultrasonidos

Por lo tanto, y como conclusión de los registros obtenidos con ultrasonidos, se puede afirmar que el contenido de humedad afecta de forma directa a la velocidad de propagación de las ondas, tal y como preveíamos en el capítulo 4.

8. CONCLUSIONES

Después de trabajar con el georradar, se puede afirmar que es un método útil y eficaz para el desarrollo de estudios en materiales. En nuestro caso los resultados obtenidos nos hace tener una idea bastante aproximada del contenido de humedad en las muestras analizadas.

El georradar tiene la ventaja de una rápida adquisición de datos pero también tiene un inconveniente, el procesado de los datos. Este método al requerir de un software de apoyo, no hace posible la obtención de resultados inmediatamente, sino que necesita un procesado posterior.

Mediante el método de georradar, se visualizan datos de la onda directa y la onda reflejada. La onda directa nos aporta información pero no tan representativa como la de la reflejada, ya que ésta realiza un mayor recorrido por el material.

La variación de contenido de humedad se detecta por producirse un incremento de la velocidad de propagación de onda y verse un incremento considerable en las amplitudes a medida que se produce la reducción de contenido de humedad de las muestras. Estos datos se visualizan mejor en las ondas reflejadas por lo que hemos comentado.

En el método de ultrasonidos, facilita la información suficiente como para ser útil y se destaca de él la aportación casi directa de información y un proceso de obtención de resultados finales mucho más rápido que con el método anterior. Por otra parte el equipo utilizado no requiere de la precisión necesaria para una fiabilidad aceptable. Las mediciones transversales de las probetas se encuentra al límite de la distancia mínima para la consideración optima de los datos.

La variación del contenido de humedad con este método se aprecia por producirse un incremento de la velocidad de propagación a medida que aumenta el contenido de humedad. Las ondas se propagan a mayor velocidad conforme el medio que atraviesan aumenta la densidad, por lo tanto, era de esperar que al aumentar el contenido de humedad de las muestras, el espacio que ocuparía el aire lo ocupa el agua y por tanto aumentaría la velocidad de propagación.

En resumen los dos métodos son válidos para detectar la variación del contenido de humedad en el hormigón, siendo por tanto más eficaz para hormigones en curado en seco.

Si se requiere información en el menor tiempo posible para hacernos una idea general, el método será el ultrasonido, mientras que si se precisara de una información más específica y elaborada se usaría el método de georradar.

PROYECTO FINAL DE GRADO

9. BIBLIOGRAFÍA

- BERMEJO, F. (1999). *Guía para el uso de la Instrucción EHE*. Instituto de Tecnología de la Construcció de Catalunya.
- CASTRO, J. A. (2012). *Evaluación de la velocidad de pulso ultrasónico y resistencia mecánica de concretos aligerados con MEPS*. Tesis Doctoral. Xalapa: Universidad Veracruzana: Facultad de Ingeniería Civil.
- FERNÁNDEZ, L. (2009a). Importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento Parte I: Análisis teórico de los efectos del secado prematuro. *Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)*, (925), 38-47.
- FERNÁNDEZ, L. (2009b). Importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento. Parte II: Métodos experimentales para identificar o prevenir el curado deficiente. *Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)*, (926), 30-40.
- FERNÁNDEZ, J., et. al. (2001). *Evaluación de la capacidad resistente de estructuras de hormigón. Ensayos no destructivos y pruebas de carga*. Madrid: Editorial del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones INTEMAC.
- GONNERMAN, H. F., y SCHUMAN, E. C. (1928). Flexure and tensión tests of plain concrete. *Report of the Director of Research Portland Cement Association*, (171-209-210), 149-163
- GUTIÉRREZ, J. P. y REVUELTA, D. (2009). Ensayos de información complementaria del hormigón: evaluación de la resistencia a compresión del hormigón mediante probetas testigo. *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)*, (935), 34-46.
- HASNI, L., GALLIAS, J. L. y SALOMÓN, M. (1994). *Influence of the curing method on the durability of high performance concretes*. Proceedings of the Third International ACI Conference on Durability of Concrete (131-155). Niza, Francia: Ed. V. M. Malhotra.
- MALHORTA, V. M. (1976), BUNGEY (1989), MALHORTA y CARINO, N. J. (1991). *Capítulo 2. Metodos de control no destructivos*. Tesis doctoral.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2009). *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*.
- NORMA UNE EN 83.313/87. *Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams*. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- NORMA UNE EN 83.315/96. Corresponde a la ISO 4848/1980. *Hormigón. Determinación de contenido de aire de hormigón recién surtido*. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

PROYECTO FINAL DE GRADO

- ONNCCE (2004). *Determinación de la velocidad del pulso; método del Ultrasonido*.
- PLANTE, M., CAMERON, G. y TAGNIT-HAMOU, A. (2000). Influence of Curing Conditions on Concrete Specimens at Construction Site. *ACI Materials Journal (American Concrete Institute)*, (97-M16), 120-126.
- PORCEL, F. M. (2009) Desarrollo tecnológico en la historia de la humanidad: Inventores e Inventos. *Revista digital Innovación y experiencia educativa*, (22).
- RODRIGUEZ, I. (2010). *Evaluación de la técnica no destructiva del georradar para la inspección, diagnóstico y análisis resistente de la madera estructural*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- SOLÍS, R. y MORENO, E. I. (2005). Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. *Ingeniería*, (9-3), 5-17.

FUENTES INDIRECTAS

- AGUADO, A. y DEL RIO, A. (2000). Primeras Jornadas ACHE sobre la enseñanza del hormigón estructural. *Hormigón y Acero*, (218).
- CONCRETE SOCIETY (1976). Concrete core testing for strength *Concrete Society Technical Report*, (11). London: Concrete Society.
- GARCÍA, F. (1997). *Aplicaciones de la técnica geofísica de prospección por georradar en ingeniería civil y glaciología*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- GARCÍA, F., BLANCO, M. R., ABAD, I. R., SALA, R. M., AUSINA, I. T., MARCO, J. B. y CONESA J. L. M. (2007). GPR technique as a tool for cultural heritage restoration: San Miguel de los Reyes Hieronymite Monastery, 16th century (Valencia, Spain). *Journal of Cultural Heritage*, (8), 87-92.
- GÜNEYISI, E., ÖZTURAN, T., y GESOGLU, M. (2007). Effect of initial curing on chloride ingress and corrosion resistance characteristics of concretes made with plain and blended cements. *Building and Environment*, (42), 2676-2685.
- HEDENBLAD, G. (1993). *Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste*. Tesis Doctoral. Division of Building Materials, Lund Institute of Technolog.
- Junta de Andalucía (1996). *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de materiales de construcción en los edificios históricos*. Sevilla: Consejería de Cultura, D.L.
- LORENZO, E. (1994). *Prospección geofísica de alta resolución mediante geo-radar. Aplicación a obras civiles*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

PROYECTO FINAL DE GRADO

- LORENZO, E. (1996). *Prospección geofísica de alta resolución mediante geo-radar. Aplicación a obras civiles*. Madrid: CEDEX.
- MARTÍN, M. L. (2000), *prólogo del libro "La EHE explicada por sus autores"*. Editorial Leynfor Siglo XXI.
- MEEKS, K. W. y CARINO, N. J. (1999). *Curing of High-Performance Concrete* (Report of the State-of-the-Art, NISTIR 6295). National Institute of Standards and Technology.
- NEVILLE, A. (1996). *Properties of Concrete*. 4ª Edición Pearson Educational Ltd.
- POWERS, T. (1947). A Discussion of Cement Hydration in Relation to the Curing Concrete. *Research and Development Laboratories of the Portland Cement Association*, (Bulletin 25). Washington.
- POWERS, T. C. (1949). The non-evaaporable water content of hardened portland cement paste-Its significance for concrete research and its method of determination. *ASTM Bulletin*, (158), 68-76.
- SANSALONE, M. J. y STREETT, W. B. (1997). *Impact-echo: nondestructive evaluation of concrete and masonry*. Ithaca, N. Y.: Bullbrier Press.
- SAURA, J. J. (1990). *Control de calidad mediante ensayos no destructivos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- TOBÍO, J. M. (1967). *Ensayos no destructivos. Métodos aplicables a la construcción*. Patronato de Investigación Científica y Técnica de Juan de la Cierva del CSIC

PÁGINAS WEB

<http://www.ingenieriaenlared.wordpress.com>

<http://es.scribd.com/doc/45414381/Propiedades-del-Hormigon-Endurecido-I>

http://oa.upm.es/4515/1/TESIS_MASTER_VICENTE_SANCHEZ_GALVEZ.pdf

<http://www.caminoseuskadi.com/Actividades/ehe/ensayos>

<http://civilgeeks.com/2011/04/11/ensayos-no-destructivos-del-concreto-ultrasonido/>

<http://www.mecacisa.com/pdfs/hormigones/h12-camarahumeda.pdf>

http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/area200/tomo_I_mun/cap7.pdf

<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-053.pdf>

<http://www.geophysical.com>

PROYECTO FINAL DE GRADO

<http://es.scribd.com/doc/45811150/informe-cata>

<http://www.arkigrafico.com/tipos-de-aditivos-para-hormigon/#>

http://www.ciment-catala.org/epub/easnet.dll/ExecReq/Page?eas:dat_im=001BA7&eas:template_im=001C29

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6154/06.pdf;jsessionid=B0D5FEF80551CE03EFC00AC779FA2322?sequence=7>

http://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n_Endurecido

<http://es.slideshare.net/JoseRobertoRomanCulebro/angulo-de-friccion>

<http://physical-team-1.blogspot.com.es/2012/10/quees-una-onda-es-un-movimiento.html>

<http://forja2.galeon.com/normativa/antigua/index.htm>

http://www.academia.edu/9824430/EL_CURADO_DEL_HORMIGON

Listado de tablas

Tabla 1.1 Tipos de Cementos.

Tabla 1.2 Resistencia del cemento.

Tabla 1.3 Agentes agresivos del hormigón.

Tabla 2.1 Condiciones de temperatura y humedad del curado húmedo y del curado seco.

Tabla 4.1 Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman (ONNCCE 2004).

Tabla 5.1 Identificación de las muestras a analizar.

Tabla 5.2 Resultado de la medición de las masas en gramos de las probetas en los diferentes días de ensayo.

Tabla 5.3 Resultado de la medición de las masas en gramos de los testigos en los diferentes días de ensayo.

Tabla 5.4 Resistencia a compresión a 28 días de curado en MPa.

Tabla 5.5 Características del SIR 3000 (www.geophysical.com).

Tabla 5.6 Características de la antena Palm 2000 MHz (www.geophysical.com).

Tabla 5.7 Ficha medición con georradar a 7 días de curado.

Tabla 5.8 Características del equipo de ultrasonidos.

Tabla 5.9 Ficha medición con ultrasonidos a 7 días de curado (la longitud se mide en mm y el tiempo en microsegundos).

Tabla 6.1 Cálculo de contenido de humedad en tanto por 100 de los testigos.

Tabla 6.2 Media aritmética de resistencia a compresión a 28 días de curado en MPa.

Tabla 6.3 Lecturas de las amplitudes y tiempos del estático 3 de la cara a de la probeta 3C1 a 28 días de curado.

Tabla 6.4 Promedio de tiempo (μs) de las caras de las probetas C1 en la sesión 1.

Tabla 6.5 Promedio de tiempo (μs) de las probetas C1 en la sesión 1.

Tabla 6.6 Promedio de tiempo (μs) de las caras de las probetas C2 en la sesión 1.

Tabla 6.7 Promedio de tiempo (μs) de las probetas C2 en la sesión 1.

PROYECTO FINAL DE GRADO

Tabla 6.8 Promedio de amplitud de las caras de las probetas C1 en la sesión 1.

Tabla 6.9 Promedio de amplitud de las probetas C1 en la sesión 1.

Tabla 6.10 Promedio de amplitud de las caras de las probetas C2 en la sesión 1.

Tabla 6.11 Promedio de amplitud de las probetas C2 en la sesión 1.

Tabla 6.12 Promedio y desviación de tiempo (μs) de las probetas de un curado y otro (C1 y C2), en las sesiones 2, 3, 4 y 5.

Tabla 6.13 Promedio y desviación de amplitud de las probetas de un curado y otro (C1 y C2), en las sesiones 2, 3, 4 y 5.

Tabla 6.14 Desviación estándar de las velocidades de propagación de los ultrasonidos (mm/microsegundo) en los 3 puntos de la cara longitudinal de la probeta.

Tabla 6.15 Valores medios transversales y longitudinales de la velocidad de propagación de los ultrasonidos (m/s) en cada tipo de curado y día.

Tabla 7.1 Variación de % de contenido de humedad .

Listado de ecuaciones

Ecuación 3.1.

Ecuación 4.1.

Ecuación 4.2.

Ecuación 6.1.

Listado de figuras

Figura 1.1 Relación entre Agua/Cemento y Resistencia (<http://www.arkigrafico.com/tipos-de-aditivos-para-hormigon/#>).

Figura 1.2 Acoplamientos de los áridos de diferentes granulometrías (www.es.slideshare.net).

Figura 2.1 Esquema de una cámara húmeda (www.mecacisa.com/pdfs/hormigones/h12-camarahumeda.pdf).

Figura 2.2 Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto (Gonnerman y Shuman, 1928).

Figura 2.3 Esquema de la hidratación del cemento (Fernández, 2009a).

Figura 2.4 Volumen porcentual ocupado por la porosidad capilar en pastas de cemento, como función del grado de hidratación α (Fernández, 2009a).

PROYECTO FINAL DE GRADO

Figura 2.5 Resistencia a compresión y flexión, relativas al curado estándar, para distintas condiciones de secado (Hasni, Gallias y Salomón, 1994).

Figura 2.6 Esquema de sección transversal afectada por el secado prematuro y su influencia relativa sobre la resistencia a la compresión (Fernández, 2009b).

Figura 2.7 Equipo de Torrent para la determinación de la permeabilidad al aire del hormigón de recubrimiento (Fernández, 2009b).

Figura 2.8 Determinación del avance del frente de carbonatación mediante la aspersion de solución alcohólica de fenolftaleína (Fernández, 2009b).

Figura 2.9 Esquema de la ocurrencia de mecanismos acoplados y que determinan el valor de la resistividad eléctrica a edades tempranas (Fernández, 2009b).

Figura 2.10 Medición de la resistividad eléctrica del hormigón empleando el método de los electrodos puntuales equidistantes a 20 mm (Fernández, 2009b).

Figura 3.1 Trayectoria de radiación electromagnética.

Figura 3.2 Grafica de una onda (foto base de www.physical-team-1.blogspot.com).

Figura 3.3 Equipo de georradar SIR 3000 (GSSI).

Figura 3.4 Antena del equipo de georradar Palm 2GH (GSSI).

Figura 3.5 Desplazamiento de una antena para la realización de un perfil.

Figura 3.6 Medición de una antena de forma puntual.

Figura 3.7 Cabecera de un registro obtenido con georradar SIR 3000 (GSSI) (Rodríguez, 2010).

Figura 3.8 Radargrama.

Figura 3.9 Trazas de un radargrama.

Figura 4.1 Trasmisión de onda.

Figura 4.2 Antena de medición untada con vaselina (<http://civilgeeks.com/2011/04/11/ensayos-no-destructivos-del-concreto-ultrasonido/>).

Figura 4.3 Tipos de trasmisiones. a) Indirecta; b) Semidirecta; c) Directa.

Figura 4.4 Toma de medidas en la medición Indirecta (Castro, 2012).

Figura 4.5 Método para determinar la distancia de tránsito con arreglo indirecto (<http://civilgeeks.com/2011/04/11/ensayos-no-destructivos-del-concreto-ultrasonido/>).

Figura 4.6. a) Medición profundidad de grietas; b) Medición de inclinación de grietas (<http://civilgeeks.com/2011/04/11/ensayos-no-destructivos-del-concreto-ultrasonido/>).

PROYECTO FINAL DE GRADO

Figura 5.1 Probetas utilizadas en los ensayos. a) Probetas para los ensayos no destructivos y testigos para control de humedad; b) Testigos para ensayos destructivos.

Figura 5.2 Probeta rotulada con su designación, 6C2.

Figura 5.3 Fases que componen la realización de la dosificación. a) Moldes; b) Árido fino; c) Báscula; d) Lector báscula.

Figura 5.4 Imagen mezclador con componentes. a) Componentes recién vertidos; b) Componentes ya mezclados.

Figura 5.5 Cono de Abrams. a) Recipiente; b) Picado; c) Asiento de 17 cm; d) Asiento de 8 cm.

Figura 5.6 Metodología de compactación del cono de Abrams (<http://es.scribd.com/doc/45811150/informe-cata>).

Figura 5.7 Compactación y medición de aire ocluido del hormigón. a) Vibrado del hormigón; b) Medidor de aire ocluido.

Figura 5.8 Vertido. a) Vibrado; b) Probetas ya vibradas; c) Alisado con espátula.

Figura 5.9 Limpiado de mezclador.

Figura 5.10 Desencofrado. a) Desencofrado de probetas; b) Probetas desencofradas; c) Cortado de probetas con la radial.

Figura 5.11 Pesado y guardado de las probetas. a) Báscula; b) Cámara húmeda; c) Controladores; d) Horno.

Figura 5.12 Preparación de moldes. a) Limpiado y montado de moldes; b) Pintado de moldes.

Figura 5.13 Estufa a 100^o C.

Figura 5.14 Medición de la masa del testigo 2C2.

Figura 5.15 Proceso de rotura a compresión. a); b); c).

Figura 5.16 Puntos donde se sitúan la antena del georradar y los transductores.

Figura 5.17 Probeta con papel metálico y con calzos de madera.

Figura 5.18 Transductores colocados en un punto estático de la cara a.

Figura 5.19 Equipo georradar. a) Display del SIR 3000; b) Antena Palm 2000 MHz.

Figura 5.20 Imagen colocación antena georradar en un estático de la probeta 8C2.

Figura 5.21 Imagen equipo de ultrasonidos.

Figura 5.22 Colocación de los transductores del aparato de ultrasonidos sobre una de las probetas.

Figura 6.1 RADAN.

Figura 6.2 Visualización en modo O-Scope con una ganancia de 8.

Figura 6.3 Esquema de la trayectoria de los rayos del georradar.

Listado de gráficas

Grafica 7.1 Contenido de humedad.

Grafico 7.2 Datos del curado 1.

Grafico 7.3 Datos de georradar a los 7 días.

Grafica 7.4 Datos georradar a los 28 días.

Grafica 7.5 Datos georradar a los 56 días.

Grafica 7.6 Datos georradar a los 70 días.

Grafica 7.7 Datos georradar a los 90 días.

Grafica 7.8 Lecturas longitudinales de ultrasonidos.

Grafica 7.9 Lecturas transversales de ultrasonidos.

ANEXO I. GEORRADAR

TOMA DE DATOS

DATOS DE GEORRADAR - SESION 1 - CURADO 1

1C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	6942	2,26	-16028	2,6	9148	1,96	6997	2,27	-17071	2,59	10006	1,96	7128	2,26	-16679	2,6	9744	1,96	6867	2,27	-16286	2,59	8698	1,96	7259	2,26	-17464	2,56	9352
CARA B	1,95	5951	2,27	-16156	2,6	8960	1,96	6605	2,27	-16548	2,59	9090	1,95	6867	2,27	-16286	2,57	8960												
2C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,99	-2920	4,21	6163	4,46	-8111	4,01	-2944	4,24	6212	4,49	-8830	3,99	-2813	4,21	6867	4,47	-8307												
CARA B	3,99	-2682	4,22	5428	4,47	-8045	4,01	-2420	4,24	5558	4,51	-9092	4	-2551	4,23	5820	4,4	-7915												
3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	6997	2,25	-16286	2,57	8698	1,96	6997	2,26	-16940	2,59	9875	1,96	6997	2,26	-16286	2,6	9090	1,95	6867	2,26	-16025	2,58	9483	1,98	7390	2,26	-16548	2,59	8960
CARA B	1,94	6343	2,26	-15632	2,59	9221	1,96	6736	2,27	-15763	2,6	9221	1,96	5951	2,28	-14717	2,62	8044												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,97	-3075	4,2	6082	4,45	-8176	4	-2420	4,21	6343	4,47	-8699	4	-2682	4,22	5820	4,47	-7915												
CARA B	3,94	-2420	4,16	5035	4,43	-7656	4	-2290	4,23	4512	4,5	-7915	4,02	-2290	4,24	4774	4,5	-7130												
3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	7128	2,26	-16940	2,57	9221	1,96	7128	2,26	-16025	2,61	10006	1,96	6997	2,27	-16025	2,6	9483	1,94	7128	2,25	-17333	2,57	9352	1,95	6967	2,25	-16417	2,58	9221
CARA B	1,95	6867	2,27	-16156	2,58	9614	1,97	6867	2,28	-15894	2,6	8698	1,96	6605	2,27	-15763	2,6	8436												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,98	-3205	4,2	6343	4,45	-8830	4	-2551	4,23	5558	4,49	-8307	3,98	-2813	4,2	6605	4,46	-8438												
CARA B	4	-2813	4,23	6212	4,49	-8307	4,03	-2159	4,26	4904	4,53	-7915	3,96	-2813	4,2	5820	4,46	-7522												
4C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	6736	2,26	-16156	2,6	8960	1,96	7128	2,26	-16286	2,6	8436	1,97	6867	2,27	-16286	2,61	9221	1,93	7128	2,24	-15502	2,57	8175	1,95	7259	2,25	-17202	2,57	9483
CARA B	1,94	6474	2,26	-15109	2,6	8960	1,96	6736	2,27	-15763	2,6	8829	1,96	6474	2,27	-15502	2,6	8436												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,97	-2813	4,19	5820	4,45	-7130	3,99	-2813	4,21	5558	4,48	-8045	3,97	-2944	4,19	6082	4,45	-7784												
CARA B	4,01	-2290	4,21	5558	4,47	-7260	4,03	-1766	4,26	4250	4,5	-6868	4,03	-2028	4,26	5035	4,5	-6737												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 1 - CURADO 2

5C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,93	4512	2,29	-12100	2,67	7390	1,98	4904	2,32	-14063	2,68	7913	1,98	5297	2,32	-14324	2,65	9483	1,97	5035	2,31	-13932	2,66	8698	1,99	5166	2,3	-13932	2,67	8436
CARA B	1,96	4774	2,31	-13409	2,65	7913	1,97	5035	2,31	-12885	2,67	7128	1,98	5035	2,31	-13016	2,66	7309												
	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,14	-1766	4,4	3335	4,65	-4644	4,18	-1147	4,38	2539	4,64	-4588	4,14	-1766	4,38	3465	4,65	-4644												
CARA B	4,2	-1112	4,4	3335	4,66	-4383	4,16	-1374	4,42	2942	4,68	-4383	4,14	-1374	4,39	3204	4,66	-4775												
6C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	5035	2,33	-14063	2,66	8567	1,98	5035	2,31	-13801	2,66	7651	2,01	4904	2,32	-14717	2,67	7651	1,95	5297	2,29	-13147	2,66	7128	1,96	5035	2,29	-13670	2,65	8436
CARA B	1,96	5035	2,3	-14717	2,64	8698	1,98	4904	2,3	-13278	2,67	7651	1,98	4904	2,31	-13670	2,68	7913												
	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,12	-1897	4,35	3073	4,61	-4775	4,15	-1897	4,4	3335	4,66	-5168	4,16	-1897	4,41	3073	4,66	-4775												
CARA B	4,12	-1374	4,38	3335	4,65	-4383	4,18	-1374	4,45	2811	4,72	-4121	4,19	-1505	4,45	3335	4,71	-4383												
7C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	4774	2,3	-13409	2,65	7521	1,98	5035	2,31	-13670	2,67	7782	1,98	4774	2,32	-13409	2,67	7913	1,97	4904	2,3	-13801	2,65	7913	1,98	5166	2,32	-14063	2,66	9614
CARA B	1,96	4904	2,3	-12624	2,67	7913	1,98	4904	2,3	-12885	2,66	7259	1,98	4904	2,31	-13409	2,67	7390												
	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-2290	4,33	3727	4,59	-5168	4,1	-1897	4,35	3858	4,61	-5560	4,09	-1766	4,34	3727	4,59	-5037												
CARA B	4,12	-1374	4,37	2942	4,64	-4513	4,15	-1112	4,38	2550	4,66	-4252	4,13	-1636	4,38	3335	4,64	-4644												
8C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	5035	2,31	-13409	2,68	7782	1,98	4643	2,34	-13539	2,69	8567	1,98	4904	2,32	-14063	2,68	7782	1,97	5166	2,29	-14063	2,65	8175	1,98	5558	2,32	-13932	2,67	7913
CARA B	1,97	4904	2,3	-12493	2,66	7390	1,97	4904	2,3	-13670	2,66	7651	1,96	4904	2,29	-13016	2,67	8698												
	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-2028	4,34	3465	4,62	-5037	4,13	-2028	4,38	3465	4,64	-5691	4,13	-1897	4,37	3465	4,64	-5429												
CARA B	4,11	-1374	4,39	3204	4,65	-4513	4,17	-1505	4,41	3596	4,67	-5168	4,12	-1505	4,38	3335	4,65	-5037												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 2 - CURADO 1

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 1C1	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	2	8044	2,29	-19033	2,6	11968	2	8305	2,3	-20734	2,6	13015	2	7913	2,29	-19949	2,6	12753	1,98	8175	2,27	-19818	2,59	11445	1,96	8175	2,24	-20080	2,54	12099
CARA B	1,98	7259	2,28	-18118	2,6	10529	1,99	7782	2,29	-18641	2,6	11052	1,99	8175	2,29	-19557	2,6	11314												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
3,94	-3990	4,12	9483	4,38	-13932	3,93	-4252	4,14	9875	4,4	-15240	3,9	-3859	4,11	10398	4,35	-15240													
3,9	-3598	4,13	9483	4,37	-13932	3,93	-4252	4,15	9875	4,4	-15109	3,95	-3859	4,16	10006	4,4	-13539													

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 2C1	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,99	8044	2,29	-19426	2,59	11183	2,01	7913	2,3	-20472	2,61	12753	2,01	8175	2,3	-19949	2,62	11576	1,96	8175	2,25	-19557	2,54	12099	1,96	8175	2,25	-19949	2,57	11837
CARA B	1,98	7390	2,29	-18379	2,6	11052	1,99	7651	2,29	-18903	2,6	11183	1,99	7390	2,3	-17856	2,62	10006												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
3,9	-3205	4,12	8305	4,36	-13016	3,93	-2944	4,15	8044	4,4	-14324	3,96	-4121	4,16	10137	4,41	-14063													
3,88	-3859	4,1	9352	4,34	-13147	3,9	-3075	4,12	8698	4,37	-15109	3,93	-3729	4,15	9875	4,39	-13801													

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 3C1	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	2	8175	2,29	-19818	2,59	11576	2,01	8175	2,29	-19557	2,64	12753	2,01	8174	2,31	-20472	2,63	12361	1,97	8436	2,25	-20211	2,56	12230	1,95	7913	2,25	-19164	2,55	11445
CARA B	1,98	7913	2,27	-18641	2,6	11445	1,99	7913	2,29	-18903	2,61	11183	1,99	7782	2,29	-18903	2,61	10529												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
3,92	-4513	4,13	10529	4,37	-15371	3,95	-3990	4,17	8960	4,41	-13670	3,92	-4252	4,12	9614	4,37	-13670													
3,92	-3598	4,14	8960	4,38	-12231	3,95	-3075	4,16	8698	4,41	-11839	3,92	-3729	4,12	9483	4,35	-12755													

0,45 A/C CON METAL	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 4C1	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	2,01	8044	2,31	-20211	2,62	12230	2	8567	2,31	-20342	2,61	10922	2,01	8175	2,3	-19164	2,62	11314	1,96	7913	2,25	-18903	2,55	11445	1,96	8044	2,25	-20211	2,56	11445
CARA B	1,98	7390	2,29	-18118	2,6	10791	2	7651	2,29	-18249	2,6	11052	2	7651	2,3	-18379	2,62	10529												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
3,93	-3859	4,14	9744	4,38	-12755	3,95	-3598	4,15	9090	4,41	-14324	3,93	-4121	4,14	9614	4,39	-13278													
3,92	-3859	4,13	9614	4,36	-13016	3,94	-3336	4,16	9090	4,4	-13539	3,96	-3336	4,19	9352	4,43	-11708													

DATOS DE GEORRADAR - SESION 2 - CURADO 2

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 5C2	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	4904	2,29	-13016	2,66	8829	1,96	5035	2,3	-14847	2,65	8436	1,98	5558	2,31	-15109	2,65	9875	1,95	5428	2,28	-14978	2,62	9221	1,95	4774	2,28	-14455	2,65	8960
CARA B	1,95	4904	2,28	-14324	2,63	8436	1,97	4904	2,3	-13539	2,65	7521	1,98	4904	2,3	-13670	2,65	7913												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
4,08	-2551	4,35	5166	4,6	-6606	4,09	-1636	4,35	4250	4,62	-5952	4,07	-2420	4,32	5035	4,57	-6737													
4,08	-1766	4,33	4120	4,58	-5822	4,15	-1766	4,38	4120	4,64	-6345	4,09	-1766	4,33	4120	4,59	-5822													

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 6C2	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	4904	2,29	-14978	2,64	9221	1,97	5166	2,29	-14193	2,64	8175	2	4904	2,3	-15763	2,65	8436	1,97	5166	2,29	-14717	2,64	7913	1,94	5166	2,28	-13801	2,63	8960
CARA B	1,95	4904	2,29	-15109	2,62	8960	1,96	4904	2,31	-14063	2,66	8044	1,98	5166	2,29	-13801	2,67	8305												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
4,02	-2551	4,28	5297	4,56	-6868	4,09	-1766	4,33	3596	4,61	-5822	4,09	-2159	4,33	5166	4,59	-7130													
4,09	-1505	4,37	3335	4,64	-5168	4,14	-1505	4,4	3335	4,65	-5429	4,16	-1897	4,38	3989	4,64	-5429													

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 7C2	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	4904	2,29	-14324	2,64	7913	1,98	5166	2,3	-14455	2,67	8175	1,98	5035	2,3	-14455	2,65	8436	1,98	5558	2,29	-14586	2,64	8175	1,98	5166	2,31	-14717	2,65	10268
CARA B	1,96	4774	2,29	-13539	2,65	8305	1,97	4904	2,3	-14063	2,65	7651	1,96	4904	2,31	-14063	2,66	8175												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
4,07	-1505	4,33	3335	4,59	-5429	4,16	-1636	4,38	2681	4,6	-5429	4,04	-1897	4,28	4120	4,55	-5822													
4,09	-1766	4,33	3727	4,58	-5822	4,08	-2028	4,33	4120	4,59	-6345	4,09	-1766	4,33	3727	4,59	-5560													

0,45 A/C	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
PROBETA: 8C2	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	5166	2,29	-13539	2,67	8175	1,96	4904	2,3	-14063	2,69	8960	1,98	5035	2,29	-14847	2,66	8436	1,98	5297	2,29	-14847	2,62	8829	1,98	5166	2,3	-14324	2,65	8436
CARA B	1,96	4904	2,29	-14063	2,63	7651	1,97	5035	2,31	-14717	2,65	8436	1,96	4904	2,3	-14063	2,65	8960												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
4,05	-2028	4,29	4643	4,55	-6083	4,14	-1505	4,35	2550	4,6	-5168	4,09	-2028	4,33	4381	4,59	-6868													
4,12	-1243	4,35	3596	4,61	-5459	4,18	-2028	4,39	3989	4,65	-6083	4,09	-1766	4,33	2811	4,59	-5298													

DATOS DE GEORRADAR - SESION 3 - CURADO 1

1C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	8698	2,25	-21388	2,57	13799	1,97	8698	2,26	-22304	2,55	14584	1,98	8829	2,27	-21650	2,17	14323	1,96	8960	2,24	-22042	2,55	13669	1,96	8829	2,25	-21911	2,55	13407
CARA B	1,97	7913	2,26	-19557	2,6	12099	1,97	8436	2,26	-20996	2,57	12884	1,98	8829	2,27	-21780	2,56	12884												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,82	-4513	4,01	14323	4,25	-20472	3,82	-3859	4,01	12230	4,26	-19295	3,08	-4252	4	15500	4,24	-21780												
CARA B	3,82	-3990	4,02	13015	4,26	-19426	3,86	-3729	4,05	10922	4,28	-17725	3,86	-3075	4,05	11707	4,28	-20211												
2C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	8960	2,27	-22042	2,57	13276	1,98	8829	2,28	-22173	2,57	14323	1,98	8567	2,27	-21911	2,58	13799	1,96	9090	2,25	-21911	2,55	13407	1,98	8829	2,27	-22042	3,57	13669
CARA B	1,96	8436	2,24	-20342	2,57	12753	1,96	8567	2,27	-20865	2,56	13145	1,97	8567	2,26	-20080	2,57	11837												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,81	-3598	4,02	12491	4,26	-18379	3,85	-3598	4,05	13407	4,28	-21650	3,84	-4644	4,04	14323	4,26	-20472												
CARA B	3,79	-4383	4	13669	4,24	-19426	3,81	-4121	4,01	13407	4,26	-20885	3,83	-3598	4,07	12099	4,31	-21519												
3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	6567	2,26	-21650	2,56	13669	1,97	8829	2,26	-21388	2,57	14192	1,98	8829	2,27	-21911	2,58	14323	1,98	9221	2,26	-22173	2,57	14584	1,96	8567	2,27	-21911	2,55	13276
CARA B	1,98	8436	2,26	-20603	2,57	13015	1,98	8436	2,27	-20996	2,57	12491	1,98	8436	2,27	-20996	2,59	12230												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,81	-4906	4,01	14846	4,25	-21388	3,85	-4644	4,03	14323	4,28	-22434	3,81	-4513	4	15108	4,24	-21257												
CARA B	3,86	-4644	4,04	14715	4,26	-21126	3,85	-3990	4,06	12884	4,29	-21257	3,82	-3990	4,01	13145	4,24	-19949												
4C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	8698	2,27	-20734	2,57	12491	1,98	8960	2,26	-21780	2,57	12230	1,98	8960	2,26	-22173	2,57	13799	1,96	8698	2,27	-21126	2,57	12361	1,98	9221	2,27	-22304	2,57	13276
CARA B	1,96	8175	2,27	-20734	2,57	12622	1,98	8567	2,26	-20996	2,58	12622	1,98	8305	2,27	-21126	2,58	12099												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,82	-4121	4	13015	4,26	-18379	3,83	-3859	4,03	13407	4,26	-20734	3,81	-4513	4	14584	4,26	-19426												
CARA B	3,87	-3598	4,05	11052	4,28	-17202	3,86	-3859	4,05	12491	4,28	-20734	3,87	-4644	4,08	12622	4,31	-17987												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 3 - CURADO 2

5C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,94	5035	2,27	-13539	2,65	8698	1,96	6156	2,29	-14978	2,65	8698	1,97	5558	2,29	-14978	2,64	9221	1,94	5035	2,28	-13932	2,63	8829	1,96	5297	2,29	-14455	2,65	8960
CARA B	1,95	5035	2,29	-14978	2,62	8698	1,95	4774	2,29	-13932	2,65	7651	1,96	4904	2,27	-13539	2,62	7913												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-2682	4,33	5297	4,59	-6999	4,12	-1897	4,35	4512	4,62	-6999	4,07	-2290	4,31	5428	4,58	-7270												
CARA B	4,1	-2159	4,33	4904	4,57	-6476	4,13	-1766	4,38	4250	4,63	-6737	4,06	-2290	4,31	4904	4,57	-6606												
6C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	5035	2,3	-15109	2,65	8960	1,96	5297	2,28	-14455	2,62	7651	1,97	5166	2,03	-15502	2,65	8305	1,96	5035	2,28	-14455	2,65	8165	1,95	5597	2,28	-14193	2,63	9221
CARA B	1,96	5035	2,3	-15109	2,61	9221	1,94	5297	2,28	-14455	2,64	7782	1,96	5166	2,29	-14455	2,65	8175												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,05	-2682	4,28	5166	4,54	-6868	4,08	-2120	4,33	4643	4,59	-6606	4,07	-2159	4,31	4774	4,57	-6606												
CARA B	4,14	-1636	4,35	3727	4,62	-5691	4,15	-1766	4,39	4121	4,66	-6214	4,16	-1897	4,4	4112	4,57	-6214												
7C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	4904	2,28	-14455	2,62	7913	1,96	5166	2,29	-14324	2,66	8175	1,96	4774	2,29	-13932	2,64	8175	1,96	5166	2,28	-14063	2,63	8175	1,96	5428	2,28	-14717	2,64	10398
CARA B	1,95	5035	2,27	-13670	2,64	8698	1,96	5035	2,29	-14586	2,65	6913	1,96	5035	2,29	-14717	2,65	8305												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,02	-2420	4,26	5297	4,52	-7260	4,07	-2290	4,3	5166	4,55	-7260	4,03	-2420	4,28	5166	4,54	-6999												
CARA B	4,09	-1897	4,31	4904	4,57	-7260	4,09	-2028	4,32	4774	4,58	-7260	4,09	-2159	4,32	4512	4,57	-6345												
8C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	5166	2,29	-14193	2,65	8698	1,96	5297	2,29	-14324	2,67	9090	1,97	5035	2,29	-14847	2,65	8175	1,93	5297	2,26	-14324	2,6	8175	1,96	5166	2,29	-14847	2,63	8829
CARA B	1,95	5035	2,28	-14063	2,62	7913	1,96	5166	2,29	-14978	2,62	8175	1,96	4904	2,3	-14193	2,66	9221												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,05	-2028	4,29	5166	4,54	-7522	4,09	-2159	4,32	4381	4,57	-7130	4,07	-2028	4,28	4120	4,54	-5691												
CARA B	4,1	-1766	4,35	4512	4,62	-6868	4,14	-1897	4,38	4120	4,62	-6737	4,07	-2159	4,33	4381	4,59	-6345												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 4 - CURADO 1

1C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,93	8960	2,23	-22042	2,53	14584	1,96	8960	2,24	-22696	2,53	15108	1,96	8960	2,24	-22042	2,55	15369	1,97	8960	2,26	-21911	2,56	14454	1,96	8829	2,24	-21780	2,55	13669
CARA B	1,96	8436	2,25	-20734	2,56	12753	1,96	8829	2,25	-21911	2,55	13015	1,96	8698	2,26	-22042	2,55	13538												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	3,77	-5168	3,97	16416	4,21	-24658	3,76	-4644	3,97	15631	4,21	-24266	3,75	-4252	3,96	16023	4,19	-23481												
CARA B	3,8	-4513	4	15892	4,24	-24135	3,81	-4252	4,01	15369	4,25	-24789	3,82	-3990	4,01	15631	4,25	-24397												

2C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,94	8960	2,23	-22434	2,53	14846	1,96	8829	2,25	-22827	2,54	15108	1,95	8829	2,24	-22042	2,55	14323	1,95	8960	2,24	-22304	2,53	14454	1,96	9090	2,24	-22434	2,55	14584
CARA B	1,94	8567	2,24	-21257	2,54	14061	1,95	8305	2,25	-20996	2,55	13145	1,96	8175	2,25	-20211	2,55	11968												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	3,76	-3990	3,95	13538	4,19	-21519	3,82	-3859	4,01	15762	4,24	-25836	3,78	-5037	3,97	16416	4,21	-23743												
CARA B	3,71	-4121	3,92	15108	4,17	-22304	3,77	-4121	3,97	15892	4,21	-25836	3,78	-4383	3,99	16023	4,22	-24004												

3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	8960	2,25	-22304	2,54	14192	1,96	8960	2,24	-21519	2,55	14846	1,96	8829	2,25	-22696	2,55	15108	1,96	9352	2,24	-22304	2,54	14977	1,94	8698	2,24	-21911	2,53	14323
CARA B	1,96	8829	2,24	-21780	2,54	13799	1,94	8305	2,24	-20603	2,55	12753	1,96	8698	2,25	-21911	2,55	13407												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	3,77	-5429	3,97	16416	4,21	-23612	3,79	-4252	4	14977	4,23	-25705	3,76	-5037	3,95	16677	4,19	-24658												
CARA B	3,77	-4775	3,98	15108	4,23	-21650	3,8	-3990	4,01	14454	4,25	-24135	3,76	-4383	3,95	16023	4,19	-22827												

4C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	8829	2,23	-21780	2,55	13799	1,95	8829	2,24	-22173	2,54	13015	1,96	8829	2,24	-22827	2,54	14584	1,96	8960	2,25	-21780	2,55	13799	1,96	9090	2,24	-22304	2,53	14192
CARA B	1,96	8698	2,24	-21519	2,55	13015	1,95	8436	2,25	-21257	2,55	13276	1,96	8567	2,25	-20996	2,55	12884												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	3,76	-4644	3,96	14323	4,2	-20472	3,81	-3859	4	13538	4,24	-23481	3,75	-4644	3,96	15500	4,2	-22173												
CARA B	3,79	-3990	3,99	13930	4,24	-20080	3,81	-3729	4	14715	4,24	-23743	3,84	-4252	4,03	13930	4,26	-21780												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 4 - CURADO 2

5C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	4774	2,28	-14193	2,65	9090	1,96	5428	2,27	-15109	2,62	8829	1,96	5558	2,29	-15371	2,62	10006	1,95	5558	2,28	-14586	2,62	8960	1,96	5297	2,29	-14978	2,65	8567
CARA B	1,92	5428	2,27	-13539	2,6	8175	1,93	5297	2,28	-13016	2,64	7390	1,95	4904	2,28	-13278	2,63	7782												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-2551	4,33	5558	4,59	-7391	4,07	-2420	4,31	5428	4,59	-7653	4,11	-2290	4,33	5035	4,59	-7130												
CARA B	4,15	-1112	4,34	4643	4,58	-6606	4,1	-1766	4,35	4774	4,62	-6868	4,05	-1766	4,31	4512	4,57	-6737												
6C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,94	5166	2,29	-15502	2,62	9221	1,95	5428	2,27	-14324	2,62	7651	1,96	5297	2,3	-15632	2,64	8305	1,98	5297	2,29	-14847	2,65	8305	1,96	5428	2,28	-14063	2,63	9352
CARA B	1,91	5166	2,26	-14586	2,59	9352	1,93	5166	2,27	-13670	2,63	7913	1,94	5297	2,26	-13932	2,64	8305												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,03	-2290	4,28	4643	4,52	-6737	4,09	-2028	4,32	4381	4,59	-6476	4,1	-2028	4,33	4643	4,57	-6606												
CARA B	4,08	-1897	4,32	4381	4,58	-5822	4,14	-1636	4,37	4120	4,63	-6083	4,12	-1766	4,37	4381	4,62	-5822												
7C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	4904	2,29	-14978	2,65	8698	1,96	5297	2,29	-13932	2,65	8175	1,96	5166	2,29	-13801	2,63	8175	1,96	5689	2,27	-14193	2,63	7782	1,96	5558	2,29	-14717	2,62	10006
CARA B	1,91	5166	2,26	-12885	2,62	8175	1,94	5166	2,29	-13801	2,63	8044	1,96	5166	2,29	-14324	2,66	8044												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-1766	4,31	4512	4,56	-6606	4,07	-2159	4,31	5428	4,57	-7784	4,06	-2420	4,29	5428	4,54	-7653												
CARA B	4,09	-1897	4,31	4904	4,58	-6868	4,13	-1505	4,33	4120	4,58	-6214	4,07	-1636	4,31	3858	4,57	-6083												
8C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,94	5558	2,28	-13539	2,66	8305	1,95	5035	2,29	-13932	2,66	8698	1,96	5297	2,29	-14193	2,64	8175	1,96	5558	2,28	-14586	2,62	8436	1,96	5689	2,27	14586	2,61	9090
CARA B	1,94	5035	2,27	-13278	2,62	8175	1,96	5166	2,28	-14847	2,63	8044	1,96	5166	2,29	-13801	2,64	9221												
Onda reflejada																														
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	4,09	-2028	4,31	5297	4,58	-7391	4,08	-2159	4,31	4774	4,58	-7391	4,07	-2551	4,3	5035	4,56	-7260												
CARA B	4,08	-1505	4,31	4904	4,58	-6737	4,13	-2028	4,35	5297	4,62	-6868	4,08	-1766	4,34	4250	4,59	-5822												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 5 - CURADO 1

1C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	8829	2,28	-22304	2,58	14846	1,99	9090	2,28	-23350	2,57	14715	1,99	8960	2,28	-23089	2,59	15762	2,01	9221	2,29	-22827	2,6	14896	2,01	8829	2,3	-22304	2,6	14323
CARA B	1,97	8305	2,27	-20472	2,6	13276	1,98	8829	2,27	-21911	2,58	13538	1,99	8960	2,29	-22434	2,6	13930												
2C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,79	-4513	3,99	16547	4,22	-24135	3,81	-3859	4	16677	4,23	-27667	3,76	-4775	3,97	19163	4,19	-26359												
CARA B	3,79	-4252	4	16677	4,24	-25051	3,83	-3859	4,03	16154	4,26	-25705	3,81	-3990	4	16808	4,25	-26097												
3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	9221	2,28	-22827	2,58	14454	1,97	8829	2,27	-23219	2,57	15238	1,98	8829	2,27	-22434	2,58	14584	2,01	9221	2,29	-22827	2,6	14584	2,01	9090	2,3	-22958	2,61	14846
CARA B	1,97	8567	2,27	-21911	2,58	13669	1,98	8960	2,27	-22042	2,59	13799	1,98	8567	2,27	-21388	2,6	12491												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,78	-3729	3,98	15762	4,21	-24920	3,82	-3729	4	16285	4,24	-27405	3,81	-5037	4	17331	4,24	-25181												
CARA B	3,76	-3990	3,95	16416	4,19	-23481	3,8	-3205	4	16023	4,23	-26228	3,79	-4644	4	17985	4,23	-26882												
3C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,98	8829	2,27	-22696	2,57	14454	1,97	9921	2,27	-22173	2,58	14977	1,98	9221	2,27	-23350	2,58	15108	2,02	9221	2,3	-23089	2,61	14715	2	8567	2,3	-22958	2,6	14715
CARA B	1,98	8960	2,27	-22173	2,58	13799	1,98	8577	2,28	-22042	2,58	13407	1,99	9090	2,28	-22173	2,59	13669												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,78	-5560	3,97	17432	4,21	-25181	3,78	-4906	3,97	17724	4,22	-27274	3,77	-5037	3,96	18247	4,19	-26490												
CARA B	3,79	-5037	3,99	17462	4,24	-26751	3,8	-4383	4	16154	4,24	-26490	3,78	-3889	3,98	16285	4,22	-24135												
4C1	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	8960	2,27	-21911	2,59	13407	1,98	8960	2,28	-22565	2,57	13276	1,98	8960	2,27	-22827	2,58	14715	2,01	8960	2,29	-22042	2,6	13930	2,01	9221	2,3	-22827	2,6	13799
CARA B	1,99	8567	2,27	-21780	2,58	13276	1,99	8960	2,29	-22173	2,59	13407	1,99	8829	2,27	-22042	2,59	13276												
4C1	Onda reflejada																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	3,78	-4906	3,99	16677	4,22	-23350	3,78	-3729	3,98	15762	4,21	-25705	3,78	-4252	3,98	17724	4,23	-26228												
CARA B	3,79	-4513	4	16023	4,23	-22696	3,82	-3859	4,01	16154	4,25	-25443	3,83	-4383	4,02	16416	4,26	-24135												

DATOS DE GEORRADAR - SESION 5 - CURADO 2

5C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,95	4904	2,28	-13932	2,65	9221	1,96	5428	2,29	-15109	2,65	8960	1,98	5558	2,29	-15371	2,63	9352	1,96	5428	2,29	-14717	2,63	8960	1,96	5428	2,29	-14847	2,65	8698
CARA B	1,98	4904	2,3	-15109	2,65	9221	1,96	5166	2,29	-13801	2,66	8175	1,97	5535	2,3	-13932	2,65	8044												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	4,09	-2682	4,33	5689	4,57	-7784	4,1	-2159	4,32	5558	4,59	-7915	4,09	-2551	4,32	5558	4,57	-7653												
CARA B	4,1	-1897	4,33	4904	4,59	-6868	4,12	-1897	4,35	4250	4,6	-6345	4,07	-2028	4,31	5297	4,56	-6737												

5C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	5166	2,29	-15371	2,64	9221	1,98	5428	2,31	-14586	2,63	8960	1,98	5166	2,3	-15763	2,66	8698	1,96	5428	2,29	-14455	2,65	8175	1,96	5428	2,3	-14455	2,65	9483
CARA B	1,97	5166	2,29	-15632	2,63	9483	1,96	5166	2,29	-14586	2,65	8698	1,98	5166	2,29	-14586	2,67	8698												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	4,02	-2561	4,27	5558	4,53	-7653	4,07	-2028	4,31	4250	4,57	-6476	4,07	-2420	4,31	5820	4,57	-8569												
CARA B	4,11	-2028	4,34	4904	4,59	-6737	4,12	-1505	4,38	3858	4,64	-5952	4,12	-2420	4,37	5558	4,62	-7130												

7C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,97	4904	2,3	-14717	2,65	8436	1,97	5166	2,29	-14324	2,67	8436	1,96	5166	2,29	-14324	2,65	8436	1,96	5558	2,27	-14455	2,63	8436	1,96	5558	2,29	-15109	2,63	10268
CARA B	1,96	5166	2,29	-14193	2,65	8829	1,96	4904	2,31	-14847	2,65	8436	1,98	5166	2,3	-14324	2,67	8175												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	4,06	-2028	4,29	4904	4,54	-7653	4,06	-2159	4,31	4904	4,56	-7391	4,05	-2420	4,28	5428	4,54	-7915												
CARA B	4,09	-2420	4,32	5428	4,58	-7653	4,09	-2159	4,34	5035	4,58	-7784	4,08	-2290	4,32	5166	4,58	-7522												

8C2	Onda directa																													
	1						2						3						4						5					
	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3
CARA A	1,96	5166	2,29	-14193	2,67	8829	1,98	5297	2,31	-14586	2,68	9221	1,94	5428	2,27	-14978	2,62	8436	1,96	5428	2,28	-14717	2,62	8698	1,96	5558	2,29	-14978	2,63	8960
CARA B	1,96	5166	2,29	-14455	2,67	8436	1,97	5166	2,29	-15240	2,65	8436	1,98	5035	2,3	-14455	2,67	9744												
Onda reflejada																														
1						2						3						4						5						
T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	T1	A1	T2	A2	T3	A3	
CARA A	4,02	-2551	4,28	5428	4,54	-7653	4,12	-1636	4,35	3858	4,58	-6868	4,05	-2028	4,28	4904	4,54	-7260												
CARA B	4,1	-1897	4,33	4643	4,58	-6345	4,13	-2159	4,35	4643	4,62	-7522	4,09	-2420	4,33	5558	4,59	-7653												

PROMEDIOS

PROMEDIO DE TIEMPO EN LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 1

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	1,96	1,95	1,96	1,96	0,00
	Posición 2	2,26	2,27	2,27	2,27	0,00
	Posición 3	2,60	2,59	2,58	2,59	0,01

		1C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00
	Posición 2	4,22	4,23	4,23	4,23	0,01
	Posición 3	4,47	4,46	4,46	4,47	0,01

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	1,96	1,95	1,97	1,96	0,01
	Posición 2	2,26	2,27	2,26	2,26	0,01
	Posición 3	2,59	2,60	2,59	2,59	0,01

		2C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	3,99	3,99	3,99	3,99	0,00
	Posición 2	4,21	4,21	4,21	4,21	0,00
	Posición 3	4,46	4,48	4,47	4,47	0,01

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	1,96	1,96	1,95	1,95	0,01
	Posición 2	2,26	2,27	2,25	2,26	0,01
	Posición 3	2,59	2,59	2,58	2,59	0,01

		3C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	3,99	4,00	3,99	4,00	0,01
	Posición 2	4,21	4,23	4,22	4,22	0,01
	Posición 3	4,47	4,49	4,48	4,48	0,02

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	1,96	1,95	1,94	1,95	0,01
	Posición 2	2,26	2,27	2,25	2,26	0,01
	Posición 3	2,60	2,60	2,57	2,59	0,02

		4C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	3,98	4,02	4,00	4,00	0,03
	Posición 2	4,20	4,24	4,22	4,22	0,03
	Posición 3	4,46	4,49	4,48	4,48	0,02

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 1

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,96	1,95	1,95	1,96	0,00
	Posición 2	2,27	2,26	2,26	2,26	2,26	0,00
	Posición 3	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	0,00
REFLEJADA	Posición 1	4,00	3,99	3,99	4,00	3,99	0,01
	Posición 2	4,23	4,21	4,22	4,22	4,22	0,01
	Posición 3	4,47	4,47	4,48	4,48	4,47	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 1

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	7022,33	6474,33	7063,00	6853,22	328,76
	Posición 2	-16592,67	-16330,00	-16875,00	-16599,22	272,56
	Posición 3	9632,67	9003,33	9025,00	9220,33	357,26

		1C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	-2717,67	-2551,00	-2634,33	-2634,33	117,85
	Posición 2	6414,00	5602,00	6008,00	6008,00	406,00
	Posición 3	-8416,00	-8350,67	-8383,33	-8383,33	462,20

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	6997,00	6343,00	7128,50	6168,33	420,72
	Posición 2	-16504,00	-15370,67	-16417,00	-16097,22	630,72
	Posición 3	9221,00	8828,67	9221,50	9090,39	226,66

		2C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	-2725,67	-1577,63	-2151,65	-2151,65	811,78
	Posición 2	6081,67	4773,67	5427,67	5427,67	924,90
	Posición 3	-8263,33	-7567,00	-7915,17	-7915,17	492,38

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	7084,33	6779,67	7047,50	6970,50	166,29
	Posición 2	-16330,00	-15937,67	-16221,00	-16162,89	202,52
	Posición 3	9570,00	8916,00	9286,50	9257,50	327,96

		3C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	-2856,33	-2595,00	-2725,67	-2725,67	184,79
	Posición 2	6168,67	5645,33	5907,00	5907,00	370,05
	Posición 3	-8350,67	-7914,67	-8132,67	-8132,67	308,30

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO	CARAS
DIRECTA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	6910,33	6561,33	7193,50	6888,39	316,65
	Posición 2	-16242,67	-15458,00	-16352,00	-16017,56	487,66
	Posición 3	8872,33	8741,67	8829,00	8814,33	66,56

		4C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO	CARAS	Desv
REFLEJADA		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
	Posición 1	-2856,67	-2028,00	-2442,33	-2442,33	585,96
	Posición 2	5820,00	4947,67	5383,83	5383,83	616,83
	Posición 3	-7653,00	-6955,00	-7304,00	-7304,00	493,56

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 1

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	6853,22	6168,33	6970,50	6888,39	6720,11	371,12
	Posición 2	-16599,22	-16097,22	-16162,89	-16017,56	-16219,22	260,21
	Posición 3	9220,33	9090,39	9257,50	8814,33	9095,64	200,76
REFLEJADA	Posición 1	-2634,33	-2151,65	-2725,67	-2442,33	-2488,50	253,72
	Posición 2	6008,00	5427,67	5907,00	5383,83	5441,55	353,69
	Posición 3	-8383,33	-7914,17	-8132,67	-7304,00	-7933,54	461,40

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 1

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,98	1,97	0,01
	Posición 2	2,31	2,31	2,31	2,31	0,00
	Posición 3	2,67	2,66	2,67	2,66	0,00

		5C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,15	4,17	4,16 0,01		
	Posición 2	4,39	4,40	4,40 0,01		
	Posición 3	4,65	4,67	4,66 0,01		

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,99	1,97	1,96	1,97	0,02
	Posición 2	2,32	2,30	2,29	2,30	0,02
	Posición 3	2,66	2,66	2,66	2,66	0,00

		6C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,14	4,16	4,15 0,01		
	Posición 2	4,39	4,43	4,41 0,03		
	Posición 3	4,64	4,69	4,67 0,04		

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,97	1,98	1,98	0,00
	Posición 2	2,31	2,30	2,31	2,31	0,00
	Posición 3	2,66	2,67	2,66	2,66	0,01

		7C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,11	4,10 0,01		
	Posición 2	4,34	4,36	4,35 0,01		
	Posición 3	4,60	4,63	4,61 0,02		

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,97	1,98	1,97	0,01
	Posición 2	2,32	2,30	2,31	2,31	0,01
	Posición 3	2,68	2,66	2,66	2,67	0,01

		8C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,13	4,13	4,13 0,00		
	Posición 2	4,36	4,39	4,38 0,02		
	Posición 3	4,63	4,66	4,65 0,02		

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 1

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,97	1,98	1,97	1,97	0,01
	Posición 2	2,31	2,30	2,31	2,31	2,31	0,01
	Posición 3	2,66	2,66	2,66	2,67	2,66	0,00

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,16	4,15	4,10	4,13	4,14	0,03
	Posición 2	4,40	4,41	4,35	4,38	4,39	0,03
	Posición 3	4,66	4,67	4,61	4,65	4,65	0,03

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 1

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4904,33	4948,00	5100,50	4984,28	102,99
	Posición 2	-13495,67	-13103,33	-13932,00	-13510,33	414,53
	Posición 3	8262,00	7450,00	8567,00	8093,00	577,36

		5C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1559,67	-1286,67	-1423,17 193,04		
	Posición 2	3113,00	3160,33	3136,67 33,47		
	Posición 3	-4625,33	-4513,67	-4569,50 78,96		

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4991,33	4947,67	5166,00	5035,00	115,53
	Posición 2	-14193,67	-13888,33	-13408,50	-13830,17	395,80
	Posición 3	7956,33	8087,33	7782,00	7941,89	153,18

		6C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1897,00	-1417,67	-1657,33 338,94		
	Posición 2	3160,33	3160,33	3160,33 0,00		
	Posición 3	-4906,00	-4295,67	-4600,83 431,57		

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4861,00	4904,00	5035,00	4933,33	90,63
	Posición 2	-13496,00	-12972,67	-13932,00	-13466,89	480,33
	Posición 3	7738,67	7520,67	8763,50	8007,61	663,63

		7C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1984,33	-1374,00	-1679,17 431,57		
	Posición 2	3770,67	2942,33	3356,50 585,72		
	Posición 3	-5255,00	-4469,67	-4862,33 555,31		

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4860,67	4904,00	5362,00	5042,22	277,78
	Posición 2	-13670,33	-13059,67	-13997,50	-13575,83	476,00
	Posición 3	8043,67	7913,00	8044,00	8000,22	75,54

		8C2				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1984,33	-1461,33	-1722,83 369,82		
	Posición 2	3465,00	3378,33	3421,67 61,28		
	Posición 3	-5385,67	-4906,00	-5145,83 339,18		

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 1

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	4427,85	5035,00	4933,33	5042,22	4859,60	292,10
	Posición 2	-11962,33	-13830,17	-13466,89	-13575,83	-13208,81	844,81
	Posición 3	7161,70	7941,89	8007,61	8000,22	7777,86	411,82

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1423,17	-1657,33	-1679,17	-1722,83	-1620,63	134,42
	Posición 2	3136,67	3160,33	3356,50	3421,67	3268,79	141,76
	Posición 3	-4569,50	-4600,83	-4862,33	-5145,83	-4794,62	268,43

PROMEDIO TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 2

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	2,00	1,99	1,97	1,99	0,02
	Posición 2	2,29	2,29	2,26	2,28	0,02
	Posición 3	2,60	2,60	2,57	2,59	0,02

		1C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	3,92	3,93	3,93	3,93	0,00
	Posición 2	4,12	4,15	4,14	4,14	0,02
	Posición 3	4,38	4,39	4,38	4,38	0,01

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	2,00	1,99	1,96	1,98	0,02
	Posición 2	2,30	2,29	2,25	2,28	0,03
	Posición 3	2,61	2,61	2,56	2,59	0,03

		2C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	3,93	3,90	3,92	3,92	0,02
	Posición 2	4,14	4,12	4,13	4,13	0,01
	Posición 3	4,39	4,37	4,38	4,38	0,02

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	2,01	1,99	1,96	1,98	0,02
	Posición 2	2,30	2,28	2,25	2,28	0,02
	Posición 3	2,62	2,61	2,56	2,59	0,03

		3C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	3,93	3,93	3,93	3,93	0,00
	Posición 2	4,14	4,14	4,14	4,14	0,00
	Posición 3	4,38	4,38	4,38	4,38	0,00

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	2,01	1,99	1,96	1,99	0,02
	Posición 2	2,31	2,29	2,25	2,28	0,03
	Posición 3	2,62	2,61	2,56	2,59	0,03

		4C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	3,94	3,94	3,94	3,94	0,00
	Posición 2	4,14	4,16	4,15	4,15	0,01
	Posición 3	4,39	4,40	4,40	4,40	0,00

PROMEDIO TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 2

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,99	1,98	1,98	1,96	1,98	0,01
	Posición 2	2,28	2,28	2,28	2,25	2,27	0,01
	Posición 3	2,59	2,59	2,59	2,56	2,58	0,01

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	3,93	3,92	3,93	3,94	3,93	0,01
	Posición 2	4,14	4,13	4,14	4,15	4,14	0,01
	Posición 3	4,38	4,38	4,38	4,40	4,39	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 2

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	8087,33	7738,67	8175,00	8000,33	230,81
	Posición 2	-19905,33	-18772,00	-19949,00	-19542,11	667,29
	Posición 3	12578,67	10965,00	11772,00	11771,89	806,83

		1C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-4033,67	-3903,00	-3968,33	92,40	
	Posición 2	9918,67	9788,00	9853,33	92,40	
	Posición 3	-14804,00	-14193,33	-14498,67	431,81	

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	8044,00	7477,00	8175,00	7898,67	371,00
	Posición 2	-19949,00	-18379,33	-19753,00	-19360,44	855,30
	Posición 3	11837,33	10747,00	11968,00	11517,44	670,42

		2C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-3423,33	-3554,33	-3488,83	92,63	
	Posición 2	8828,67	9308,33	9068,50	339,18	
	Posición 3	-13801,00	-14019,00	-13910,00	154,15	

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	8174,67	7869,33	8174,50	8072,83	176,24
	Posición 2	-19949,00	-18815,67	-19687,50	-19484,06	593,43
	Posición 3	12230,00	11052,33	11837,50	11706,61	599,64

		3C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-4251,67	-3467,33	-3859,50	554,61	
	Posición 2	9701,00	9047,00	9374,00	462,45	
	Posición 3	-14237,00	-12275,00	-13256,00	1387,34	

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	8262,00	7564,00	7978,50	7934,83	351,04
	Posición 2	-19905,67	-18248,67	-19557,00	-19237,11	873,59
	Posición 3	11488,67	10790,67	11445,00	11241,44	391,00

		4C1				
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS		
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-3859,33	-3510,33	-3684,83	246,78	
	Posición 2	9482,67	9352,00	9417,33	92,40	
	Posición 3	-13452,33	-12754,33	-13103,33	493,56	

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 2

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	8000,33	7898,67	8072,83	7934,83	7976,67	76,68
	Posición 2	-19542,11	-19360,44	-19484,06	-19237,11	-19405,93	135,67
	Posición 3	11771,89	11517,44	11706,61	11241,44	11559,35	237,82

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-3968,33	-3488,83	-3859,50	-3684,83	-3750,37	209,85
	Posición 2	9853,33	9068,50	9374,00	9417,33	9428,29	323,10
	Posición 3	-14498,67	-13910,00	-13256,00	-13103,33	-13692,00	641,58

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 2

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,95	1,96	0,01
	Posición 2	2,30	2,29	2,28	2,29	0,01
	Posición 3	2,65	2,64	2,64	2,64	0,01

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,08	4,11	4,09	0,02
	Posición 2	4,34	4,35	4,34	0,00
	Posición 3	4,60	4,60	4,60	0,00

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,96	1,96	1,97	0,01
	Posición 2	2,29	2,30	2,29	2,29	0,01
	Posición 3	2,64	2,65	2,64	2,64	0,01

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,07	4,13	4,10	0,04
	Posición 2	4,31	4,38	4,35	0,05
	Posición 3	4,59	4,64	4,62	0,04

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,96	1,98	1,97	0,01
	Posición 2	2,30	2,30	2,30	2,30	0,00
	Posición 3	2,65	2,65	2,65	2,65	0,00

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,09	4,09	0,00
	Posición 2	4,33	4,33	4,33	0,00
	Posición 3	4,58	4,59	4,58	0,00

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,96	1,98	1,97	0,01
	Posición 2	2,29	2,30	2,30	2,30	0,00
	Posición 3	2,67	2,64	2,64	2,65	0,02

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,13	4,11	0,03
	Posición 2	4,32	4,36	4,34	0,02
	Posición 3	4,58	4,62	4,60	0,03

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 2

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,97	1,97	1,97	0,01
	Posición 2	2,29	2,29	2,30	2,30	2,30	0,01
	Posición 3	2,64	2,64	2,65	2,65	2,65	0,01

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,10	4,09	4,11	4,10	0,01
	Posición 2	4,34	4,35	4,33	4,34	4,34	0,01
	Posición 3	4,60	4,62	4,58	4,60	4,60	0,02

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 2

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5165,67	4904,00	5101,00	5056,89	136,30
	Posición 2	-14324,00	-13844,33	-14716,50	-14294,94	436,81
	Posición 3	9046,67	7956,67	9090,50	8697,94	642,34

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2202,33	-1766,00	-1984,17	308,53
	Posición 2	2244,67	4120,00	3182,33	1326,06
	Posición 3	-6431,67	-5996,33	-6214,00	307,83

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4991,33	4991,33	5166,00	5049,56	100,84
	Posición 2	-14978,00	-14324,33	-14259,00	-14520,44	397,60
	Posición 3	8610,67	8436,33	8436,50	8494,50	100,60

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2158,67	-1635,67	-1897,17	369,82
	Posición 2	4686,33	3553,00	4119,67	801,39
	Posición 3	-6606,67	-5342,00	-5974,33	894,25

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5035,00	4860,67	5362,00	5085,89	254,51
	Posición 2	-14411,33	-13888,33	-14651,50	-14317,06	390,22
	Posición 3	8174,67	8043,67	9221,50	8479,94	645,54

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1679,33	-1853,33	-1766,33	123,04
	Posición 2	3378,67	3858,00	3618,33	338,94
	Posición 3	-5560,00	-5909,00	-5734,50	246,78

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5035,00	4947,67	5231,50	5071,39	145,37
	Posición 2	-14149,67	-14281,00	-14585,50	-14338,72	223,58
	Posición 3	8523,67	8349,00	8632,50	8501,72	143,02

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1853,67	-1679,00	-1766,33	123,51
	Posición 2	3858,00	3465,33	3661,67	277,66
	Posición 3	-6039,67	-5613,33	-5826,50	301,46

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 2

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	5056,89	5049,56	5085,89	5071,39	5065,93	16,10
	Posición 2	-14294,94	-14520,44	-14317,06	-14338,72	-14367,79	103,32
	Posición 3	8697,94	8494,50	8479,94	8501,72	8543,53	103,34

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-1984,17	-1897,17	-1766,33	-1766,33	-1853,50	106,74
	Posición 2	3182,33	4119,67	3618,33	3661,67	3645,50	383,13
	Posición 3	-6214,00	-5974,33	-5734,50	-5826,50	-5937,33	209,24

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 3

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,97	1,96	1,97	0,01
	Posición 2	2,26	2,26	2,25	2,26	0,01
	Posición 3	2,43	2,58	2,55	2,52	0,08
	Promedio					

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,57	3,85	3,71	0,19
	Posición 2	4,01	4,04	4,02	0,02
	Posición 3	4,25	4,27	4,26	0,02
	Promedio				

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,96	1,97	1,97	0,01
	Posición 2	2,27	2,26	2,26	2,26	0,01
	Posición 3	2,57	2,57	3,06	2,73	0,28
	Promedio					

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,83	3,81	3,82	0,02
	Posición 2	4,04	4,03	4,03	0,01
	Posición 3	4,27	4,27	4,27	0,00
	Promedio				

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,98	1,97	1,97	0,01
	Posición 2	2,26	2,27	2,27	2,27	0,00
	Posición 3	2,57	2,58	2,56	2,57	0,01
	Promedio					

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,82	3,84	3,83	0,01
	Posición 2	4,01	4,04	4,03	0,02
	Posición 3	4,26	4,26	4,26	0,00
	Promedio				

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,97	1,97	1,97	0,00
	Posición 2	2,26	2,27	2,27	2,27	0,00
	Posición 3	2,57	2,58	2,57	2,57	0,00
	Promedio					

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,82	3,87	3,84	0,03
	Posición 2	4,01	4,06	4,04	0,04
	Posición 3	4,26	4,29	4,28	0,02
	Promedio				

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 DE LA SESIÓN 3

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	0,00
	Posición 2	2,26	2,26	2,27	2,27	2,27	0,01
	Posición 3	2,52	2,73	2,57	2,57	2,60	0,09

REFLEJADA	Posición 1	3,71	3,82	3,83	3,84	3,80	0,06
	Posición 2	4,02	4,03	4,03	4,04	4,03	0,01
	Posición 3	4,26	4,27	4,26	4,28	4,27	0,01

PROMEDIO AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 EN LA SESIÓN 3

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8741,67	8392,67	8894,50	8676,28	257,23
	Posición 2	-21780,67	-20777,67	-21976,50	-21511,61	643,11
	Posición 3	14235,33	12622,33	13538,00	13465,22	808,96
	Promedio					

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4208,00	-3598,00	-3903,00	431,34
	Posición 2	14017,67	11881,33	12949,50	1510,62
	Posición 3	-20515,67	-19120,67	-19818,17	986,41
	Promedio				

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8785,33	8523,33	8959,50	8756,06	219,55
	Posición 2	-22042,00	-20429,00	-21976,50	-21482,50	912,95
	Posición 3	13799,33	12578,33	13538,00	13305,22	642,92
	Promedio					

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-3946,67	-4034,00	-3990,33	61,75
	Posición 2	13407,00	13058,33	13232,67	246,54
	Posición 3	-20167,00	-20610,00	-20388,50	313,25
	Promedio				

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8075,00	8436,00	8894,00	8468,33	410,46
	Posición 2	-21649,67	-20865,00	-22042,00	-21518,89	599,30
	Posición 3	14061,33	12578,67	13930,00	13523,33	820,74
	Promedio					

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4687,67	-4208,00	-4447,83	339,18
	Posición 2	14759,00	13581,33	14170,17	832,74
	Posición 3	-21693,00	-20777,33	-21235,17	647,47
	Promedio				

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8872,67	8349,00	8959,50	8727,06	330,27
	Posición 2	-21562,33	-20952,00	-21715,00	-21409,78	403,73
	Posición 3	12840,00	12447,67	12818,50	12702,06	220,57
	Promedio					

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4164,33	-4033,67	-4099,00	92,40
	Posición 2	13668,67	12055,00	12861,83	1141,03
	Posición 3	-19513,00	-18641,00	-19077,00	616,60
	Promedio				

PROMEDIO AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 1 EN LA SESIÓN 3

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	8676,28	8756,06	8468,33	8727,06	8656,93	129,99
	Posición 2	-21511,61	-21482,50	-21518,89	-21409,78	-21480,70	49,82
	Posición 3	13465,22	13305,22	13523,33	12702,06	13248,96	376,08

REFLEJADA	Posición 1	-3903,00	-3990,33	-4447,83	-4099,00	-4110,04	239,04
	Posición 2	12949,50	13232,67	14170,17	12861,83	13303,54	599,03
	Posición 3	-19818,17	-20388,50	-21235,17	-19077,00	-20129,71	911,82

PROMEDIO TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 3

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,95	1,95	1,95	0,00
	Posición 2	2,28	2,28	2,29	2,28	0,00
	Posición 3	2,65	2,63	2,64	2,64	0,01

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,95	1,96	1,96	0,01
	Posición 2	2,20	2,29	2,28	2,26	0,05
	Posición 3	2,64	2,63	2,64	2,64	0,00

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,96	1,96	1,96	0,00
	Posición 2	2,29	2,28	2,28	2,28	0,00
	Posición 3	2,64	2,65	2,64	2,64	0,01

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,96	1,95	1,96	0,01
	Posición 2	2,29	2,29	2,28	2,29	0,01
	Posición 3	2,66	2,63	2,62	2,64	0,02

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,10	4,10	0,00
	Posición 2	4,33	4,34	4,34	0,01
	Posición 3	4,60	4,59	4,59	0,00

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,07	4,15	4,11	0,06
	Posición 2	4,31	4,38	4,34	0,05
	Posición 3	4,57	4,62	4,59	0,04

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,04	4,09	4,07	0,04
	Posición 2	4,28	4,32	4,30	0,03
	Posición 3	4,54	4,57	4,56	0,03

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,07	4,10	4,09	0,02
	Posición 2	4,30	4,35	4,33	0,04
	Posición 3	4,55	4,61	4,58	0,04

PROMEDIO TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 DE LA SESIÓN 3

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96	0,01
	Posición 2	2,28	2,26	2,28	2,29	2,28	0,01
	Posición 3	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	0,00

REFLEJADA	Posición 1	4,10	4,11	4,07	4,09	4,09	0,02
	Posición 2	4,34	4,34	4,30	4,33	4,33	0,02
	Posición 3	4,59	4,59	4,56	4,58	4,58	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 3

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5583,00	4904,33	5166,00	5217,78	342,28
	Posición 2	-14498,33	-14149,67	-14193,50	-14280,50	189,92
	Posición 3	8872,33	8087,33	8894,50	8618,06	459,75

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5166,00	5166,00	5316,00	5216,00	86,60
	Posición 2	-15022,00	-14673,00	-14324,00	-14673,00	349,00
	Posición 3	8305,33	8392,67	8693,00	8463,67	203,35

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	4948,00	5035,00	5297,00	5093,33	181,67
	Posición 2	-14237,00	-14324,33	-14390,00	-14317,11	76,76
	Posición 3	8087,67	7972,00	9286,50	8448,72	727,84

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5166,00	5035,00	5231,50	5144,17	100,05
	Posición 2	-14454,67	-14411,33	-14585,50	-14483,83	90,67
	Posición 3	8654,33	8436,33	8502,00	8530,89	111,83

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2289,67	-2071,67	-2180,67	154,15
	Posición 2	5079,00	4686,00	4882,50	277,89
	Posición 3	-7089,33	-6606,33	-6847,83	341,53

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2320,33	-1766,33	-2043,33	391,74
	Posición 2	4861,00	3986,67	4423,83	618,25
	Posición 3	-6693,33	-6039,67	-6366,50	462,21

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2376,67	-2028,00	-2202,33	246,54
	Posición 2	5209,67	4730,00	4969,83	339,18
	Posición 3	-7173,00	-6955,00	-7064,00	154,15

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2071,67	-1940,67	-2006,17	92,63
	Posición 2	4555,67	4337,67	4446,67	154,15
	Posición 3	-6781,00	-6650,00	-6715,50	92,63

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 3

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	5217,78	5216,00	5093,33	5144,17	5167,82	60,35
	Posición 2	-14280,50	-14673,00	-14317,11	-14483,83	-14438,61	179,58
	Posición 3	8618,06	8463,67	8448,72	8530,89	8515,34	77,25

REFLEJADA	Posición 1	-2180,67	-2043,33	-2202,33	-2006,17	-2108,13	97,86
	Posición 2	4882,50	4423,83	4969,83	4446,67	4680,71	285,82
	Posición 3	-6847,83	-6366,50	-7064,00	-6715,50	-6748,46	292,36

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DE CURADO C1 DE LA SESIÓN 4

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,96	1,97	1,96	0,01
	Posición 2	2,24	2,25	2,25	2,25	0,01
	Posición 3	2,54	2,55	2,56	2,55	0,01
	Promedio					

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,76	3,81	3,79	0,04
	Posición 2	3,97	4,01	3,99	0,03
	Posición 3	4,20	4,25	4,23	0,03
	Promedio				

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,95	1,96	1,95	0,00
	Posición 2	2,24	2,25	2,24	2,24	0,00
	Posición 3	2,54	2,55	2,54	2,54	0,00
	Promedio					

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,79	3,75	3,77	0,02
	Posición 2	3,98	3,96	3,97	0,01
	Posición 3	4,21	4,20	4,21	0,01
	Promedio				

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,95	1,95	1,95	0,01
	Posición 2	2,25	2,24	2,24	2,24	0,00
	Posición 3	2,55	2,55	2,54	2,54	0,01
	Promedio					

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,77	3,78	3,78	0,00
	Posición 2	3,97	3,98	3,98	0,00
	Posición 3	4,21	4,22	4,22	0,01
	Promedio				

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,96	1,96	1,96	0,00
	Posición 2	2,24	2,25	2,25	2,24	0,01
	Posición 3	2,54	2,55	2,54	2,54	0,01
	Promedio					

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,77	3,81	3,79	0,03
	Posición 2	3,97	4,01	3,99	0,02
	Posición 3	4,21	4,25	4,23	0,02
	Promedio				

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DE CURADO C1 DE LA SESIÓN 4

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	1,96	1,95	1,95	1,96

		2,25	2,24	2,24	2,24	2,24	0,00
		2,55	2,54	2,54	2,54	2,54	0,00
REFLEJADA	Posición 1	3,79	3,77	3,78	3,79	3,78	0,01
		3,99	3,97	3,98	3,99	3,98	0,01
		4,23	4,21	4,22	4,23	4,22	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 4

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8960,00	8654,33	8894,50	8836,28	160,94
	Posición 2	-22260,00	-21562,33	-21845,50	-21889,28	350,89
	Posición 3	15020,33	13102,00	14061,50	14061,28	959,17
	Promedio					

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4688,00	-4251,67	-4469,83	308,53
	Posición 2	16023,33	15630,67	15827,00	277,66
	Posición 3	-24135,00	-24440,33	-24287,67	215,90
	Promedio				

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8872,67	8349,00	9025,00	8748,89	354,59
	Posición 2	-22434,33	-20821,33	-22369,00	-21874,89	912,99
	Posición 3	14759,00	13058,00	14519,00	14112,00	920,64
	Promedio					

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4295,33	-4208,33	-4251,83	61,52
	Posición 2	15238,67	15674,33	15456,50	308,06
	Posición 3	-23699,33	-24048,00	-23873,67	246,54
	Promedio				

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8916,33	8610,67	9025,00	8850,67	214,83
	Posición 2	-22173,00	-21431,33	-22107,50	-21903,94	410,60
	Posición 3	14715,33	13319,67	14650,00	14228,33	787,61
	Promedio					

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4906,00	-4382,67	-4644,33	370,05
	Posición 2	16023,33	15195,00	15609,17	585,72
	Posición 3	-24658,33	-22870,67	-23764,50	1264,07
	Promedio				

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8829,00	8567,00	9025,00	8807,00	229,79
	Posición 2	-22260,00	-21257,33	-22042,00	-21853,11	527,35
	Posición 3	13799,33	13058,33	13995,50	13617,72	494,27
	Promedio					

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4382,33	-3990,33	-4186,33	277,19
	Posición 2	14453,67	14191,67	14322,67	185,26
	Posición 3	-22042,00	-21867,67	-21954,83	123,27
	Promedio				

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 4

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	8836,28	8748,89	8850,67	8807,00

		-21889,28	-21874,89	-21903,94	-21853,11	-21880,31	21,67
		14061,28	14112,00	14228,33	13617,72	14004,83	267,38
REFLEJADA	Posición 1	-4469,83	-4251,83	-4644,33	-4186,33	-4388,08	209,46
		15827,00	15456,50	15609,17	14322,67	15303,83	671,55
		-24287,67	-23873,67	-23764,50	-21954,83	-23470,17	1035,05

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 4

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,93	1,96	1,95	0,01
	Posición 2	2,28	2,28	2,29	2,28	0,00
	Posición 3	2,63	2,62	2,64	2,63	0,01

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,10	4,10	0,01
	Posición 2	4,32	4,33	4,33	0,01
	Posición 3	4,59	4,59	4,59	0,00

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,93	1,97	1,95	0,02
	Posición 2	2,29	2,26	2,29	2,28	0,01
	Posición 3	2,63	2,62	2,64	2,63	0,01

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,07	4,11	4,09	0,03
	Posición 2	4,31	4,35	4,33	0,03
	Posición 3	4,56	4,61	4,59	0,04

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,93	1,96	1,95	0,01
	Posición 2	2,28	2,28	2,29	2,28	0,00
	Posición 3	2,63	2,62	2,64	2,63	0,01

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,10	4,10	0,01
	Posición 2	4,32	4,33	4,33	0,01
	Posición 3	4,59	4,59	4,59	0,00

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,95	1,96	1,95	0,01
	Posición 2	2,29	2,28	2,28	2,28	0,01
	Posición 3	2,65	2,63	2,62	2,63	0,02

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	4,08	4,10	4,09	0,01
	Posición 2	4,31	4,33	4,32	0,02
	Posición 3	4,57	4,60	4,59	0,02

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 4

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	0,00
	Posición 2	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	0,00
	Posición 3	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	0,00

REFLEJADA	Posición 1	4,10	4,09	4,10	4,09	4,10	0,01
	Posición 2	4,33	4,33	4,33	4,32	4,33	0,00
	Posición 3	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	0,00

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 4

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5253,33	5209,67	5427,50	5296,83	115,25
	Posición 2	-14891,00	-13277,67	-14782,00	-14316,89	901,64
	Posición 3	9308,33	7782,33	8763,50	8618,06	773,33

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2420,33	-1548,00	-1984,17	616,83
	Posición 2	5340,33	4643,00	4991,67	493,09
	Posición 3	-7391,33	-6737,00	-7064,17	462,68

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5297,00	5209,67	5362,50	5289,72	76,68
	Posición 2	-15152,67	-14062,67	-14455,00	-14556,78	552,08
	Posición 3	8392,33	8523,33	8828,50	8581,39	223,80

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2115,33	-1766,33	-1940,83	246,78
	Posición 2	4555,67	4294,00	4424,83	185,03
	Posición 3	-6606,33	-5909,00	-6257,67	493,09

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5122,33	5166,00	5623,50	5303,94	277,60
	Posición 2	-14237,00	-13670,00	-14455,00	-14120,67	405,22
	Posición 3	8349,33	8087,67	8894,00	8443,67	411,36

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2115,00	-1679,33	-1897,17	308,06
	Posición 2	5122,67	4294,00	4708,33	585,96
	Posición 3	-7347,67	-6388,33	-6868,00	678,35

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv
DIRECTA	Posición 1	5296,67	5122,33	5623,50	5347,50	254,42
	Posición 2	-13888,00	-13975,33	-14586,00	-14149,78	380,29
	Posición 3	8392,67	8480,00	8763,00	8545,22	193,59

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
		Promedio	Promedio	Promedio	Desv
REFLEJADA	Posición 1	-2246,00	-1766,33	-2006,17	339,18
	Posición 2	5035,33	4817,00	4926,17	154,38
	Posición 3	-7347,33	-6475,67	-6911,50	616,36

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 4

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
DIRECTA	Posición 1	5296,83	5289,72	5303,94	5347,50	5309,50	25,99
	Posición 2	-14316,89	-14556,78	-14120,67	-14149,78	-14286,03	200,14
	Posición 3	8618,06	8581,39	8443,67	8545,22	8547,09	75,08

REFLEJADA	Posición 1	-1984,17	-1940,83	-1897,17	-2006,17	-1957,09	48,29
	Posición 2	4991,67	4424,83	4708,33	4926,17	4762,75	255,77
	Posición 3	-7064,17	-6527,67	-6868,00	-6911,50	-6842,84	226,32

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LA PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 5

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,99	1,98	2,01	1,99	0,02
	Posición 2	2,28	2,28	2,30	2,28	0,01
	Posición 3	2,58	2,59	2,60	2,59	0,01
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,98	2,01	1,99	0,02
	Posición 2	2,27	2,27	2,30	2,28	0,01
	Posición 3	2,58	2,59	2,61	2,59	0,01
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,99	2,01	1,99	0,02
	Posición 2	2,27	2,28	2,30	2,28	0,01
	Posición 3	2,58	2,59	2,60	2,59	0,01
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,99	2,01	1,99	0,02
	Posición 2	2,27	2,28	2,30	2,28	0,01
	Posición 3	2,58	2,59	2,60	2,59	0,01
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,79	3,81	3,80	0,02
	Posición 2	3,99	4,01	4,00	0,02
	Posición 3	4,21	4,25	4,23	0,03
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,80	3,78	3,79	0,01
	Posición 2	3,99	3,98	3,99	0,01
	Posición 3	4,23	4,22	4,22	0,01
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,78	3,81	3,80	0,02
	Posición 2	3,98	4,01	4,00	0,02
	Posición 3	4,22	4,25	4,23	0,02
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	3,78	3,81	3,80	0,02
	Posición 2	3,98	4,01	4,00	0,02
	Posición 3	4,22	4,25	4,23	0,02
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 5

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	1,99	1,99	1,99	1,99
Posición 2	2,28		2,28	2,28	2,28	2,28	0,00
Posición 3	2,59		2,59	2,59	2,59	2,59	0,00

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		REFLEJADA	Posición 1	3,80	3,79	3,80	3,80
Posición 2	4,00		3,99	4,00	4,00	4,00	0,00
Posición 3	4,23		4,22	4,23	4,23	4,23	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 5

		1C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8959,67	8698,00	9025,00	8894,22	173,04
	Posición 2	-22914,33	-21605,67	-22565,50	-22361,83	677,69
	Posición 3	15107,67	13581,33	14609,50	14432,83	778,35
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		2C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	9323,67	8875,67	8894,00	9031,11	253,53
	Posición 2	-22739,67	-22129,33	-23023,50	-22630,83	456,91
	Posición 3	14846,33	13625,00	14715,00	14395,44	670,45
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		3C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	9323,67	8875,67	8894,00	9031,11	253,53
	Posición 2	-22739,67	-22129,33	-23023,50	-22630,83	456,91
	Posición 3	14846,33	13625,00	14715,00	14395,44	670,45
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		4C1				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	8960,00	8785,33	9090,50	8945,28	153,12
	Posición 2	-22434,33	-21998,33	-22434,50	-22289,06	251,77
	Posición 3	13799,33	13319,67	13864,50	13661,17	297,54
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv	

		1C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4382,33	-4033,67	-4208,00	246,54
	Posición 2	17462,33	16546,33	17004,33	647,71
	Posición 3	-26053,67	-25617,67	-25835,67	308,30
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		2C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-5167,67	-4436,33	-4802,00	517,13
	Posición 2	17801,00	16633,67	17217,33	825,43
	Posición 3	-26315,00	-25792,00	-26053,50	369,82
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		3C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-5167,67	-4436,33	-4802,00	517,13
	Posición 2	17801,00	16633,67	17217,33	825,43
	Posición 3	-26315,00	-25792,00	-26053,50	369,82
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

		4C1			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-4295,67	-4251,67	-4273,67	31,11
	Posición 2	16721,00	16197,67	16459,33	370,05
	Posición 3	-25094,33	-24091,33	-24592,83	709,23
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Desv

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO C1 EN LA SESIÓN 5

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	8894,22	9031,11	9031,11	8945,28
Posición 2	-22361,83		-22630,83	-22630,83	-22289,06	-22478,14	178,80
Posición 3	14432,83		14395,44	14935,44	13661,17	14356,22	524,72

		1C1	2C1	3C1	4C1	PROMEDIO	Desv
		REFLEJADA	Posición 1	-4208,00	-4802,00	-4802,00	-4273,67
Posición 2	17004,33		17217,33	17217,33	16459,33	16974,58	357,87
Posición 3	-25835,67		-26053,50	-26053,50	-24592,83	-25633,88	701,59

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 5

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,96	1,96	0,01
	Posición 2	2,29	2,30	2,29	2,29	0,01
	Posición 3	2,64	2,65	2,64	2,65	0,01
	Promedio					

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	4,09	4,10	4,10	0,00
	Posición 2	4,32	4,33	4,33	0,00
	Posición 3	4,58	4,58	4,58	0,00
	Promedio				

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,98	1,97	1,96	1,97	0,01
	Posición 2	2,30	2,29	2,30	2,30	0,00
	Posición 3	2,64	2,65	2,65	2,65	0,00
	Promedio					

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	4,05	4,12	4,09	0,04
	Posición 2	4,30	4,36	4,33	0,05
	Posición 3	4,56	4,62	4,59	0,04
	Promedio				

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,97	1,97	1,96	1,96	0,00
	Posición 2	2,29	2,30	2,28	2,29	0,01
	Posición 3	2,66	2,66	2,63	2,65	0,02
	Promedio					

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	4,06	4,09	4,07	0,02
	Posición 2	4,29	4,33	4,31	0,02
	Posición 3	4,55	4,58	4,56	0,02
	Promedio				

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,96	1,96	0,01
	Posición 2	2,29	2,29	2,29	2,29	0,00
	Posición 3	2,66	2,66	2,63	2,65	0,02
	Promedio					

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	4,06	4,11	4,09	0,03
	Posición 2	4,30	4,34	4,32	0,02
	Posición 3	4,55	4,60	4,58	0,03
	Promedio				

PROMEDIO DE TIEMPO DE LAS PROBETAS DEL CURADO C2 EN LA SESIÓN 5

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	1,96	1,97	1,96	1,96
Posición 2	2,29		2,30	2,29	2,29	2,29	0,00
Posición 3	2,65		2,65	2,65	2,65	2,65	0,00

REFLEJADA	Posición 1	4,10	4,09	4,07	4,09	4,09	0,01
	Posición 2	4,33	4,33	4,31	4,32	4,32	0,01
	Posición 3	4,58	4,59	4,56	4,58	4,58	0,01

PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 5

		5C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	5296,67	5201,67	5428,00	5308,78	113,65
	Posición 2	-14804,00	-14280,67	-14782,00	-14622,22	296,00
	Posición 3	9177,67	8480,00	8829,00	8828,89	348,83
	Promedio					

		5C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-2464,00	-1940,67	-2202,33	370,05
	Posición 2	5601,67	4817,00	5209,33	554,84
	Posición 3	-7784,00	-6650,00	-7217,00	801,86
	Promedio				

		6C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	5253,33	5166,00	5428,00	5282,44	133,40
	Posición 2	-15240,00	-14934,67	-14455,00	-14876,56	395,71
	Posición 3	8959,67	8959,67	8829,00	8916,11	75,44
	Promedio					

		6C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-2336,33	-1984,33	-2160,33	248,90
	Posición 2	5209,33	4773,33	4991,33	308,30
	Posición 3	-7566,00	-6606,33	-7086,17	678,59
	Promedio				

		7C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	5078,67	5078,67	5558,00	5238,44	276,74
	Posición 2	-14455,00	-14454,67	-14782,00	-14563,89	188,89
	Posición 3	8436,00	8480,00	9352,00	8756,00	516,62
	Promedio					

		7C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-2202,33	-2289,67	-2246,00	61,75
	Posición 2	5078,67	5209,67	5144,17	92,63
	Posición 3	-7653,00	-7653,00	-7653,00	0,00
	Promedio				

		8C2				
		CARA A	CARA B	TESTAS	PROMEDIO CARAS	
DIRECTA	Posición 1	5297,00	5122,33	5493,00	5304,11	185,44
	Posición 2	-14585,67	-14716,67	-14847,50	-14716,61	130,92
	Posición 3	8828,67	8872,00	8829,00	8843,22	24,92
	Promedio					

		8C2			
		CARA A	CARA B	PROMEDIO CARAS	
REFLEJADA	Posición 1	-2071,67	-2158,67	-2115,17	61,52
	Posición 2	4730,00	4948,00	4839,00	154,15
	Posición 3	-7260,33	-7173,33	-7216,83	61,52
	Promedio				

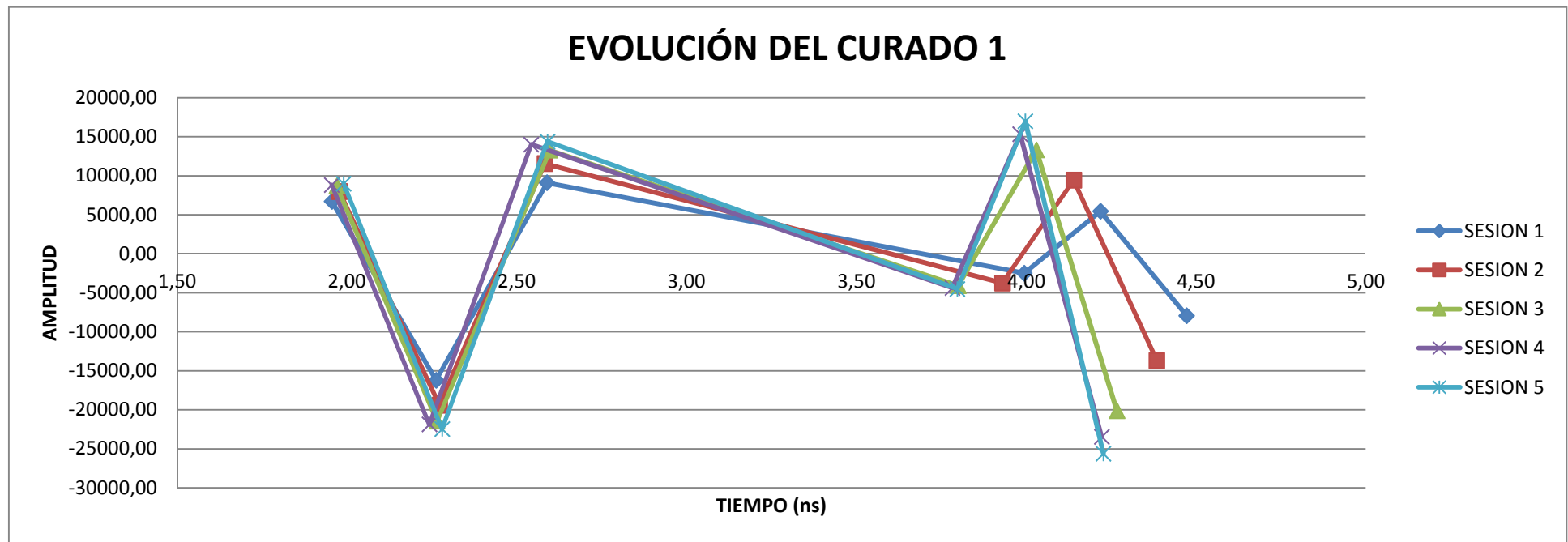
PROMEDIO DE AMPLITUD DE LAS PROBETAS DEL CURADO 2 EN LA SESIÓN 5

		5C2	6C2	7C2	8C2	PROMEDIO	Desv
		DIRECTA	Posición 1	5308,78	5282,44	5238,44	5304,11
Posición 2	-14622,22		-14876,56	-14563,89	-14716,61	-14694,82	136,53
Posición 3	8828,89		8916,11	8756,00	8843,22	8836,06	65,63

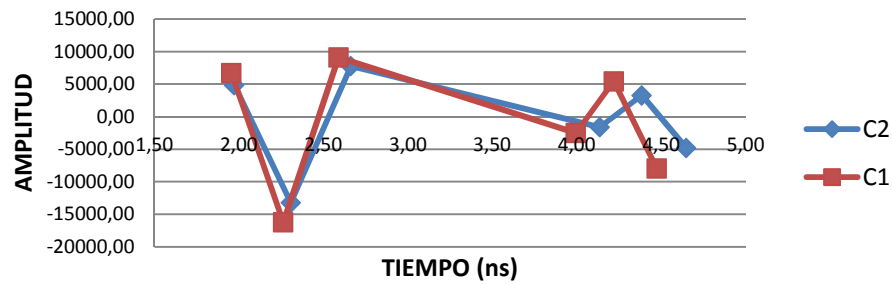
REFLEJADA	Posición 1	-2202,33	-2160,33	-2246,00	-2115,17	-2180,96	56,10
	Posición 2	5209,33	4991,33	5144,17	4839,00	5045,96	165,48
	Posición 3	-7217,00	-7086,17	-7653,00	-7216,83	-7293,25	247,63

GRÁFICOS DE RESULTADOS

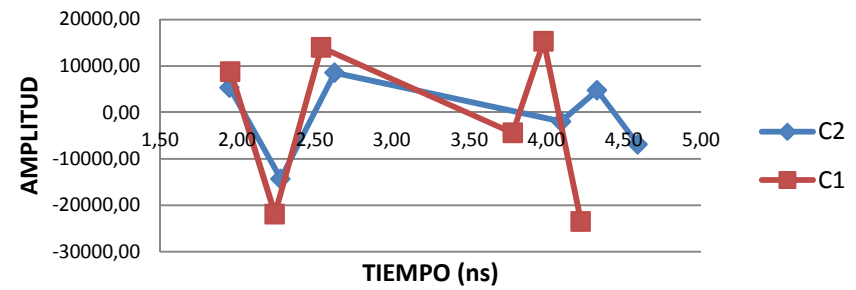
			SESION 1		SESION 2		SESION 3		SESION 4		SESION 5	
			TIEMPO	AMPLITUD	TIEMPO	AMPLITUD	TIEMPO	AMPLITUD	TIEMPO	AMPLITUD	TIEMPO	AMPLITUD
C1	D	P1	1,96	6720,11	1,98	7976,67	1,97	8656,93	1,96	8810,71	1,99	8975,43
		P2	2,26	-16219,22	2,27	-19405,93	2,27	-21480,70	2,24	-21880,31	2,28	-22478,14
		P3	2,59	9095,64	2,58	11559,35	2,60	13248,96	2,54	14004,83	2,59	14356,22
	R	P1	3,99	-2488,50	3,93	-3750,37	3,80	-4110,04	3,78	-4388,08	3,80	-4521,42
		P2	4,22	5441,55	4,14	9428,29	4,03	13303,54	3,98	15303,83	4,00	16974,58
		P3	4,47	-7933,54	4,39	-13692,00	4,27	-20129,71	4,22	-23470,17	4,23	-25633,88
C2	D	P1	1,97	4859,60	1,97	5065,93	1,96	5167,82	1,95	5309,50	1,96	5283,44
		P2	2,31	-13208,81	2,30	-14367,79	2,28	-14438,61	2,28	-14286,03	2,29	-14694,82
		P3	2,66	7777,86	2,65	8543,53	2,64	8515,34	2,63	8547,09	2,65	8836,06
	R	P1	4,14	-1620,63	4,10	-1853,50	4,09	-2108,13	4,10	-1957,09	4,09	-2180,96
		P2	4,39	3268,79	4,34	3645,50	4,33	4680,71	4,33	4762,75	4,32	5045,96
		P3	4,65	-4794,62	4,60	-5937,33	4,58	-6748,46	4,59	-6842,84	4,58	-7293,25



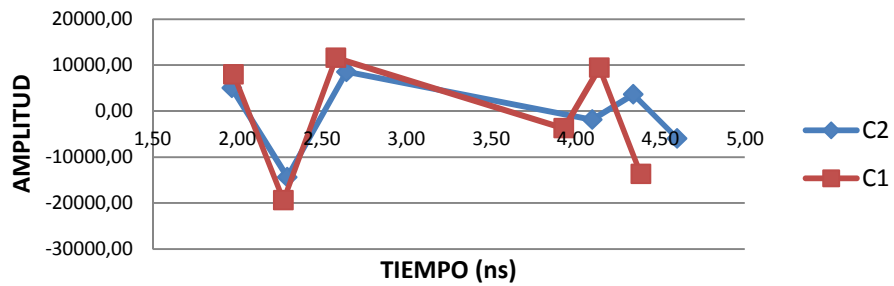
SESIÓN 1



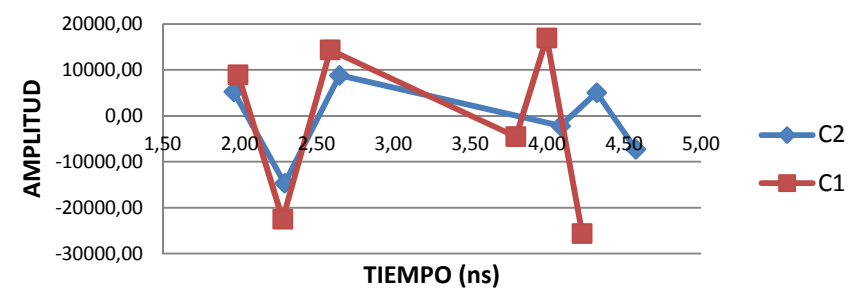
SESIÓN 4



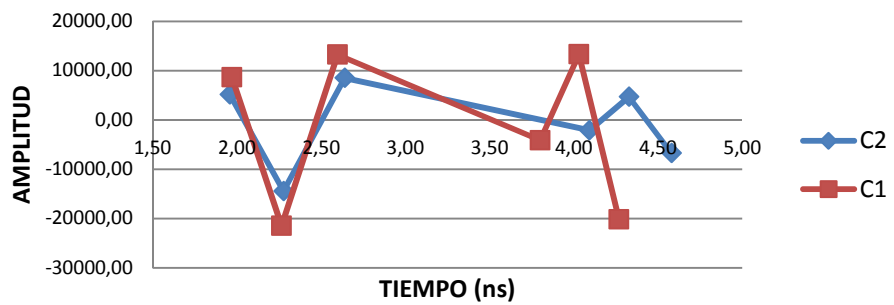
SESIÓN 2



SESIÓN 5



SESIÓN 3



MASAS

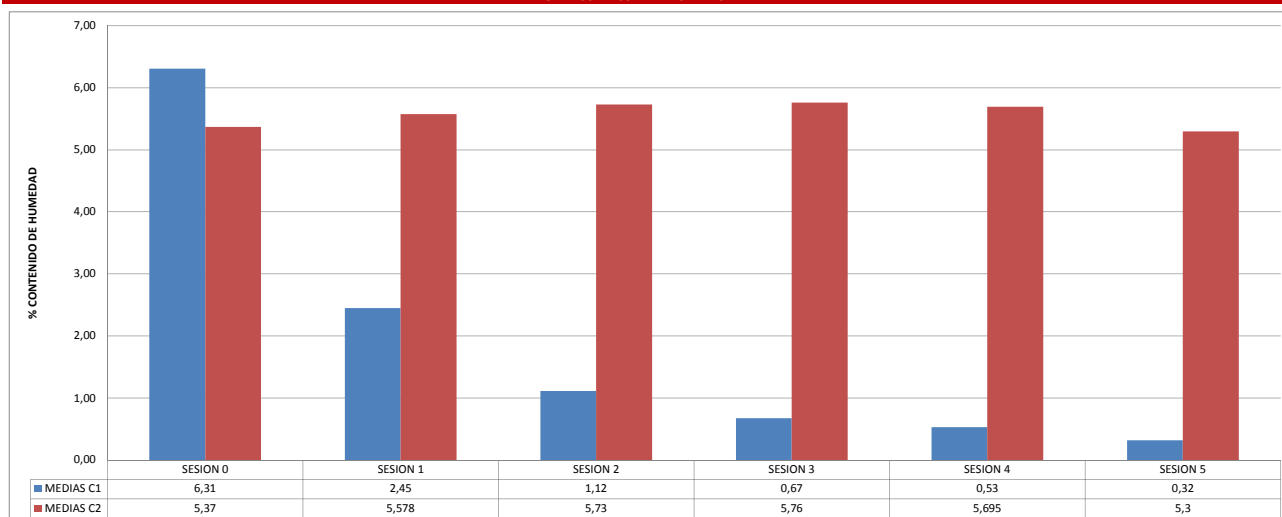
MEDICION DE MASAS PARA EL CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA	MASAS EN GR DE LAS SESIONES DE CONTROL					
	SESION 0	SESION 1	SESION 2	SESION 3	SESION 4	SESION 5
1 c1	9662	9442	9352	9297	9282	9270
2 c1	9485	9272	9184	9132	9118	9106
3 c1	9602	9386	9295	9243	9230	9215
4 c1	9662	9451	9359	4306	9293	9227
5 c1	9625	9616	9642	9661	9656	9656
6 c1	9788	9777	9804	9815	9813	9817
7 c1	9596	9581	9603	9623	9622	9623
8 c1	9697	9679	9709	9724	9724	9724
Masa seca 1016,1 gr (48h) Estufa 100 °C						
1 c1	1083,3	1044,2				
2 c1	1061,3	1022,3	1009,9			
3 c1	1059,9	1021,4	1008,6	1004,7		
4 c1	1013,8	977,3	965,2	961,6	961,2	Masa seca 953,8
5 c1	1064,7	1026,1	1013,6	1010,1	1009,6	1010 Masa seca 1006,8
1 c2	1005,8	1008			Masa seca 950,5	
2 c2	1009	1009,6	1012,5		Masa seca 954,5	
3 c2	1064,5	1067,1	1069,6	1071		Masa seca 1012,8
4 c2	1051,2	1053,9	1056,3	1057,8	1057,1	Masa seca 997,4
5 c2	1029,4	1031,6	1034,2	1035,7	1035	1034 Masa seca 982
C1-ROT	9537	9339				
C2-ROT	9439	9447				

% DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

MUESTRAS	SESION 0	SESION 1	SESION 2	SESION 3	SESION 4	SESION 5
1 c1	6,61	2,77				
2 c1	6,47	2,56	1,31			
3 c1	6,42	2,55	1,27	0,87		
4 c1	6,29	2,46	1,20	0,82	0,78	
5 c1	5,75	1,92	0,68	0,33	0,28	0,32
MEDIAS C1	6,31	2,45	1,12	0,67	0,53	0,32
1 c2	5,82	6,05				
2 c2	5,71	5,77	6,08			
3 c2	5,1	5,36	5,61	5,75		
4 c2	5,39	5,66	5,91	6,06	5,99	
5 c2	4,83	5,05	5,32	5,47	5,40	5,30
MEDIAS C2	5,37	5,578	5,73	5,76	5,695	5,3

GRAFICO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



ANEXO II. ULTRASONIDOS

TOMA DE DATOS Y PROMEDIOS

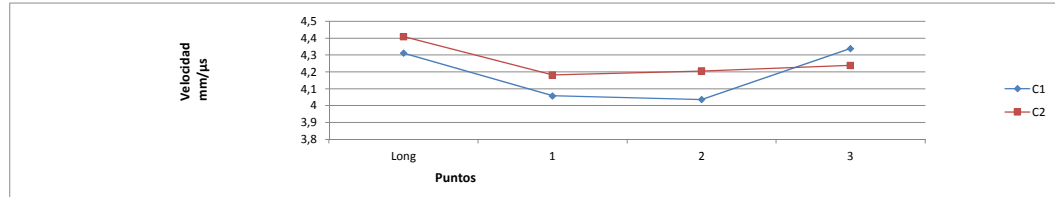
SESION 1 ULTRASONIDOS

	Dim Longitudinal	Longit tiempo	Media tiempo 1	Velocidad Longit	Dim Punto 1	Punto 1 tiempo	Media tiempo 1	Velocidad 1	Dim Punto 2	Punto 2 tiempo	Media tiempo 2	Velocidad 2	Dim Punto 3	Punto 3 tiempo	Media tiempo 3	Velocidad 3
1 c1	403	94,1	93,3	4,32	100	25,5	25,37	3,94	101	25,4	25,53	3,96	102	24,1	24,3	4,20
		92,8				25,2				25,7				24,3		
		93				25,4				25,5				24,5		
		93,2				24,7				26				24,6		
2 c1	400	92,5	92,63	4,32	100	24,9	24,83	4,03	100	25,9	25,50	3,92	99	24,6	24,57	4,03
		92,2				24,9				24,6				24,5		
		92,7				24,5				25,2				24,7		
		92,3				24,2				24,9				25,1		
3 c1	400	92,5	92,50	4,32	102	24,2	24,30	4,20	103	24,9	24,93	4,13	102	25,1	25,00	4,08
		92,5				24,2				24,7				25,2		
		93,3				24,8				24,3				24,5		
		93,6				24,7				24,9				24,7		
4 c1	400	93	93,30	4,29	102	25,7	25,07	4,07	102	24,9	24,63	4,14	103	25	24,73	4,16
		91,3				24				24,7				24,7		
		90,6				24				23,7				23,6		
		90,4				23,9				23,5				23,5		
5 c2	402	91,6	90,77	4,43	100	24,4	23,97	4,17	100	24	23,73	4,21	100	23,7	23,60	4,24
		90,9				24,1				23,7				23,6		
		90,2				23,8				23,5				23,5		
		90,7				24				23,9				23,4		
6 c2	402	90,9	90,90	4,42	100	24,1	24,10	4,15	100	23,7	23,73	4,21	100	23,2	23,30	4,29
		90,2				23,8				23,5				23,3		
		90,7				24				23,9				23,6		
		91,2				23,6				23,7				23,7		
7 c2	400	91,2	90,87	4,40	100	23,6	23,70	4,22	100	23,7	23,80	4,20	100	23,7	23,73	4,21
		90,7				23,5				23,8				23,9		
		91,3				23,7				23,7				23,7		
		91				24				23,8				23,9		
8 c2	400	91,2	91,17	4,39	100	23,9	23,87	4,19	100	24	23,83	4,20	100	23,6	23,73	4,21
		91				24				23,8				23,9		
		91,2				23,9				24				23,6		

MEDIAS DE LAS VELOCIDADES POR CURADO

CURADO 1	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,312267398
1	4,058926695
2	4,037232241
3	4,339652119

CURADO 2	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,410250941
1	4,182798191
2	4,20611279
3	4,23902498



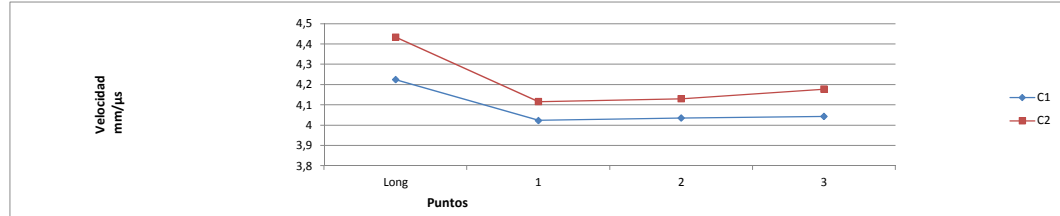
SESION 2 ULTRASONIDOS

	Dim Longitudinal	Longit tiempo	Media tiempo 1	Velocidad Longit	Dim Punto 1	Punto 1 tiempo	Media tiempo 1	Velocidad 1	Dim Punto 2	Punto 2 tiempo	Media tiempo 2	Velocidad 2	Dim Punto 3	Punto 3 tiempo	Media tiempo 3	Velocidad 3
1 c1	403	100,3	99,07	4,07	100	25,7	25,33	3,95	101	25,2	25,1	4,02	102	25	24,87	4,10
		96,8				25,1				25,1				24,9		
		100,1				25,2				25				24,7		
		94,2				25,4				25,6				25,2		
2 c1	400	93,9	93,63	4,27	100	25,5	25,40	3,94	100	25	25,1	3,98	99	24,8	24,90	3,98
		92,8				25,3				24,7				24,7		
		94,1				24,5				25,7				25,7		
		93,3				24,2				25,6				25,6		
3 c1	400	95,1	94,17	4,25	102	24,6	24,43	4,17	103	25,5	25,6	4,02	102	25,3	25,53	3,99
		91,9				25,2				24,7				25,1		
		93,2				25,1				24,8				25		
		93,1				25,5				24,9				25,2		
5 c2	402	89,7	90,03	4,47	100	24,7	24,20	4,13	100	24,5	24,27	4,12	100	24,6	24,63	4,06
		90,4				24,2				24,1				24,7		
		90				23,7				24,2				24,6		
		93				25,2				23,6				23,4		
6 c2	402	93,2	92,80	4,33	100	24,2	24,37	4,10	100	24,2	23,90	4,18	100	23,2	23,43	4,27
		92,2				23,7				23,9				23,7		
		89				24,6				24,1				24,1		
		89,2				24,1				23,8				23,7		
7 c2	400	88,07	88,76	4,51	100	23,5	24,07	4,16	100	23,7	23,87	4,19	100	23,3	23,70	4,22
		90,4				25				24,8				24,2		
		90,7				24,4				24,7				23,8		
		89,5				24,2				25				24		
8 c2	400	90,7	90,20	4,43	100	24,4	24,53	4,08	100	24,8	24,83	4,03	100	24,2	24,00	4,17
		90,4				25				24,7				23,8		
		90,7				24,4				24,7				23,8		
		89,5				24,2				25				24		

MEDIAS DE LAS VELOCIDADES POR CURADO

CURADO 1	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,225295447
1	4,02398511
2	4,036077213
3	4,044036004

CURADO 2	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,434550758
1	4,116852546
2	4,130442328
3	4,178260297



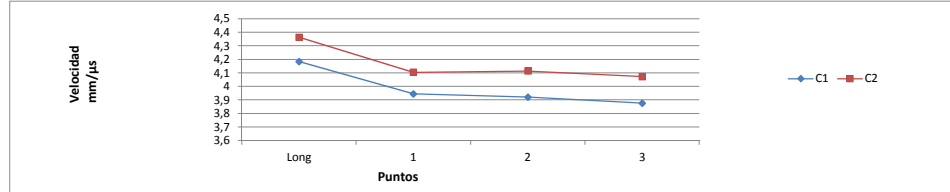
SESION 3 ULTRASONIDOS

	Dim Longitudinal	Longit tiempo	Media tiempo 1	Velocidad Longit	Dim Punto 1	Punto 1 tiempo	Media tiempo 1	Velocidad 1	Dim Punto 2	Punto 2 tiempo	Media tiempo 2	Velocidad 2	Dim Punto 3	Punto 3 tiempo	Media tiempo 3	Velocidad 3
1 c1	403	96,7	96,7	4,17	100	26,5	25,83	3,87	101	27,6	26,63	3,79	102	26,6	25,9	3,94
		96,5				25,7				26,2				25,7		
		96,9				25,3				26,1				25,4		
		95,9				26,4				26,1				25,7		
2 c1	400	96,3	95,57	4,19	100	25,9	26,00	3,85	100	25,2	25,53	3,92	99	25,7	25,77	3,84
		94,5				25,7				25,3				25,9		
		96,1				25,2				25,6				26		
		95,2				24,9				25,9				25,9		
3 c1	400	95,2	95,43	4,19	102	25,2	25,10	4,06	103	25,3	25,60	4,02	102	29,7	27,20	3,75
		95				25,8				25,9				26,2		
		95,9				25,1				25,7				25,7		
		94,8				25,6				25,8				25,8		
4 c1	400	95,7	95,47	4,19	102	25,1	25,50	4,00	102	25,7	25,80	3,95	103	25,7	25,90	3,98
		94,8				25,6				25,8				25,8		
		92,8				25,5				25,1				25,2		
		90,8				24,7				24,5				24,8		
5 c2	402	91,3	91,63	4,39	100	23,6	24,60	4,07	100	24,7	24,77	4,04	100	24,4	24,80	4,03
		93,4				24,1				24,1				24,9		
		93				24,2				24,2				25,3		
		93,6				24,4				24,4				24,6		
6 c2	402	91,7	93,33	4,31	100	24	24,23	4,13	100	23,9	24,23	4,13	100	24,7	24,93	4,01
		90,9				24,2				24,2				24,6		
		91,5				23,7				23,7				24,7		
		92,7				23,7				23,8				24,7		
7 c2	400	91,5	91,37	4,38	100	23,7	23,97	4,17	100	23,7	23,80	4,20	100	24,2	24,53	4,08
		90,9				24,2				24,2				24,7		
		91,5				23,7				23,8				24,7		
		92,7				25,1				24,7				24,2		
8 c2	400	90,6	91,27	4,38	100	24,7	24,67	4,05	100	24,2	24,43	4,09	100	24	23,97	4,17
		90,5				24,2				24,4				23,7		

MEDIAS DE LAS VELOCIDADES POR CURADO

CURADO 1	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,183610001
1	3,945216652
2	3,921403815
3	3,876807816

CURADO 2	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,36372952
1	4,104525978
2	4,114670657
3	4,07287549



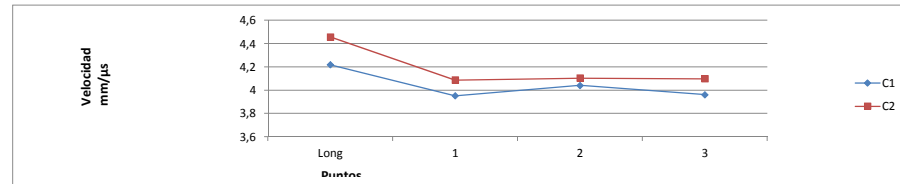
SESION 4 ULTRASONIDOS

	Dim Longitudinal	Longit tiempo	Media tiempo 1	Velocidad Longit	Dim Punto 1	Punto 1 tiempo	Media tiempo 1	Velocidad 1	Dim Punto 2	Punto 2 tiempo	Media tiempo 2	Velocidad 2	Dim Punto 3	Punto 3 tiempo	Media tiempo 3	Velocidad 3
1 c1	403	95,7	95,67	4,21	100	25,3	25,17	3,97	101	25,5	25,20	4,01	102	25,5	25,33	4,03
		95,8				24,9				25,2				25,3		
		95,5				25,3				24,9				25,2		
		93,9				25,7				24,9				25,4		
2 c1	400	94,2	93,70	4,27	100	25,8	25,83	3,87	100	24,9	25,03	3,99	99	25,2	25,23	3,92
		93				26				25				25,1		
		96,4				25,1				24,9				25,7		
		96				25,6				24,8				26,2		
3 c1	400	94,5	95,63	4,18	102	25,2	25,30	4,03	103	24,7	24,80	4,15	102	26,1	26,00	3,92
		95,2				26				25,7				26,1		
		95,6				25,7				25,2				25,9		
		94,1				26,1				25,4				25,7		
4 c1	400	90,2	94,97	4,21	102	24	25,93	3,93	102	23,8	25,43	4,01	103	24,2	25,90	3,98
		89,7				24,2				24,2				24,2		
		89				24,1				24,1				24,3		
		89,7				24,7				25,7				24,5		
5 c2	402	90,2	89,63	4,48	100	25,3	23,90	4,18	100	25,1	24,03	4,16	100	25,9	24,33	4,11
		89,9				25,6				25,2				24,8		
		89,7				24,6				24,2				24,5		
		89,1				24,4				23,9				24,6		
6 c2	402	90,9	89,93	4,47	100	24,1	25,20	3,97	100	23,7	25,33	3,95	100	23,6	25,07	3,99
		89,7				24,6				24,2				24,5		
		89,1				24,4				23,9				24,6		
		89,8				24,1				23,7				24,7		
7 c2	400	90,9	89,53	4,47	100	25	24,37	4,10	100	24,4	23,93	4,18	100	23,6	24,60	4,07
		90,9				24,2				24,2				23,6		
		90,4				24,2				24,2				23,7		
		91,2				24,1				24				23,6		

MEDIAS DE LAS VELOCIDADES POR CURADO

CURADO 1	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,21903331
1	3,952315046
2	4,041580253
3	3,962402115

CURADO 2	
MEDIA	VELOCIDAD
Long	4,456548988
1	4,087272749
2	4,104690116
3	4,098825775



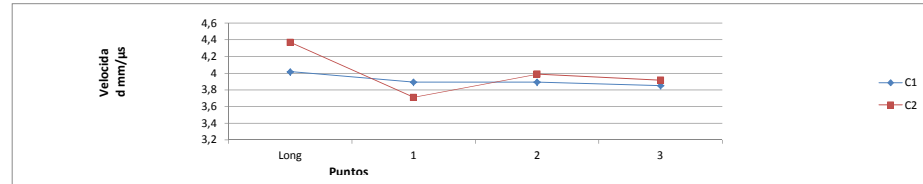
SESION 5 ULTRASONIDOS

	Dim Longitudinal	Longit tiempo	Media tiempo long	Velocidad long	Dim Punto 1	Punto 1 tiempo	Media tiempo 1	Velocidad 1	Dim Punto 2	Punto 2 tiempo	Media tiempo 2	Velocidad 2	Dim Punto 3	Punto 3 tiempo	Media tiempo 3	Velocidad 3
1 c1	403	102,3	101,43	3,97	100	25,4	25,53	3,92	101	25,7	26,20	3,85	102	25,9	26,10	3,91
		101,7				25,5				26,2				26,2		
		100,3				25,7				26,7				26,2		
2 c1	400	97,3	96,20	4,16	100	26,5	26,40	3,79	100	25,6	25,20	3,97	99	26,1	26,27	3,77
		95,6				26,4				25,1				26,4		
		95,7				26,3				24,9				26,3		
3 c1	400	101,2	99,93	4,00	102	25,8	25,93	3,93	103	25,9	26,00	3,96	102	26,4	26,13	3,90
		99,9				26,2				26,2				26,1		
		98,7				25,8				25,9				25,9		
4 c1	400	102,6	101,70	3,93	102	25,9	25,97	3,93	102	27,5	26,97	3,78	103	27,2	26,97	3,82
		103				26,1				26,1				26,9		
		99,5				25,9				27,3				26,8		
5 c2	402	91,6	90,43	4,45	100	24,9	24,67	4,05	100	27,2	25,93	3,86	100	24,7	24,73	4,04
		90,1				24,2				25,2				24,8		
		89,6				24,9				25,4				24,7		
6 c2	402	92,7	92,00	4,37	100	28,2	27,30	3,66	100	24,8	24,90	4,02	100	24,5	25,07	3,99
		91,1				26,7				25,2				24,5		
		92,2				27				24,7				26,2		
7 c2	400	91,4	91,47	4,37	100	27,7	28,20	3,55	100	24,4	24,23	4,13	100	25,7	26,27	3,81
		91,7				28,7				24,2				26,9		
		91,3				28,2				24,1				26,2		
8 c2	400	91,8	93,30	4,29	100	26,5	27,97	3,58	100	25,5	25,30	3,95	100	26,2	26,17	3,82
		94,3				29,3				24,9				26,1		
		93,8				28,1				25,5				26,2		

MEDIAS DE LAS VELOCIDADES POR CURADO

CURADO 1	
MEDIDA	VELOCIDAD
Long	4,016715547
1	3,891400698
2	3,891800432
3	3,849918255

CURADO 2	
MEDIA	VELOCIDAD
Long	4,368813013
1	3,709710587
2	3,987805503
3	3,915312759



GRÁFICOS DE RESULTADOS

LONGITUDINAL

	1	2	3	4	5
C1	4310	4220	4180	4220	4010
C2	4410	4430	4360	4450	4370

TRANSVERSAL

	1	2	3	4	5
C1	4070	4030	3910	3980	3870
C2	4210	4140	4100	4090	3870

