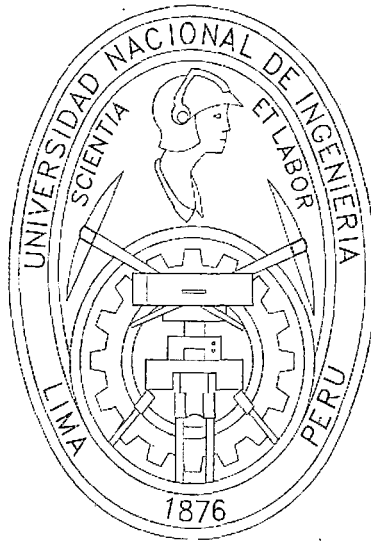


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



“FACTIBILIDAD Y ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES
DEL CONCRETO DE BAJA
RESISTENCIA ADICIONADO CON CAL”

TESIS

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL

DE

INGENIERO CIVIL

KATIA VERÓNICA CHINEN GUIMA

LIMA – PERU

2002

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

DEDICATORIA

A mi Familia por haber sido mi soporte siempre y haberme encaminado con sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTO

A las personas que contribuyeron
en el desarrollo de este trabajo.

Asesor Dr. Javier Arrieta Freyre

Co-Asesora Ing. Ana Torre

Amigos que me alegran la vida.

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1	Fabricación de Cal	3
1.2	Clasificación de Propiedades	4
1.3	Usos y aplicaciones	7
1.4	Producción y canteras de cal en el Perú	8
1.5	Perspectiva de la cal en el comportamiento del concreto	11

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

2.1	Cemento Portland	12
2.2	Agregado Fino	16
	2.2.1 Generalidades	16
	2.2.2 Requisito de Uso	16
	2.2.3 Propiedades Física y Normas	17
2.3	Agregado Grueso	33
	2.3.1 Generalidades	33
	2.3.2 Propiedades Físicas y Normas	34
2.4	Cal	45
	2.4.1 Propiedades Físicas y Químicas de la Cal	45
2.5	Agua	56
	2.5.1 Generalidades y Requisitos	56

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLA

3.1	Criterios para el Diseño	58
	3.1.1 Marco Teórico	58
	A Método del Comité 211 del ACI	58
	B Método Walker	59
	C Método por las Relación Agua/Cemento	60
	D Método del Modulo de Finura de la Combinación de Agregados	61
	E Método del Agregado Global	61
	F Método Utilizado	62

CAPITULO IV

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.1	Definiciones	71
4.2	Ensayos de Concretos Frescos con Cal y sin Cal	71
	4.2.1 Asentamiento o Prueba de Revenimiento (NTP 339.035:1999)	71
	4.2.2 Tiempo de Fraguado (NTP 339.082:2001)	73
	4.2.3 Contenido de Aire (NTP 339.080:1981)	76
	4.2.4 Exudación (NTP 339.077:1981)	77
	4.2.5 Peso Unitario (NTP 339.046:1979)	80
	4.2.6 Fluidéz (NTP 339.085:1981)	81

CAPITULO V	
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN EL ESTADO ENDURECIDO	83
5.1 Generalidades	83
5.2 Ensayos del Concreto con Cal y sin Cal en Curado Húmedo y Seco	83
5.2.1 Resistencia a la Compresión (NTP 339.034:1999)	83
5.2.2 Resistencia a la Tracción Diametral (NTP 339.084:1981)	87
5.2.3 Resistencia a la Flexión (NTP 339.078:2001)	90
5.2.4 Determinación del Módulo Elástico (ASTM C469-83)	95
5.2.5 Permeabilidad	101
5.2.6 Retracción (ASTM C157)	106
5.2.7 Impacto (ACI 542)	116
5.2.8 Corrosión al Sulfato de Magnesio	118
CAPITULO VI	
ANÁLISIS DE RESULTADO	124
6.1 Ensayos del Concreto Fresco	124
6.1.1 Asentamiento	124
6.1.2 Tiempo de Fraguado	124
6.1.3 Contenido de Aire	125
6.1.4 Exudación	125
6.1.5 Peso Unitario	126
6.1.6 Fluidéz	126
6.2 Ensayos del Concreto Endurecido	127
6.2.1 Resistencia a la Compresión	129
6.2.2 Resistencia a la Tracción Diametral	139
6.2.3 Resistencia a la Flexión	149
6.2.4 Módulo Elástico	159
6.2.5 Permeabilidad	159
6.2.6 Retracción	160
6.2.7 Impacto	161
6.2.8 Corrosión a los Sulfatos	171
CAPITULO VII	
COSTOS COMPARATIVOS	172
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFIAS	179
ANEXOS	

INTRODUCCION

El constante desarrollo de la Tecnología del Concreto se ha intensificado últimamente con el empleo intensivo, en algunos sectores, de materiales muy performantes de última generación como los aditivos, la microsíllice, las fibras de poliuretano, metálicas, etc. Sin embargo pueden también realizarse investigaciones para aprovechar los recursos naturales o semielaboradas con que el mercado nacional dispone; uno de estos casos sería la utilización de cal en reemplazo parcial del cemento dado que la producción de cal es intensa y frecuente en Lima y provincias.

El Sector público y privado generan y necesita alternativas de solución para producir concretos con diversas características tecnológicas incluyendo en estos requerimientos al aspecto económico. Las necesidades específicas de pequeños proyectos rurales en el país (canales, cimentaciones, etc.) son obras en las cuales se podría utilizar concretos con cal en la perspectiva de conseguir reducción costos, respetando los requerimientos técnicos.

La finalidad de la presente Tesis es estudiar la posibilidad de dosificar concretos de baja resistencia con relación agua/aglomerante = 0.65 con diversos contenidos de cal en reemplazo parcial de Cemento Portland posibilitando una reducción de costos, mejora de trabajabilidad y otras características técnicas pero manteniendo niveles adecuados de resistencia mecánica.

La Tesis buscará determinar las óptimas proporciones de cemento y cal a través de las propiedades y la variación en los costos que se puedan obtener.

Los materiales a utilizarse serán los usuales de concretos normales, considerando para el presente estudio el agregado fino de la cantera de Trapiche, el agregado grueso de la cantera

La Gloria, el cemento Portland Tipo I Sol y la cal de la Sierra que serán estudiados según las Normas NTP correspondientes .

El estudio de las propiedades del concreto al estado fresco están referidas al asentamiento, tiempo de fragua, peso unitario, fluidez, entre otros con la finalidad de obtener información para efectuar un análisis comparativo del comportamiento de la mezcla con y sin cal.

El estudio de las propiedades del concreto en estado endurecido se realizará en probetas cilíndricas de 15x30 cm.; se considera dos sistemas de curado; seco y húmedo a fin de observar la influencia del tipo de curado debido a la presencia de cal aérea en el concreto. Los ensayos están referidos a la resistencia a la compresión, tracción diametral, flexión, módulo elástico, así mismo consideran ensayos específicos tales como impacto, permeabilidad, cambios volumétricos por temperatura de acuerdo a la normatividad vigente.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

Existen en la naturaleza rocas que pueden ser aprovechadas en la construcción de las cuales algunas pasan por procesos simples de fabricación: horneado, tamizado, etc. y otras en que la intervención del hombre se limita solamente al proceso del fraccionamiento de dichas rocas.

Por la naturaleza geológica de estas rocas podemos clasificarlas en :

- Rocas silíceas macizas o de origen ígneo: Como su nombre lo indica, son aquellas que se han formado por la solidificación de magma durante la constitución geológica. Estas rocas suministran las piedras de construcción más duras, resistentes y difíciles de labrar y por consiguiente son las más resistentes a las acciones atmosféricas y al transcurrir de los años.
- Rocas silíceas de sedimentación: Están dentro de éstas el gneiss, de composición similar al granito pero de estructura esquistosa; el gress, aglomerado más o menos duro pero resistente; piedras de molinería, de resistencia muy variable según su dureza, caracterizándose por su impermeabilidad a pesar de ser poroso.
- Rocas calizas: Compuestos de carbonatos de calcio, muy abundantes en la naturaleza, presentando numerosas variedades como:
Mármoles, calcáreas compactas, calcáreas olíticas, calcáreas travertinos, calcáreas groseras, calcáreas terrosas.
Son las rocas calcáreas las que proporcionan la materia prima para la obtención de la cal, mediante una serie de procesos.

1.1 FABRICACION DE LA CAL

La fabricación de la cal es un proceso simple que puede practicarse artesanal e industrialmente; en ambos se reconocen las siguientes fases:

- Extracción de la piedra caliza: Siendo necesario investigar la calidad de ésta, se procede a tomar una muestra representativa y se disuelve en ácido clorhídrico, determinándose el porcentaje de arena y arcilla que la acompaña.

- **Calcinación:** El objeto de la calcinación es la eliminación del agua, que tiene la piedra caliza al estar a la intemperie, y seguidamente el CO₂. Entre los 150 a 450 °C de temperatura del horno para la cocción se evapora el agua higroscópica contenida en los terrones de la piedra caliza. Cuando pasa los 450°C comienza la descomposición del carbonato de calcio hasta los 600°C y la arcilla se descompone cuando la temperatura del horno se halla comprendida entre los 800°C a 900°C. La reacción que se produce en esta etapa es la siguiente: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- **Apagado:** La cal es llevada a balsas de apagado, en las que la masa es bañada por aspersión con una cantidad de agua que es aproximadamente la décima parte del peso de la cal. La reacción que se produce en esta etapa es la siguiente:
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{calor}.$
- **Clasificación y cernido:** Se debe comprobar que la cal procesada cumpla con los requisitos de granulometría que indica la Norma Técnica Peruana 339.002. El residuo retenido sobre el tamiz # 30 no podrá ser mayor de 0.5% y el residuo en el tamiz N° 200 no podrá ser mayor del 15%.

1.2 CLASIFICACION Y PROPIEDADES

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 24: 05-001) indica que la clasificación de las cales es como sigue:

- ✓ **Cales aéreas:** Son aquellas que fraguan al combinarse con anhídrido carbónico del ambiente. También se les conoce con el nombre de cal viva o hidratada. Estas a su vez se divide en las siguientes clases:
 - Cal altamente cálcica: Es la que se obtiene a partir de calizas con alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃).
 - Cal cálcica: Es la que se obtiene con la calcinación de calizas con menor cantidad de carbonato de calcio que la anterior.
 - Cal dolomítica: Es la que se obtiene a partir de calizas dolomíticas (con alto contenido de carbonato de magnesio: MgCO₃).
- ✓ **Cales hidráulicas:** Son aquellas que se obtienen a partir de calizas arcillosas por calcinación inferior a la de principio de fusión y que después de agregarles agua y dejarlas reposar un tiempo suficientemente largo al aire, fraguan bajo el agua. Se encuentra en el mercado con el nombre de cales hidráulicas hidratadas. Se clasifican en:

- Cal hidráulica 10: Es la que su fraguado produce en parte por carbonatación y en parte por reacciones químicas complejas. Debe alcanzar una resistencia a la compresión mayor a 10 kg/cm^2 , según clasificación de la Norma (NTP 24: 05-003)
- Cal hidráulica 20: Es la que se obtiene a partir de calizas arcillosas por calcinación a temperatura inferior a la de principio de fusión, con o sin adición de materias puzolánicas. Es la que puede ser obtenida por la mezcla de productos de calcinación de calizas con alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) y calizas arcillosas a las que se puede agregar materias puzolánicas. Debe alcanzar una resistencia a la compresión igual o superior a 20 kg/cm^2 .
- Cal hidráulica 50: Es la que se obtiene a partir de calizas arcillosas por calcinación a temperatura inferior a la de principio de fusión con o sin adición de materias puzolánicas. Puede ser obtenida por la mezcla de los productos de calcinación de calizas con alto contenido de Carbonato de Calcio (CaCO_3) y calizas arcillosas a las que se puede agregar materias puzolánicas. Debe alcanzar una resistencia igual o superior a 50 kg/cm^2 .

1.2.1 CLASIFICACION POR SU HIDRAULICIDAD

La hidráulica de la cal es generada por la relación que existe entre la arcilla, alúmina, sílice y oxido de calcio. La fórmula que se muestra a continuación fue propuesta por Vicat:

$$I = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{CaO})$$

Donde :

SiO_2 Sílice

Al_2O_3 Alúmina

CaO Oxido de Cal

De acuerdo a la fórmula ya expuesta Durand Claye pudo establecer el siguiente cuadro de tipos de cales e índices de hidráulica:

Clasificación de Cales por su Contenido de Arcilla**TABLA N°1.1**

Tipo de Cal	Indice de Hidraulicidad (I)	Arcilla %	Caliza %
Altamente Cálcica	0.00-0.05	0.00-5.00	100 a 95
Cálcica	0.05-0.10	5.00-5.30	95 a 94.70
Hidráulica 10	0.10-0.16	5.30-8.20	94.70-91.80
Hidráulica 20	0.16-0.31	8.20-14.80	91.80-85.20
Hidráulica 50	0.31-0.50	14.80-21.80	85.20-78
Cemento			
De fraguado lento (Portland)	0.50-0.65	21.80-26.70	78.00-73.30
De fraguado rápido	0.65-1.20	26.70-40.00	73.30-60
Dolomítica	1.20-3.00	40.00-62.60	60-37.40
Puzolana	Más de 3.00	Más de 62.60	Menos de 37.40

Fuente : [1]

1.2.2 CLASIFICACION DE ACUERDO AL TIEMPO DE FRAGUADO

El fraguado se basa fundamentalmente en una serie de reacciones químicas complejas entre el óxido de calcio, sílice, alúmina, óxidos de hierro y agua.

Aglomerante de Acuerdo al Tiempo de Fraguado**TABLA N°1.2**

Material	Tiempo de fraguado
Cales ordinarias: Altamente Cálcica Cálcica Dolomítica	No fraguan en el agua, sólo fraguan en el aire seco
Cales hidráulicas : Hidráulica 10 Hidráulica 20 Hidráulica 50	15 a 30 días 10 a 15 días 2 a 10 días
Cemento Lento (Pórtland) Rápido	6 a 12 horas 5 a 20 minutos

Fuente : [1]

1.3 USOS Y APLICACIONES

La cal tiene múltiples aplicaciones en diversos campos de la actividad productiva como :

1.3.1 INDUSTRIAS ESTRATÉGICAS:

- Siderurgia: Se emplea en la escorificación, desulfuración, desfosforización y la protección de los refractarios.
- Minería: Se utiliza como químico básico para recuperar metales como Cu, Pb, Zn, Ni, Ag, Au, se utiliza para controlar el pH, neutralizar y mantener atmósferas limpias como en la minería del carbón.
- Vidrios: La utilización de la cal en lugar de la caliza produce vidrios más brillantes y con mejor color.
- Azúcar: La cal precipita impurezas minerales y orgánicas, mezcladas con el azúcar en el líquido extraído de la caña o remolacha.
- Papel: La función de la cal es fungir como agente caustificador, como elemento de cocción para disolver elementos no celulósicos, como blanqueador de la pulpa, mejora la calidad del papel, regula la brillantez, color y textura.

1.3.2 EN LA ECOLOGÍA:

- Tratamiento de agua industriales y municipales: Por ser alcalina es un poderoso desinfectante de bacteria y virus nocivos a la salud, suaviza y clarifica el agua, elimina sustancias negativas y neutraliza ácidos del agua, protegiendo las tuberías de la corrosión.
- Tratamiento de lodos: La estabilización con cal es un medio efectivo y económico para el tratamiento de lodos; el proceso comprende la adición de cal para lograr un pH igual o mayor de 12, obteniéndose una total reducción de olores y debido al alto pH se eliminan microorganismos y virus.
- Tratamiento de basura: Las bases y entre capas de los rellenos sanitarios, se tratan con cal para evitar que los lixiviados contaminen el suelo y los mantos acuíferos. Las cantidades adecuadas, no suprime la biodegradación pero sí evita la proliferación de organismos nocivos y los malos olores.
- Desulfuración de gases: Se emplea para abatir la contaminación del aire, mediante la eliminación de los óxidos de azufre de los gases de chimeneas donde se quema carbón o combustibles con alto contenido de azufre. La cal reacciona con el SO_3 y SO_2 formando sulfato de calcio y yeso.

1.3.3 EN LA AGRICULTURA:

La cal ayuda en el combate de algunos hongos, bacterias, nematodos e insectos que dañan las cosechas. También sirve para neutralizar la acidez de los suelos, suministra calcio que es nutriente esencial en las plantas e incrementa la disponibilidad de fósforo.

1.3.4 EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN:

- En morteros de albañilería: Posibilita mayores resistencias, mejor adherencia y ayuda a las construcciones a ser térmicas e impermeables.
- Para impermeabilizar: Sus propiedades de absorción y retención de agua y por estar formadas por pequeñísimas partículas penetra mejor en todos los vacíos de tal manera que evita el paso del agua.
- En pinturas: Se puede elaborar una pintura a base de cal, sal de cocina y alumbre, Los resultados son notorios en cuanto a costos de esta elaboración se logra una pintura que se incorpora como ninguna otra a la superficie, es higiénica, de apariencia atractiva y durable.
- Estabilización de suelos: la cal es el estabilizador de suelos más utilizado por su versatilidad en su manejo, aplicación y bajo costo. Un suelo tratado con cal modifica las propiedades físicas del suelo de manera permanente, disminuye el índice plástico y la contracción lineal y la resistencia a la compresión.
- En mezclas asfálticas: Con frecuencia se utiliza cal hidratada en las mezclas calientes de asfalto, la cual funciona como un agente antidesgarramiento, rellenedor y modificador. Además reduce la sensibilidad hacia la humedad, también incrementa el endurecimiento inicial, contribuyendo de esta manera a minimizar las marcas de las rodadas y reducir el envejecimiento prematuro del asfalto (evita la oxidación).

1.4 PRODUCCIÓN Y CANTERAS DE CAL EN EL PERU

En el Perú se extraen entre 1'600 000 y 4'100 000 toneladas anuales de calizas de los cuales más del 80% se utiliza para la fabricación de cemento.

Según datos proporcionados por INGEMMET las industrias de Lima y Callao pagan de \$2 a \$15 por la tonelada de caliza para fabricaciones de cemento y cal. Mientras que para otros materiales de construcción se pagan entre \$50 a \$60 por tonelada de cal.

1.4.1 PRODUCCION DE CALIZAS EN EL AÑO 2000:

La tabla que se muestra a continuación pretende informar sobre los yacimientos de cal que se encuentran en todo el país y conocer la cifra aproximada de producción mayores de cal de estos yacimientos.

Producción de Calizas en el Año 2000**TABLA N°1.3**

DEPARTAMENTO	UNIDADES PRODUCTIVAS	TOTAL DE PRODUCCIÓN (TM)
Ancash	22	8 445 689
Arequipa	1	4 047
Ayacucho	1	100
Cajamarca	6	11 175 000
Cuzco	2	2 000 000
Huancavelica	1	8 000 000
Ica	4	80 000
Junín	31	1 550 945
La Libertad	3	616 280
Lima	21	1 164 500
Pasco	1	10 000
Piura	2	85 997
Tacna	1	40 000

En el Año 2000 la Producción Nacional de Cal y Calizas fue de 33 172 558 TM.

Fuente [3]

Ver Capítulo de Anexos

1.4.2 PRODUCCIÓN MINERA DEL AÑO 2002 DE CAL Y CALIZA (ENERO A MARZO)

En la presente tabla se muestran: Las unidades mineras de cal y caliza, empresas que las explotan y el acumulado de la producción de enero a marzo del 2002.

TABLA N°1.4

EMPRESA MINERA	UNIDAD MINERA	PRODUCTO	DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	ACUMULADO ENE - MAR 2002
Yura S.A.	Chili N° 1	Caliza	Arequipa	Arequipa	Yura	209,976
Juarez Pacheco, María Rosario	Liliana del Rocio	Caliza	Arequipa	Islay	Dean Valdivia	1
Emp. Siderurgica del Perú S.A.A.	Sider Nivin 1	Caliza	Ancash	Casma	Yautan	6,342
Cia.Mra.Agregados Calcareos S.A	San Juan N° 1	Caliza	Ica	Nazca	Marcona	4,590
Cia.Mra.Agregados Calcareos S.A.	La Negra	Caliza	Ica	Palpa	Santa Cruz	475
Cia.Mra.Agregados Calcareos S.A	Piedras Azules	Caliza	Ica	Ica	Salas	383
Minsur S.A.	San Rafaelito	Caliza	Ica	Ica	Parcona	1,740
Cemento Andino S.A.	Agrupamiento Andino de Huancayo Jaime	Caliza	Junín	Tarma	La Unión	125,839
Cia.Mra.Agregados Calcareos S.A		Caliza	Junín	Yauli	La Oroya	8,171
Cia.Minera Lafayette S.A.	La Mona	Caliza	Junín	Yauli	Santa Barbara de Carhuacayan	6,740
Marmoleria Gallos S.A.	Angelica	Caliza	Junín	Jauja	Curicaca	76
Marmoleria Gallos S.A.	Angelica	Caliza	Junín	Jauja	Curicaca	37
Sominbor S.A.	Laive	Caliza	Junín	Huancayo	Chongos Alto	1,445
Sominbor S.A.	Laive	Caliza	Junín	Huancayo	Chongos Alto	933
Calera cut-off S.A.C.	Trincherpe	Cal	Junín	Jauja	Curicaca	891
Calera cut-off S.A.C.	Trincherpe	Cal	Junín	Jauja	Curicaca	656
Cia.Minera Bunyac S.A.	Cantera Charo	Cal	Junín	Tarma	Tarma	875
Mra. Centro S.A.C.	Porvenir	Caliza	Junín	Huancayo	Quichuay	402
Mra. Centro S.A.C.	Porvenir	Cal	Junín	Huancayo	Quichuay	218
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Tembladera	Caliza	La Libertad	Pacasmayo	Pacasmayo	258,741
Cementos Lima S.A.	Atocongo	Caliza	Lima	Lima	Villa María del Triunfo	343,581
Cementos Lima S.A.	Pucara	Caliza	Lima	Lima	Pachacamac	232,283
Cia.Mra.Agregados Calcareos S.A.	San Camilo	Caliza	Lima	Huaro chirí	San Mateo	118
Cia.Mra.Luren S.A.	Lomo de Corvina	Cal	Lima	Lima	Lurín	2,160
Cia. De Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.	Eduardo Segundo Augusta	Cal	Lima	Huaro chirí	San Mateo	968
Cia. De Inversiones Mineras y Agrícolas Lurín S.A.	Eduardo Segundo Augusta	Caliza	Lima	Huaro chirí	San Mateo	1
Cemento Sur S.A.	Caracoto	Caliza	Puno	San Román	Caracoto	39,550

Fuente [2]

En el año 2000 de hasta el mes de Marzo se presentaba un acumulado de producción de a 1 247 192 TM de calizas y cal en el Perú. Esto denota:

En las Tablas 1.3 y 1.4 con relación a las Unidades Mineras mostradas, varían debido a que no hay datos compatibilizados entre el INGEMMET y el Ministerio de Energía y Minas.

1.5 PERSPECTIVAS DE LA CAL EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO

De acuerdo a la información obtenida por el Instituto Mexicano del Cemento y Concreto y por el Ing. Ricardo Ferrer, cuando la cal se emplea en reemplazo parcial del cemento se obtendrían los siguientes cambios y/o modificaciones en las propiedades físicas del concreto:

- ✓ **Trabajabilidad:** Debido al poder de retención de agua que posee la cal en la mezcla fresca es que hace al concreto más cohesivo y con mayor trabajabilidad.
- ✓ **Exudación:** La cal no permite el sangrado del concreto porque realiza una mejor mixtura de sus componentes.
- ✓ **Permeabilidad:** La adición de cal en el concreto produce un aumento de porcentaje finos y esto mejora el acomodo de partículas, por lo tanto produce una disminución de su permeabilidad.
- ✓ **Resistencia a la Corrosión:** Debido a la disminución de la permeabilidad esto origina el difícil paso de las sustancias nocivas o corrosivas en el concreto.
- ✓ **Tiempo de Fraguado:** Por la retención del agua de la mezcla, se produce un retardo en el proceso de fraguado debido a que la cal brinda de manera paulatina el agua que necesita el cemento para adquirir resistencia .
- ✓ **Resistencia a la Compresión:** El aumento de la resistencia de la compresión se debe realizar de manera lenta en comparación con la muestra patrón.
- ✓ **Adicionalmente a las ventajas arriba mencionadas es necesario indicar los beneficios económicos que resulta de la reducción de la mano de obra debido al mejoramiento de la trabajabilidad y acabado del concreto, incluyendo la bombeabilidad.**

Esta Tesis pretende corroborar la variación de las propiedades del concreto mencionadas y averiguar qué puede suceder con las demás propiedades físicas del concreto en el que ha sido reemplazado parcialmente el cemento por cal con respecto al concreto patrón (cemento, arena, piedra y agua). Para poder obtener resultados más verídicos del comportamiento del concreto se han ensayado las muestras a distintas edades, tipos de curado y porcentajes de reemplazo.

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

2.1 CEMENTO PÓRTLAND

2.1.1 GENERALIDADES

El cemento resulta de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcilla dosificadas adecuadamente. Esta calcinación se lleva a cabo en un horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1500°C, con lo que se forman partículas nodulizadas duras, llamadas clinker. Enseguida se muele el clinker junto con un retardador (generalmente es un porcentaje de yeso) hasta convertirlo en un polvo finísimo que se conoce con el nombre de Cemento Pórtland.

Tipos de Cemento Portland

TABLA N°2.1

Tipos de Cemento	Observaciones
Tipo I	Uso general . No posee cualidades especiales
Tipo II	Moderada resistencia a los sulfatos y bajo calor de hidratación. Se emplea en ambientes agresivos o vaciados masivos.
Tipo III	Alta resistencia inicial y elevado calor de hidratación
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos.
Tipo IS	Con adición de escoria de altos hornos entre un 25% a 65% referidos al peso total.
Tipo ISM	Contenido menor del 25% de escorias de altos hornos referidos al peso total.
Tipo IP	Porcentaje de puzolana adicionada varía entre el 15% y 40% del peso total
Tipo IPM	Adición de puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.

2.1.2 CEMENTO PORTLAND TIPO I

Es el Cemento que se utiliza como referencia en este estudio, debido a que es el cemento de mayor uso en el país. En el Perú las fábricas que produce este tipo de cemento son: Cemento Lima, Pacasmayo, Libertad, Andino, Tarma - Junín.

Composición Química del Cemento Pórtland Tipo I

TABLA N°2.2

Componentes principales	
Cal (CaO)	Constituye 61% a 67% del cemento. Sirve para controlar los tiempos de fraguado.
Sílice (SiO ₂)	Constituye 17% a 25% en el cemento. Es resistente e insoluble en agua.
La Alúmina (Al ₂ O ₃):	Constituye 4% al 8% en el cemento. Un alto contenido de alúmina y bajo de sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia.
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃):	Constituye 0.5% a 5% y actúa en la misma forma que la alúmina.
Componentes secundarios	
Pérdida por ignición:	Disminución de peso de una muestra de cemento que fue calentada al rojo vivo (900°C a 1000°C) hasta obtener un peso constante. 3% como máximo.
Residuo insoluble:	Nos muestra parte arcillosa que no es soluble.
Anhídrido Sulfúrico (S3):	El contenido del anhídrido sulfúrico permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada y también el contenido de azufre limitándose al 2.5% o 3%.
Compuestos principales	
Silicato Tricálcico (3CaO.SiO ₂ =C ₃ S) Alita	Factor principal del fraguado inicial.
Silicato Bicálcico (2CaO.SiO ₂ =C ₂ S) Belita	Responsable del incremento progresivo de la resistencia desde los 14 días.
Aluminato Tricálcico (3CaO.Al ₂ O ₃ =C ₃ A):	Los cementos con bajos porcentajes hacen que sean resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.

<p>Ferro AluminatoTetracálcico ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 = C_4AF$): Celita.</p>	<p>Se usa por la necesidad de utilizar fundentes que contengan hierro en la fabricación del clinker. Su resistencia a las aguas salitrosas y agresivas en general es la más alta de todos los constituyentes.</p>
<p>Compuestos secundarios (5%-10% cemento)</p>	
<p>Oxido de Magnesio (MgO)</p>	<p>Fundente en la formación del clinker y aporta fase líquida.</p>
<p>Oxido de Sodio y Oxido de Potasio (Na_2O y K_2O):</p>	<p>Si por alguna razón se encuentra en cantidades excesivas, causarán eflorescencias y un riesgo de falla debido a la reactividad de agregados alcalinos que se manifestará con expansiones que destruyan al concreto y propicien la entrada de humedad.</p>

2.1.3 NORMALIZACION

El INDECOPI por intermedio de su comité Especializado en Cemento, ha elaborado las siguientes Normas Técnicas:

- Cementos. Definiciones y Nomenclatura NTP 334.001.
- Cementos. Métodos para la determinación de la finura expresada por la superficie específica (Blaine) NTP 334.002.
- Cementos. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica. NTP 334.003.
- Cementos. Método de determinación del peso específico NTP 334.005.
- Cementos. Método de determinación de la resistencia normal y fraguado NTP 334.006.
- Cementos. Determinación del calor de hidratación NTP 334.064.
- Cementos. Resistencia a la compresión y tracción NTP 334.051.
- Cementos. Estabilización de volumen NTP 334.054.

2.1.4 CEMENTO UTILIZADO EN LA TESIS :

Para este estudio se ha tomado como cemento de referencia al Cemento Portland de tipo I "Cemento Sol" producida por la fábrica de Cementos Lima. La cual tiene su planta en la Av. Atocongo en el Distrito de Villa María del Triunfo.

El peso específico considerado en el presente estudio para el Cemento Sol es de 3.11, sin embargo en la ficha técnica del Cemento Sol figura con 3.13. La diferencia de pesos que se genera por la diferencia entre los pesos específicos es mínimo para la presente Investigación.

A continuación se presenta la ficha técnica obtenida con el apoyo Cementos Lima.

Ficha Técnica Cemento Pórtland Tipo I Sol

Composición Típica del Mes: Marzo

Fecha: 08/04/2002

ANÁLISIS QUIMICO	VALORES	NTP 334.009, ASTM C-150 CEMENTO PÓRTLAND REQUISITOS	
Dióxido de Silice (SiO ₂) %	20.28		
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)%	6.18		
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)%	2.98		
Oxido de Calcio (CaO)%	62.60		
Oxido de Magnesio (MgO)%	3.11	Max	6.00 %
Trióxido de Azufre (SO ₃)%	2.78	Max	3.50%
Oxido de Potasio (K ₂ O)%	0.92		
Oxido de Sodio (Na ₂ O)%	0.27		
Perdida por Ignición (P.I.)%	0.75	Max	3.00%
Total	99.86		
ÁLCALIS TOTALES %	0.88		
Insolubles %	0.60	Max	0.75%
Cal Libre (CaO _(f))	0.34		
ENSAYOS FISICOS			
Fineza Malla – 100%	0.09		
Malla – 200 %	0.92		
Malla – 325 %	7.81		
Superficie Específica Blaine cm ² /g	3189	Min	2800 cm ² /g
Contenido de Aire %	8.06	Max	12.00 %
Expansión Autoclave %	0.19	Max	0.80 %

Densidad g/cm ³	3.13		
Fraguado Vicat Inicial (hr)	02.29	Min	0.75h
Fraguado Vicat Final (hr)	05.05	Max	6.25 h
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
24 Hrs	140		
3 Días	249	Min	122 kg/cm ²
7 Días	311	Min	194 kg/cm ²
28 Días	396		
COMENTARIOS: LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CORRESPONDE AL MES DE FEBRERO 2002.			

Ver Capítulo de Anexos

2.2 AGREGADO FINO

2.2.1 GENERALIDADES

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

El agregado fino podrá consistir de arena natural, manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes; debiendo estar libres de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Fuente : [5].

2.2.2 REQUISITOS DE USO

- El agregado fino será de arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular duras, compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, álcalis, pizarras, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir sus normas de Granulometría NTP 400.012.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excedan los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable 3%, material más fino que la malla # 200 5%

Fuente : [6].

2.2.3 PROPIEDADES Y NORMAS

2.2.3.1 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan los tamices N° 50 y N° 100 afectan la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. Se permite que pase el tamiz N° 50 del 10% al 30% cuando el vaciado es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos. Pero si se desea un acabado con textura superficial tersa en pisos con acabados a mano; se usará un agregado fino tal que pase cuando menos el 15% por el tamiz N° 50 y 30% o más por el tamiz N° 100.

El Reglamento Nacional de Construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las Normas ASTM.

Límite de Granulometría según la Norma ASTM C-33 para el Agregado Fino

TABLA N°2.3

Malla	Porcentaje que pasa (acumulado)
3/8"	100
N°4	95 a 100
N°8	80 a 100
N°16	50 a 85
N°30	25 a 60
N°50	10 a 30
N°100	2 a 10

Fuente : [6]

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Las pesadas se hacen con 0.1% de aproximación.
- Se seca la muestra a 110°C +/- 5°C hasta que en 2 pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en más de 0.1% entre ambas mediciones.
- El tamizado se hace a través de tamices que cumplan con la norma NTP 350.001.
- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según tamaño de aberturas .
- El tamizado se puede hacer a mano o mediante el empleo de una máquina adecuada. Sin embargo, en caso de duda, se toma por válido el tamizado a mano.
- Se tomará cada tamiz con su tapa y base y se imprimirá movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes. Para ello se imprime al tamiz los distintos movimientos de vaivén; adelante, atrás, izquierda, derecha. Arriba, abajo y circular.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- Se da por finalizada la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

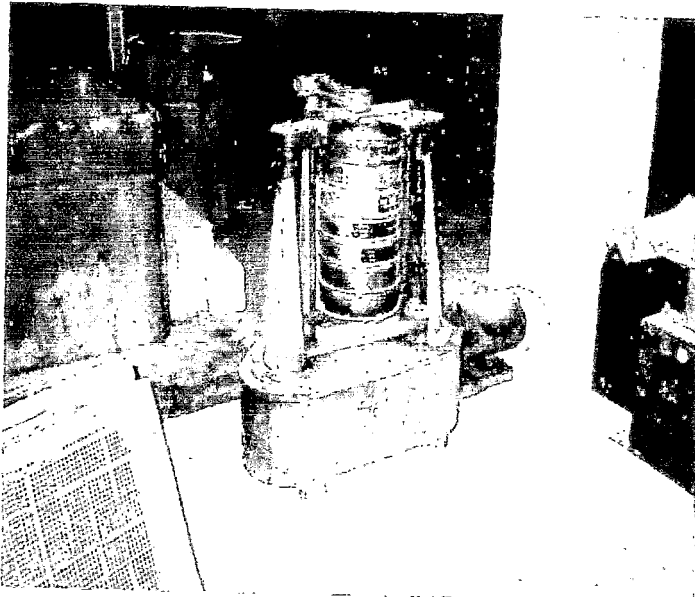


FOTO N° 2.1

Tamices ASTM.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

El agregado fino que se utilizó en esta tesis es la obtenida de la Cantera de Trapiche. Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 2.4.1 y en el gráfico 2.1. En el cuadro 2.4.2 se muestran los husos de la curvas granulométricas del agregado fino según la Norma ASTM C-33.

Modulo de Fineza de la Arena de Trapiche

CUADRO N° 2.4.1

Malla	Pesos retenidos					Peso ret. acum. (gr)	Porc.(%) Retenido	Porc.(%) Ret.acum.	Porc.(%) acum.pasa
	M1 (gr)	M2 (gr)	M3 (gr)	M4 (gr)	Promedio (gr)				
N4	15.50	21.50	15.50	15.00	16.88	16.88	3.38	3.38	96.63
N8	58.50	49.00	57.50	54.00	54.75	71.63	10.95	14.33	85.68
N16	133.00	120.00	123.00	126.00	125.50	197.13	25.10	39.43	60.58
N30	134.50	136.00	134.00	134.00	134.63	331.75	26.93	66.35	33.65
N50	90.00	98.00	97.50	95.00	95.13	426.88	19.03	85.38	14.63
N100	43.00	48.00	46.50	48.00	46.38	473.25	9.28	94.65	5.35
FONDO	25.50	27.50	26.00	28.00	26.75	500.00	5.35	100.00	0.00
TOTAL	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00		100.00		296.50

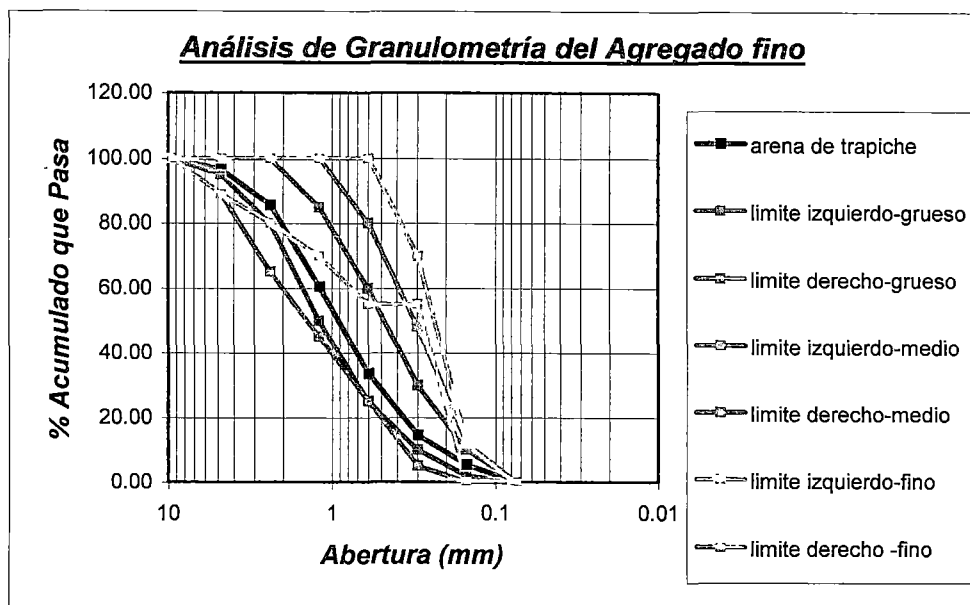
MODULO DE FINEZA = 2.97

Curva Granulométrica según la Norma ASTM C-33

CUADRO N° 2.4.2

Malla		Arena gruesa-C		Arena media-M		Arena fina-F	
N°	mm	Izquierdo %	Derecho %	Izquierdo %	Derecho %	Izquierdo %	Derecho %
3/8"	9.525	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N4	4.76	95.00	100.00	89.00	100.00	89.00	100.00
N8	2.38	80.00	100.00	65.00	100.00	80.00	100.00
N16	1.19	50.00	85.00	45.00	100.00	70.00	100.00
N30	0.595	25.00	60.00	25.00	80.00	55.00	100.00
N50	0.297	10.00	30.00	5.00	48.00	55.00	70.00
N100	0.149	2.00	10.00	0.00	12.00	0.00	12.00
FONDO	0.074	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Gráfico N° 2.1



El módulo de fineza de la arena de Trapiche es de 2.97. Se sabe que las arenas recomendables son las que se encuentran en los siguientes rangos de módulo de fineza:

Según ASTM : $2.3 < MF < 3.10$

También se observa del gráfico N° 2.1 que la arena de Trapiche está considerada como arena gruesa según la norma ASTM C-33 debido a que se encuentra totalmente dentro de estos husos; por lo tanto no es necesario hacerle ninguna corrección por granulometría.

2.2.3.2 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021)

PESO ESPECIFICO

El Peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos. Si el peso específico es bajo generalmente corresponde a

agregados absorbentes y débiles y en caso de ser de peso específico alto corresponde a agregados de buena calidad, es por eso que es necesario el estudio de esta propiedad.

Fuente : [7]

Peso específico de masa: Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material). Se calcula de la manera siguiente:

$$P_e = W_o / (V - V_a)$$

P_e Es el peso específico de masa.

W_o Es el peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos.

V Es el volumen del frasco en centímetros cúbicos.

V_a Es el peso en gramos o volumen en cm^3 del agua añadida al frasco.

Peso específico de masa saturada superficialmente seca: Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo. Se calcula de la manera siguiente:

$$P_{e,s} = 500 / (V - V_a)$$

$P_{e,s}$ Es el peso específico de masa del material saturado con superficie seca.

Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo. Se calcula de la manera siguiente:

$$P_{e,a} = W_o / [(V - V_a) - (500 - W_o)]$$

$P_{e,a}$ Peso específico aparente.

ABSORCIÓN

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La estructura interna de las partículas de un agregado está formada por materia sólida y por poros que pueden contener agua o no. La absorción es la

propiedad interna, teniendo como consecuencia un aumento en su peso. Es importante tener en cuenta esta característica en el diseño de mezclas de concreto ya que esta puede quitar o agregar agua a las mezclas.

La absorción de un agregado está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

Fuente :[8]

Se calcula de la siguiente manera:

$$A_b = (500 - W_o) / W_o \times 100$$

A_b Porcentaje de absorción.

W_o Peso de la muestra después de ser seca al horno.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Colocar aproximadamente 1000 gr. de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método de cuarteo en un envase adecuado, luego se procede a secarla a peso constante a una temperatura de 100 °C a 110°C.
- Cubrir la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 horas.
- Extender sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y remover con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Continuar esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí. Luego colocar el agregado fino en forma suelta en el molde cónico y golpear la superficie 25 veces con la barra de metal y levantar el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se prosigue con el secado revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta el momento en que el cono se derrumbe al quitar el molde, esto significa que el agregado fino presenta una condición de superficie seca.
- Se introduce de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm³ a una temperatura de 23°C +/- 2°C. Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³ y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1 g.

- Sacar el agregado fino del frasco, secar en horno hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C, luego enfriar a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1 1/2 h y por último pesar.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Peso Especifico y Absorción de Arena de Trapiche

CUADRO N°2.5

Descripción	M1	M2	M3	M4	Promedio
Volumen de Agua(ml)	500	500	500	500	500
Peso de Agregado fino sss(gr)	500	500	500	500	500
Volumen de agua + Agregado fino sss	680.00	680.00	690.00	690.00	685.00
Peso de Agregado fino seco (gr)	489.00	489.00	493.50	493.50	491.25
Peso Especifico de Masa (gr/cm³)					2.66
Absorción (%)					1.78

El Peso específico del agregado de Trapiche es de 2.66 gr/cm³ y el porcentaje de absorción es de 1.78%. Para poder realizar un buen diseño de mezclas es necesario conocer el porcentaje de absorción para la corrección de agua y el peso específico para realizar cálculos de volúmenes y pesos.

2.2.3.3 SUPERFICIE ESPECIFICA

Es el valor de cuánto es el área superficial del agregado fino, sirve como parámetro indicativo de la fineza del agregado. Se deduce también que a mayor superficie específica menor será el módulo de finura y por lo tanto tendrá mayor porcentaje de absorción.

Para la determinación de la superficie específica se tendrá en cuenta dos suposiciones:

- Que todas las partículas son esféricas .
- Que el tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_e = 6 * \text{SUM} / (100 * P_e)$$

Donde:

S_e Superficie específica

SUM Sumatoria de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio

P_e Peso específico

RESULTADOS

Estos resultados son producto del cálculo realizado con los datos obtenidos del ensayo de la granulometría y son los que se muestran en el siguiente cuadro:

Superficie Específica de la Arena de Trapiche

CUADRO N°2.6

Malla	Porcentaje Retenido - %	Diámetro promedio-cm	Cociente
3/8"	0.00	1.111	0.00
1/4"	0.00	0.794	0.00
N°4	3.38	0.556	6.07
N°8	10.95	0.357	30.67
N°16	25.10	0.179	140.22
N°30	26.93	0.089	302.53
N°50	19.03	0.045	422.78
N°100	9.28	0.022	421.59
FONDO	5.35	0.011	486.36
Superficie Específica (cm²/gr)			40.90

2.2.3.4 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (NTP400.017)

PESO UNITARIO SUELTO:

En este ensayo se busca determinar la cantidad de peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "peso volumétrico unitario" porque

se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado fino hasta llenarlo.

Fuente [8]

➤ **PROCEDIMIENTO**

- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de partículas. El agregado sobrante se elimina con una reglilla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Y se obtiene el peso unitario suelto dividiendo el peso neto del agregado entre el volumen del recipiente.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Son los que se indican a continuación:

Peso Unitario Suelto de la Arena de Trapiche

CUADRO N°2.7

Agregado fino	Muestra #01	Muestra #02	Muestra #03	Promedio
Peso de la muestra + Peso de Vasija (gr)	7538	7548	7528	7538
Peso de la Vasija (gr)	2790	2790	2790	2790
Peso de la muestra suelta (gr)	4748	4758	4738	4748
Peso Aparente Suelto	1676.79 Kg/m³			

PESO UNITARIO COMPACTADO

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado fino en un volumen unitario compactado. Todos los agregados presentan distinto la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

➤ PROCEDIMIENTO

- Llenar hasta la tercera parte del recipiente y nivelar la superficie con la mano. Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se vuelve a llenar hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como anteriormente. Luego se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante usando la barra compactadora como regla .
- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficientemente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado en el recipiente.
- El Peso unitario compactado se halla dividiendo el peso del material compactado entre el volumen del recipiente.

Volumen de Recipiente de Acuerdo al Tamaño Máximo del Agregado

TABLA N°2.8

Capacidad		Diámetro interior		Altura inferior		Espesor del metal		Tamaño máximo del agregado	
Pie cúbico	dm ³	pulg.	mm	pulg.	mm	fondo	pared	pulg.	mm
1/10	3	6.0+/-0.1	155+/-2	6.1+/-0.1	160+/-2	5.0	2.5	½	12.5
1/3	10	8.0+/-0.1	205+/-2	11.5+/-0.1	305+/-2	5.0	2.5	1	25
½	15	10.0+/-0.1	255+/-2	11.0+/-0.1	295+/-2	5.0	3.0	1 1/2	40
1	30	14.0+/-0.1	355+/-2	11.2+/-0.1	305+/-2	5.0	3.0	1	100



FOTO N° 2.2
Peso Unitario
Compactado
de la Arena.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Son los que se indican a continuación:

Peso Unitario Compactado de la Arena Trapiche

CUADRO N 2.9

Agregado fino	Muestra #01	Muestra #02	Muestra #03	Promedio
Peso de la muestra + Peso de Vasija (gr)	7933	7927	7917	7925.67
Peso de la Vasija (gr)	2790	2790	2790	2790
Peso de la muestra suelta (gr)	5143	5137	5127	5135.67
Peso Aparente Compactado	1814.72	Kg/m³		

2.2.3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, debido a esto es que el agua que permanece en el agregado en su estado natural debe intervenir también en el diseño de mezclas por lo tanto se debe de realizar una corrección al hacer el diseño de mezclas.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Pesar 500 gr. del material en estado natural (W_n), luego se coloca en el horno en un tiempo de 24 horas, para obtener el peso seco (W_s), con la finalidad de obtener el contenido de humedad.

Contenido Humedad del Agregado Fino

TABLA N°2.10

Descripción	Resultados	Unidades
Peso, muestra en estado natural (W_n) (1)	W_n	gr.
Peso, muestra en estado seco (W_s) (2)	W_s	gr.
$[(1)-(2)]*100/(1)$ = contenido de humedad	$(W_n-W_s)*100/W_n$	(%)

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Son los que se indican a continuación:

Contenido Humedad de la Arena Trapiche

CUADRO N° 2.10

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso de muestra húmeda (gr)	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso muestra seca+Vasija (gr)	628.50	628.50	634.00	630.33
Peso de Vasija (gr)	130.50	130.50	136.00	132.33
Peso de Agregado fino seco (gr)	498.00	498.00	498.00	498.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.40				

Se debe de realizar una corrección en el diseño de mezclas dando el 0.40% de contenido de humedad en la arena.

2.2.3.6 MATERIAL QUE PASA LA MALLA #200 (NTP 400.018)

El objetivo de este ensayo es la de averiguar cuanto material que pasa por la malla N°200 es la que se encuentra dentro de nuestro agregado fino. Valores altos son perjudiciales para el concreto porque afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria. En concretos normales el porcentaje máximo es de 5% y en casos especiales es de 3%.

La fórmula para calcularla es como sigue:

$$A = (P_1 - P_2)/P_1 \times 100$$

- A Es el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.
P₁ Es el peso seco de la muestra original, en gramos.
P₂ Es el peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

➤ PROCEDIMIENTO

- Superponer los tamices N°16 y N°200 de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Colocar la muestra de ensayo en el recipiente y agregar suficiente cantidad de agua hasta cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- Verter las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Repetir la operación hasta que las aguas del lavado sean claras.
- Se reintegra todo el material retenido en los tamices. Secar a la temperatura de 110 °C ±5 °C hasta que en dos pesadas sucesivas separadas por una hora de secado en la estufa, no difieran en más de 0.1%.



FOTO N° 2.3
Ensayo de material
que pasa por la
malla N°200.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Son los que se indican a continuación:

Material que pasa por la Malla N°200

CUADRO N°2.12

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso inicial seco inicial (gr)	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso lavado seco + Vasija (gr)	753.50	765.50	757.00	758.67
Peso de Vasija (gr)	267.00	275.00	268.50	270.17
Peso de Agregado fino lavado y seco (gr)	486.50	490.50	488.50	488.50
% De material que pasa por la malla # 200				2.30%

Se constata que la arena a utilizar presenta menor cantidad de material que pasa la malla n° 200 que el permisible (5%).

2.2.3.7 DETERMINACION CUALITATIVA DE IMPUREZAS ORGANICAS (ASTM C 40-79)

Los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aún no resultar adecuados para la elaboración de concreto si contienen impurezas orgánicas que interfieran el proceso de hidratación. La materia orgánica consiste en productos de descomposición de material vegetal, en forma de humus o marga orgánica (que interfieren el proceso de hidratación), que suele estar presente en la arena más que en la piedra y que es removible fácilmente con un lavado.

El objetivo del presente ensayo es para determinar de manera cualitativa la cantidad de material orgánico nocivo que tiene el agregado fino que se va a utilizar en la mezcla.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Llenar el frasco de vidrio comparador patrón Gardner N°11 con la muestra hasta 1/3 de su altura. Se guarda el resto de la muestra por si deba ser utilizada luego.
- Agregar la solución al 3% de hidróxido de sodio hasta que la muestra y la solución alcancen una altura de 2/3 de la altura del frasco.
- Tapar el frasco, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.
- Determinación del color: al final del periodo de reposo, se compara el color del líquido con el del patrón, anotamos si es más oscuro, más claro o igual.

➤ **RESULTADOS DE LABORATORIO**

El resultado obtenido con la arena de trapiche es del color más claro que el patrón. Por lo tanto el contenido de impurezas orgánicas está por debajo del límite permisible y el agregado se puede utilizar en la fabricación del concreto.

2.3.8 DETERMINACION DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES EN EL AGREGADO (ASTM C 142-71)

La arcilla puede estar presente en el agregado en forma de capas que interfieran la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento. Además, puede haber

sedimentos y polvo fino, sea como capas sobre la superficie o como material suelto. Incluso en la segunda forma, el sedimento y el polvo fino no deben estar presentes en cantidades mayores, pues debido a su finura y a su mayor área superficial, incrementan la cantidad de agua necesaria para humedecer todas sus partículas en la mezcla.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Pesar la muestra de ensayo y esparcir en una capa fina sobre el fondo del recipiente para examinar las partículas deleznable.
- Las partículas que pueden desmenuzarse con los dedos serán clasificadas como terrones de arcilla o friables.
- El desmenuzamiento de los terrones de arcilla y partículas friables será efectuada por compresión y deslizamiento entre los dedos pulgar e índice. La rotura de los mismos no debe efectuarse ayudándose con las uñas ni presionando contra superficies duras.
- Se separan todas las partículas desmenuzadas utilizando los tamices indicados en esta tabla.

Tamices a Utilizar de Acuerdo a Tamaño de Partículas de Muestra

TABLA N°2.13

Tamaño de partículas de la muestra	Tamaño de tamiz para separar los terrones de arcilla y partículas friables
Agregado fino retenido sobre el tamiz 1.19 mm (N°16)	850 μ m (N°20)
4.75 mm (N°4) a 9.50 mm (3/8")	2.36 mm (N°8)
9.50 mm (3/8") a 19.0 mm (3/4")	4.75 mm (N°4)
19.0 mm (3/4") a 38.10 mm (1 1/2")	4.75 mm (N°4)
Superior a 38.10 mm (1 1/2")	4.75 mm (N°4)

Calculados con la siguiente fórmula:

$$P = R/W \times 100$$

- P Porcentaje de partículas friable y terrones de arcilla.
- W Peso de la muestra, en gramos.
- R Peso de las partículas friables y terrones de arcilla en gramos.

➤ **RESULTADOS DE LABORATORIO**

Terrones de Arcilla y Partículas Friables de la Arena de Trapiche

CUADRO N°2.14

Descripción	M1	M2	M3	PROMEDIO
Peso inicial inicial	300.00	300.00	300.00	300.00
Peso Final seco	300.00	300.00	300.00	300.00
% De arcilla y partículas friables del agregado				0.00%

Se obtuvo que el porcentaje de arcilla y partículas friables en el agregado es nulo.

2.3 AGREGADO GRUESO

2.3.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la Norma NTP 400.011 se define como agregado al conjunto de partículas, de origen natural o artificial que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta Norma. Se les llama también áridos.

Según la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso. En este trabajo de investigación se utilizó el Agregado grueso de la Cantera La Gloria que posee el tamaño máximo de 1”.

Según la misma Norma el tamaño nominal máximo es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido y la piedra La Gloria posee un tamaño nominal máximo de 3/4”.

2.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Para realizar un diseño de mezclas acorde con el fin que queremos darle a nuestro concreto y que se ajuste a cumplir con todas las normas es necesario conocer las características físicas de los agregados. Para poder determinarlos es necesario realizar diversos ensayos que a continuación se detallan.

2.3.2.1 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO GRUESO (NTP400.012)

Con este ensayo determinaremos los diferentes diámetros de las partículas que componen el agregado grueso, así como los porcentajes que ocupan en la muestra representativa del agregado. Los tamices estándar usados para determinar la gradación del agregado grueso son: 4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8". La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado y se calcula como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices; 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, todo esto dividido entre 100.

En algunos casos es necesario realizar correcciones en nuestros agregados según la tendencia que posea la curva de los agregados, esto es determinado por los husos que nos proporciona las Normas ASTM C-33.

➤ PROCEDIMIENTO

- La muestra se tomará en base a la siguiente tabla:

Peso de Muestra de Acuerdo a Tamaño Máximo de Partículas

TABLA N°2.15

Tamaño Máximo de las Partículas (mm)	Peso Aproximado de la Muestra (Kg)
9.51 mm – 3/8"	2
12.7 mm - 1/2"	4
19.0 mm – 3/4"	8
25.4 mm – 1"	12
37.5 mm – 1 1/2"	16
50 mm – 2"	20
63 mm – 2 1/2"	25
75 mm – 3"	45
90 mm – 3 1/2"	70

- El procedimiento de ensayo es similar al descrito para la granulometría del agregado fino.

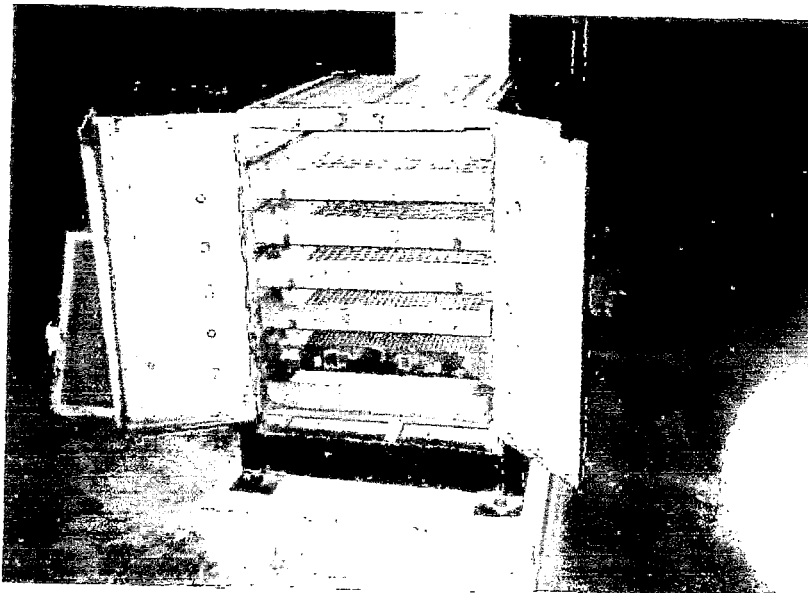
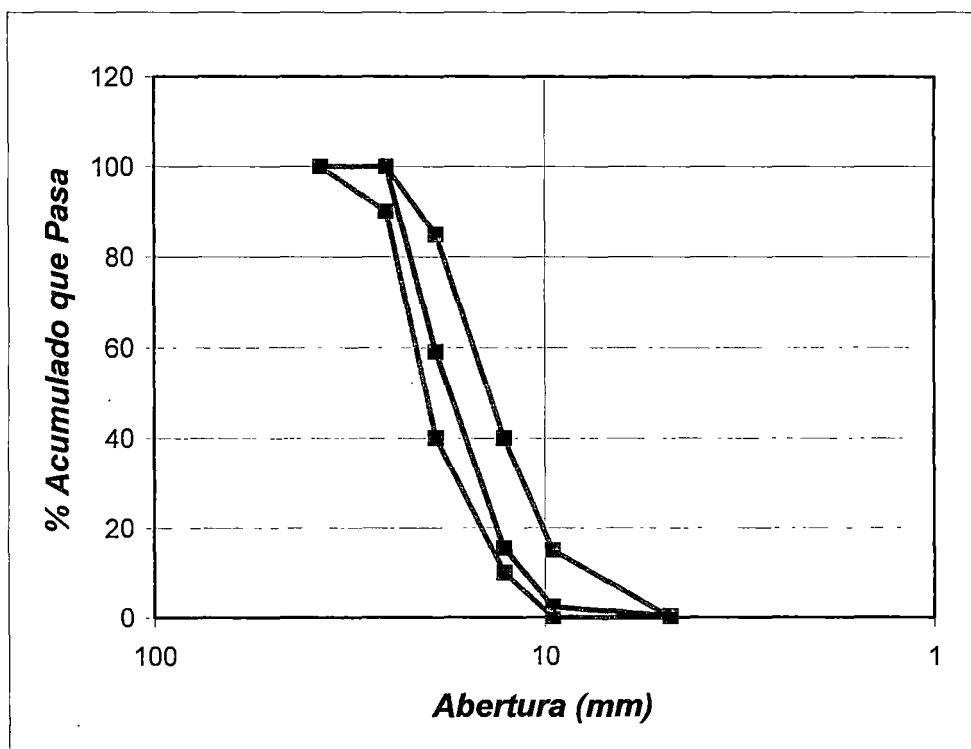


FOTO N° 2.4
Mallas ASTM
1 1/2" a N4.

Análisis de Granulometría del Agregado Grueso La Gloria

GRAFICO N°2.2



El módulo de fineza obtenido en el agregado grueso utilizado de la cantera de LA GLORIA es de 7.61. Se observa que la gráfica de granulometría del agregado grueso se encuentra totalmente dentro de los husos entonces no es necesario realizar ninguna corrección dentro de la gradación del material.

TAMAÑO MÁXIMO (NTP 400.011)

El tamaño máximo es la menor abertura de la malla por la que pasa todo el agregado. En general no debe exceder de :

- Un quinto de la dimensión de los miembros sin refuerzo.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo y los moldes.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

En el caso del agregado grueso La Gloria tiene un tamaño máximo de 1".

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO (NTP 400.011)

Es la abertura de la malla que produce el primer retenido de agregado. En este caso el tamaño nominal máximo del agregado La Gloria es $\frac{3}{4}$ ".

2.3.2.2 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.022)

PESO ESPECIFICO

Como ya se explicó en párrafos anteriores el peso específico es la relación a una temperatura estable, entre la masa de un volumen unitario del material a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas. Los principios de este ensayo es el mismo que para el agregado fino.

PESO ESPECIFICO APARENTE

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

PESO ESPECIFICO DE MASA

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire de igual densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

Lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

ABSORCIÓN

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en agua, se expresa como porcentaje del peso.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, secar la muestra hasta obtener peso constante a una temperatura de 100 °C a 110°C y luego sumergir en agua por un período de 24 h +/- 4 h.
- Sacar la muestra del agua y hacer rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezcan húmedas. Secar separadamente los fragmentos más grandes. Cuidar en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Obtener el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 gramos.
- Después de pesar, colocar de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determinar su peso en agua a una temperatura de 23°C ± 2°C.
- Secar la muestra hasta obtener un peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 hora a 3 horas y luego pesar.

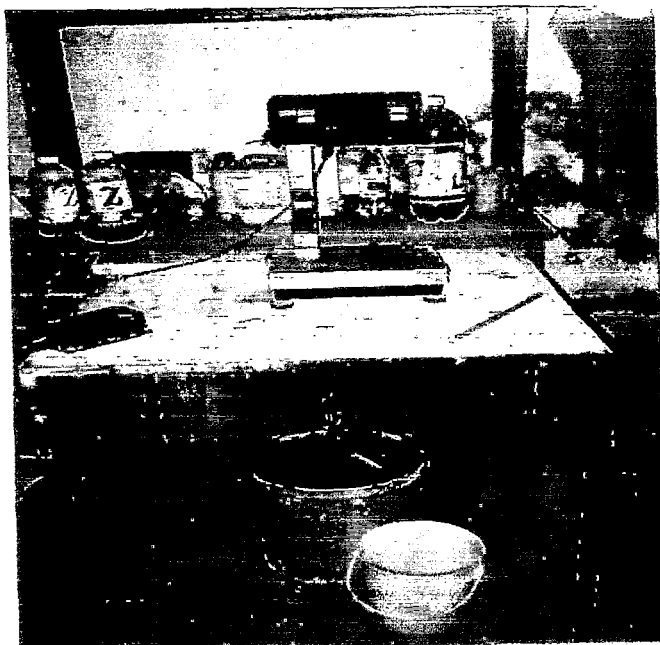


FOTO N° 2.5
*Ensayo de Peso
Específico y Absorción
del Agregado Grueso.*

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso La Gloria

CUADRO N°2.18

Descripción	M1 (gr)	M2 (gr)	M3 (gr)	Promedio (gr)
Peso de Agregado grueso sss	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Peso de canastilla	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00
Peso de muestra dentro del agua+	3,204.00	3,214.00	3,210.50	3,209.50
Peso de canastilla				
Peso de muestra dentro del agua	1,281.00	1,291.00	1,287.50	1,286.50
Peso de muestra seca + peso de vasija	2,265.50	2,256.00	2,256.00	2,259.17
Peso de vasija	275.50	268.00	268.50	270.67
Peso de muestra seca	1,990.00	1,988.00	1,987.50	1,988.50
	719.00	709.00	712.50	713.50
	709.00	697.00	700.00	702.00
Peso Específico de Masa (gr/cm³)				2.79
Absorción (%)				0.58

El peso específico del agregado grueso de La Gloria es de 2.79 y el porcentaje de absorción del agregado grueso utilizado es de 0.58%.

**2.3.2.3 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
(NTP 400.017)**

Las definiciones ya han sido dadas para el agregado fino.

➤ **PROCEDIMIENTO**

El procedimiento es similar al descrito en el mismo ensayo del agregado fino. Y según la tabla descrita en el ensayo de Peso unitario del agregado fino se deduce que el recipiente a utilizar es el de 1/3 p³.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso La Gloria

CUADRO N°2.19.1

Agregado Grueso	Muestra #01 (gr)	Muestra #02 (gr)	Muestra #03 (gr)	Promedio (gr)
Peso de la muestra + Peso de vasija	21700	21900	21600	21733.33
Peso de la vasija	6700	6700	6700	6700
Peso de la muestra suelta	15000	15200	14900	15033.33
Peso Aparente Suelto	1592.51		Kg/m³	

Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso La Gloria

CUADRO N°2.19.2

Agregado Grueso	Muestra #01 (gr)	Muestra #02 (gr)	Muestra #03 (gr)	Promedio (gr)
Peso de la muestra + Peso de vasija	23600	23400	23200	23400
Peso de la vasija	6700	6700	6700	6700
Peso de la muestra suelta	16900	16700	16500	16700
Peso Aparente Compactado	1769.07		Kg/m³	

El peso unitario suelto del agregado grueso es de 1592.51 kg/m³

El peso unitario compactado del agregado grueso es de 1769.07 kg/m³

2.3.2.4 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Este ensayo se realiza para hallar la cantidad en porcentaje de humedad que contiene el agregado en su estado natural. Este dato nos sirve para poder hacer correcciones en la cantidad de agua cuando realizamos nuestro diseño de mezclas.

El contenido de humedad del agregado grueso es de 0.27%.

➤ **PROCEDIMIENTO**

El procedimiento es similar al descrito en el mismo ensayo del agregado fino. Y según la tabla descrita en el ensayo de Peso unitario del agregado fino se deduce que el recipiente a utilizar es el de $1/3 p^3$.

➤ **DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Contenido de Humedad del Agregado Grueso La Gloria

CUADRO N°2.20

Descripción	M ₁ (gr)	M ₂ (gr)	M ₃ (gr)	Promedio (gr)
Peso de muestra húmeda	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Peso muestra seca+Vasija	1,143.50	1,111.00	1,114.00	1,122.83
Peso de Vasija	146.50	113.50	116.50	125.50
Peso de Agregado fino seco (gr)	997.00	997.50	997.50	997.33
Contenido de humedad (%)				0.27

En todos los casos el contenido de humedad mayor es el del agregado fino debido a que la arena por lo mismo que es más fina puede absorber mayor humedad del ambiente y por el contrario la piedra que es compacta y no puede tener esta característica notoria.

2.3.2 RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO (METODO DE LOS ANGELES- NTP 400.020)

El objetivo de este ensayo es conocer la resistencia que puede tener el agregado grueso a la abrasión y al desgaste; se realiza por medio del método de la máquina de Los Angeles. Este ensayo es más útil cuando el fin del concreto es para estructuras de alto esfuerzo de desgaste como pavimentos, canales, represas.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Colocar la muestra de ensayo y la carga abrasiva en las máquinas de Los Angeles y rotar a una velocidad de 30 rpm durante 500 revoluciones. La máquina se acciona y estará equilibrada de manera que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme.
- Después del número de revoluciones prescritas se descarga el material y hacer una separación preliminar de la muestra en un tamiz de abertura mayor que el tamiz N°12 (1.70 mm).
- Tamizar la porción más fina en el tamiz 1.70 mm (N°12) conforme se indica en la Norma NTP 400.012 de granulometría.
- Lavar el material más grueso que el tamiz 1.70 mm (N°12) y se seca a temperatura 105°C a 110°C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de 1 gr.

Método que más se Ajusta de Acuerdo a Granulometría de la Piedra

TABLA N°2.21

Tamaño de Tamices (Aberturas Cuadradas)		Peso de los Tamaños Indicados (gramos)			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ±25	-----	-----	-----
25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	1250±25	-----	-----	-----
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250±10	2500±10	-----	-----
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250±10	2500±10	-----	-----
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	-----	-----	2500±10	-----
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)	-----	-----	2500±10	-----
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	-----	-----	-----	5000±10
TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Del agregado grueso La Gloria se obtuvieron los siguientes resultados de desgaste:

Granulometría del Agregado Grueso

CUADRO N° 2.22

Malla	Promedio	Peso ret.	Porc.(%)	Porc.(%)	Porc.(%)
	gr	Acumulado (gr)	Retenido	Ret. Acum.	Acum. Pasa
1"	420.00	420.00	3.50%	3.50%	96.50%
3/4"	5,496.00	5,916.00	45.80%	49.30%	50.70%
1/2"	5,564.82	11,480.82	46.37%	95.67%	4.33%
3/8"	312.00	11,792.82	2.60%	98.27%	1.73%
N4	149.09	11,941.91	1.24%	99.52%	0.48%
FONDO	58.09	12,000.00	0.48%	100.00%	0.00%
TOTAL	12,000.00				

De la tabla N° 2.2.1 se observa que el método que más se ajusta al agregado grueso de la Gloria es el método A.

CUADRO N°2.23

METODO "A" : Se obtiene 1250 gr. de cada malla

Malla	Promedio	Peso Ret.	Porc. (%)	Porc. (%)	Porc. (%)
	gr	Acumulado gr	Retenido	Ret. Acum.	Acum.Pasa
1"	1,250.00	1,250.00	25.00%	25.00%	75.00%
3/4"	1,250.00	2,500.00	25.00%	50.00%	50.00%
1/2"	1,250.00	3,750.00	25.00%	75.00%	25.00%
3/8"	1,250.00	5,000.00	25.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	5,000.00				
Peso Inicial		5006 Gr			
Peso retenido en malla #12		4,360.00 Gr			
% desgaste			12.90%		

2.4 CAL

La cal utilizada para el presente estudio es una cal viva aérea obtenida de la Sierra en la Provincia de Huaraz. Esta cal fue proporcionada por la Institución Pronamachs en colaboración con el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil. El tipo de cal se determinó por medio de diversos ensayos físicos y químicos, los cuales son detalladas a continuación.

2.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CAL

La determinación de las características de la cal del estudio se realizaron mediante ensayos físicos. Estos fueron los resultados que se obtuvieron de los ensayos realizados.

2.4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

A) GRANULOMETRIA DE LA CAL (NTP 339.004)

La Norma NTP 24:05-002 indica que " El residuo retenido sobre el tamiz #30 no podrá ser mayor de 0.5%". y "El residuo retenido en la malla #200 no podrá ser mayor al 15%".

➤ PROCEDIMIENTO

- Sobre el tamiz N° 30 colocar la muestra de 100 gr. de cal hidratada. Debajo de este tamiz se coloca el tamiz N° 200.
- El material se lava a través de los tamices, mediante una corriente de agua proveniente de un caño o grifo. Se adherirá al caño, un pedazo de tubería de caucho. La velocidad del agua, puede incrementarse apretando la tubería de caucho, pero debe cuidarse de que la muestra no salpique fuera del tamiz.
- El lavado se continúa hasta que el agua que pasa a través del tamiz, sea clara, pero en ningún caso se podrá continuar el lavado por más de 30 minutos.
- Debe tenerse cuidado para que el agua no se acumule en el tamiz N° 200 porque las aberturas pueden taparse y la operación no sería completa en 30 minutos.
- Los residuos sobre ambos tamices se secan hasta obtener un peso constante a una atmósfera libre de anhídrido carbónico a una temperatura entre 100°C y 120°C.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Los datos obtenidos son :

Peso malla # 30 + Peso de vasija = 268 gr.

Peso malla # 200+ Peso de vasija = 271.5 gr.

Peso vasija # 30 = 268 gr.

Peso vasija # 200 = 269.50 gr.

Peso neto # 30 = 268-268 = 0 gr.

Peso neto # 200 = 271.5 – 269.5 = 2 gr.

Peso neto total # 200 = Peso neto # 30 + Peso neto # 200 = 0 + 2 gr. = 2 gr.

- El peso retenido de la malla # 30 es de 0%.
- El peso retenido en la malla # 200 es de 0.74%.

Según las Normas la cal utilizada en este estudio cumple con los requisitos de Granulometría. En caso de no cumplir se recomienda la molienda de la cal para permitir su cumplimiento de granulometrías.

2.4.1.2 TRABAJABILIDAD (NTP 339.004)

Este ensayo consiste en medir la cantidad del agua necesaria para cumplir con la trabajabilidad óptima que la Norma **NTP 339.004** precisa de la siguiente manera:

- Para la cal altamente cálcica ,esta cantidad de agua no debe ser menor del 75%.
- Para la cal cálcica, la cantidad de agua no debe ser menor al 70%.
- Para la cal dolomítica, esta cantidad de agua no debe ser menor al 65%.

Los datos obtenidos del ensayo de la cal utilizada son :

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Colocar el molde al centro de la plancha de vidrio de la mesa de sacudidas haciendo que su borde coincida con el círculo de 100 mm de diámetro del tablero de la mesa.
- Llenar el molde con la pasta, en dos capas, apisonando cada una con golpes cortos del pisón de madera.
- La pasta que rebalsa del borde, se enrasa con una regla y después de 10 o 15 segundos se retira el molde verticalmente hacia arriba.

- Extender la pasta sobre la plancha de vidrio con 15 golpes de sacudidas, cuidando que las sacudidas se realicen con una velocidad constante de una vuelta por segundo.
- La extensión de la torta se mide en dos diámetros perpendiculares entre sí
- El ensayo se repite con una nueva mezcla y diferente adición de agua, previamente pesada, hasta que la medida de extensión alcance en ambas direcciones $18 \text{ cm} \pm 0.2 \text{ cm}$.
- La constatación de la medida de extensión se debe terminar a más tardar 10 minutos después de la adición del agua a la cal.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

$$W_{\text{MUESTRA CAL}} = 600 \text{ gr.}$$

$$W_{\text{agua}} = 455 \text{ gr.}$$

$$\text{AGUA / CAL} = 600/455 = 75\%$$

De cual podemos mencionar que la cal que se ha usado es altamente cálcica o cálcica.

2.4.1.3 ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA DE LA CAL(NTP 339.004)

Es considerado que la cal de construcción presenta estabilidad de volumen, si los resultados de la prueba rápida o del tiempo son aceptables.

➤ **PROCEDIMIENTO**

Prueba Rápida:

- Se mezcla 100 gr de cal con agua hasta lograr una pasta suave pero no fluida.
- Sobre una superficie absorbente (por ejemplo una plancha de asbesto o ladrillos espolvoreados con arena fina) formar de esta pasta dos tortas de aproximadamente 9 cm. de diámetro y 1 cm. de altura al centro.
- Después de unos 15 minutos retirar las tortas, colocar sobre las planchas de vidrio y luego dejar reposar en el aire, protegidas contra corrientes de éste, durante 24 horas.
- Después de este tiempo de reposo, colocar ambas tortas se colocan con la parte abovedada hacia abajo sobre la parrilla de alambre del baño al vapor.

- El recipiente se llena en sus $\frac{3}{4}$ partes de agua, el cual deberá hervir en $\frac{1}{4}$ hora.
- Las tortas se someten al vapor durante una hora en total.
- En el caso de cales que deban ser apagadas o remojadas, la prueba se hará con unos 200 gr. de pasta de cal.

Prueba de Tiempo:

- Mezclar 100 gr. de la muestra de cal con 200 gr. de arena fina y 400 gr. de arena gruesa adicionándoles el agua correspondiente hasta formar un mortero ligeramente plástico. La arena fina y la arena gruesa deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla N° 2.24.

TABLA N°2.24

ARENA	FINA			GRUESA	
TAMIZ	63 μm	88 μm	210 μm	595 μm	1.19 μm
ITINTEC	(N°230)	(N°170)	(N°70)	(N°30)	(N°16)
% EN PESO	70	60	8		
RETENIDO	A	A	A		
	80	70	14	95	1

- En la arena gruesa el contenido de partículas hasta 88 μm (N °170) y utilizando agua, no debe ser mayor de 0.15% en peso. La arena fina debe contener como mínimo 99% de dióxido de silicio. La arena gruesa debe contener como mínimo 95% de dióxido de silicio.
- Colocar el mortero en 5 planchas de vidrio, las cuales se sacuden hasta que se formen tortas de 9 cm. de diámetro y 1 cm. de grosor en el centro.
- Si es el caso de cales aéreas, las tortas se ponen a reposar al aire y cada séptimo día se sumerge 1 minuto en agua con su plancha de vidrio.
- La prueba con cales aéreas se considera de resultados satisfactorios si las tortas después de reposar 28 días al aire no muestran grietas ni torceduras.

➤ **RESULTADOS DE LABORATORIO**

La cal utilizada es una cal aérea hidratada y al realizar el ensayo se observó que posee estabilidad volumétrica.

2.4.1.2 ENSAYOS QUÍMICOS DE LA CAL (NTP 339.048)

La finalidad de realizar ensayos químicos a la cal que se utiliza en el presente estudio es para poder clasificar la cal hallando las cantidades de los compuestos químicos principales:

- OMg
- MgO + CaO
- Humedad

✓ **Tratamiento de la Muestra en el Laboratorio para su Análisis Químico**

Tal como se reciba la muestra en el laboratorio, se mezclará perfectamente bien y se reducirá su cantidad mediante cuarteos sucesivos hasta que quede una mínima porción de 75 gr. la cual se pulverizará en mortero de ágata hasta que pase totalmente por el tamiz ITINTEC 149 mm (N° 100). Esta muestra de 75 gr. debe mezclarse en el análisis químico.

✓ **Muestra para Pruebas Especiales :**

Las muestras para las pruebas especiales pedidas para las especificaciones particulares se tomarán mezclando y cuarteando el material sobrante después de haber tomado los 75 gr. de la muestra para el análisis químico.

➤ **PROCEDIMIENTO**

Determinación de la Humedad

- Pesar 2 g a 5 g de la muestra preparada en una pesa filtratarado.
- Calentar en una estufa, sin tapanlo a la temperatura de 120°C durante 2 horas.
- Tapar rápidamente, enfriar en un desecador y pesar quitando la tapa en el instante preciso antes de hacer la pesada.
- La pérdida en peso representa el agua higroscópica de la cal hidratada.

Determinación de la Materia Insoluble más Bióxido de Silicio:

- Pesar aproximadamente 0.5 gr. de muestra. (si se trata de piedra caliza o cal hidratada, calcinar en crisol de platino, con la tapa puesta, en una mufla eléctrica por 15 minutos o más, si el calor no fuera lo suficientemente fuerte para completar la descomposición).

- Transferir a una cápsula de precipitación; preferible de platino, para acelerar la evaporación, mezclar con agua destilada hasta formar una pasta delgada, añadir de 5 a 10 ml de ácido clorhídrico ($d=1.19$) y se hace digerir con ayuda de calor y agitación, hasta disolución completa.
- Se puede ayudar la solubilidad y disminuir el tiempo rompiendo los trocitos existentes mediante la punta aplanada de una baqueta.
- Evaporar a seguridad, tanto como sea posible, en baño maría.
- Una vez seco, o casi seco, colocar la cápsula con su contenido (cubierta) en un baño de aire o en plancha caliente, sobre un triángulo de platino no resistente.
- Si se analiza una caliza de alto contenido de calcio, calentar por 1 hora a 200°C .
- Enfriar y mojar la masa con ácido clorhídrico ($d=1.19$) y dejar reposar unos minutos.
- Añadir un volumen igual de agua, tapar la cápsula y se coloca en el baño de agua por 10 minutos.
- Filtrar a través de papel de filtro de tamaño aparente, para separar los insolubles
- Lavar completamente con ácido clorhídrico diluido y luego dos veces con agua fría
- Evaporar el filtrado a sequedad.
- Extraer este residuo con ácido clorhídrico exactamente como antes, pero digerir solamente unos minutos.
- Filtrar a través de un papel de filtro más pequeño.
- Lavar varias veces con agua caliente.
- Transferir los dos papeles de filtro conteniendo los residuos de un crisol de platino tarado.
- Secar cuidadosamente sin que se inflame el papel de filtro y luego calcinar hasta peso constante en mufla eléctrica. El incremento en peso indica el insoluble más bióxido de silicio y se reporta como materia insoluble más bióxido de silicio (a).

Determinación de los óxidos de fierro y de aluminio:

- Agregar a la solución clorhídrica proveniente de la determinación anterior unas gotas de agua de bromo o de ácido nítrico y hervir hasta que desaparezcan toda traza de cloro o bromo.
- Agregar ácido clorhídrico en suficiente cantidad para asegurar que haya de 10 a 15 ml de ácido clorhídrico ($d=1.19$).
- Agregar unas gotas de rojo de metilo y diluir a 200 ml o 250 ml con agua.

- Calentar a ebullición y neutralizar con hidróxido de amonio (diluido, casi al final) hasta que el color vire de rojo al amarillo.
- Hervir todavía 102 minutos, decantar, filtrar y lavar inmediatamente el precipitado del papel filtro 2 o 3 veces con solución caliente al 2% cloruro de amonio(1).
- Conservar aparte las aguas del filtrado (2).
- El precipitado del papel de filtro se disuelve con ácido clorhídrico diluido y caliente, lavar con agua caliente, recibiendo la solución en el mismo vaso donde se hizo la precipitación (1).
- Hervir esta solución para expeler cualquier traza de cloro y precipitar los hidróxidos de fierro y aluminio con hidróxido de amonio.
- Filtrar y lavar como anteriormente y calcinar el papel filtro con el precipitado en crisol de platino tarado(1).
- Juntar las aguas del filtrado con las de (2).
- Enfriar en desecador y pesar como óxidos de fierro y aluminio.
- El papel de filtro de la primera precipitación (1) se seca, calcina y pesa, agregando su peso al de materia insoluble más bióxido de silicio (a).

Determinación de la pérdida por calcinación :

- Pesar 1 gr. de la muestra en un crisol de porcelana o platino previamente tarado.
- Cubrir con la tapa y calentar suavemente en una mufla eléctrica por 5 minutos, aumentando gradualmente la temperatura hasta que su peso sea constante (por lo general unos 15 minutos entre 900°C y 1000°C).
- La diferencia entre el peso original de la muestra y su peso final representa la pérdida por calcinación.

Determinación del óxido de calcio:

Método gravimétrico: El método gravimétrico debe emplearse cuando se requieren una recuperación de alúmina o una determinación de estroncio

- Agregar algunas gotas de solución de hidróxido de amonio a la solución resultante de la filtración de los hidróxidos de fierro y aluminio y llevar a ebullición (7).
- Se entiende que esta solución es la resultante de la separación previa de sílice, aluminio y óxido de fierro.

- A la solución hirviendo, agregarle 35 ml de una solución saturada de oxalato de amonio hirviendo y se deja que continúe hirviendo hasta que el precipitado (CaC_2O_4) asuma una forma granular.
- Deja reposar 20 minutos o hasta que el precipitado se haya asentado y la solución esté clara, filtrar y lavar perfectamente con agua hirviendo. Cada 1000 ml de agua hirviendo disuelven 10 mg de precipitado (CaC_2O_4).
- Colocar el papel filtro de cenizas taradas húmedo, conteniendo el precipitado (CaC_2O_4) en un crisol de platino previamente tarado y se quema el papel sobre la pequeña llama de un quemador Bunsen o en una mufla eléctrica.
- Calcinar el residuo, disolver en solución caliente al 10% de ácido clorhídrico y se lleva el volumen de la solución a 100 ml con agua.
- Agregar una pequeña cantidad de hidróxido de amonio y poner a hervir el líquido.
- En caso de que se produjera un pequeño precipitado de hidróxido de aluminio, se le filtra lavando con una solución al 2% de cloruro de amonio, volver a calcinar, pesar y agregar este peso a aquel encontrado en la primera determinación (7)
- Luego, volver a precipitar el calcio usando oxalato de amonio, dejar reposar hasta que se asiente, filtrar, lavar perfectamente con agua hirviendo y se pesa como óxido de calcio después de calcinación hasta peso constante en un crisol de platino cubierto.

Método Volumétrico: El método volumétrico puede ser usado para controles ordinarios de trabajo en el laboratorio de la planta. En este método, todo el óxido de estroncio está incluido en el óxido de calcio determinado.

- Agregar algunas gotas de solución de hidróxido de amonio a la solución resultante de la filtración de los hidróxidos de fierro y aluminio y llevar a ebullición
- A la solución hirviendo, agregar 35 ml de una solución saturada de oxalato de amonio hirviendo y dejar que continúe hirviendo hasta el precipitado (CaC_2O_4) asuma su forma granular.
- Agitar vigorosamente y se deja reposar hasta que el precipitado se haya sentado, filtrar sobre un papel de filtro de 11 cm. de diámetro y lavar 10 veces con agua hirviendo sin pasar e 125 ml para este lavado.
- Transferir el papel que contiene el precipitado (CaC_2O_4) al vaso en que se realizó la precipitación y extender el papel contra la parte superior del vaso.
- Lavar el precipitado del papel con un chorro de agua caliente proveniente de un pisceta, doblar el papel y se adherir a la parte superior del vaso.

- Agregar al contenido del vaso, 50 ml de una solución 1:10 de ácido sulfúrico, llevar hasta un volumen de 230 ml con agua y se calienta hasta $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Luego se titula con la solución 1 N valorada de permanganato de potasio, hasta que se obtenga el punto de viraje rosado. Luego se introduce el papel filtro plegado (que se había adherido a la parte superior del vaso) dentro del líquido. El color rosado de este último debe desaparecer.
- Terminar la titulación agregando la solución 1 N de permanganato de potasio, gota a gota, hasta que el punto de viraje rosado se obtenga de nuevo. Se puede usar un crisol Gooch en lugar de papel de filtro.
- De la cantidad total de solución de permanganato de potasio utilizada, calcular el porcentaje de óxido de calcio.

Determinación del óxido de magnesio :

- Reunir los filtrados y lavados procedentes de la filtración de oxalato de calcio y acidificar con ácidos clorhídricos. Concentrar la solución en bañomaría hasta un volumen de 150 ml aproximadamente. Calentar a ebullición y se añade 10 ml de solución saturada de fosfato ácido de sodio y amonio y continuar la ebullición por algunos minutos. Luego enfriar a temperatura ambiente y añadir hidróxido de amonio, gota a gota, agitar constantemente hasta aparición del precipitado de ortofosfato amonio-magnesiano, añadir un ligero exceso de hidróxido de amonio y se continúa la agitación por algunos minutos. Deja reposar la solución en atmósfera fría de 12 a 48 horas y se filtra. El tiempo de reposo es mayor a medida que la cantidad de magnesio presente es menor.
- Disolver el precipitado en ácido clorhídrico diluido y caliente ; diluir la solución con agua hasta más o menos 100 ml se añade 1 ml de solución saturada de fosfato ácido de sodio y amonio , gota a gota, agitando continuamente, hasta la aparición del precipitado y como anteriormente se añade un ligero exceso de hidróxido de amonio. Dejar reposar en atmósfera fría de 12 horas \pm 48 horas ,se filtra sobre papel filtro de cenizas taradas o sobre un crisol gooch, lavar con una solución e hidróxido de amonio que contenga nitrato de amonio, calcinar el precipitado en crisol de platino tarado, en mufla eléctrica entre 1050°C y 1100°C , por periodo de 30 minutos, enfriando y pasando hasta peso constante como $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.
- Cuando el manganeso está presente en la muestra precipita en gran parte junto con el magnesio. Si el manganeso no ha sido eliminado antes de la precipitación del magnesio, el pirofosfato pesado será disuelto en ácido nítrico y se determina el manganeso de la solución por el método de bismutato, se pasa por cálculo

este manganeso a pirofosfato de manganeso y se deduce éste del peso de $Mg_2P_2O_7$. Se calcula el porcentaje de óxido de magnesio.

Determinación del anhídrido sulfúrico

- Pesar 2 gr. de muestra y se coloca en un vaso pequeño, añadiendo 10 ml de agua y se agita hasta que todas las partículas queden disgregadas y las más livianas estén en suspensión.
- Agregar 15 ml de solución 1:1 de ácido clorhídrico y calentar hasta solución completa.
- Filtrar en papel filtro pequeño y lavar el residuo perfectamente con agua caliente.
- Diluir el filtrado a 250 ml, calentar a ebullición y se agrega, gota a gota, 10 ml de una solución hirviendo al 10% de cloruro de bario.
- Agitar bien y dejar reposar durante la noche, filtrar, lavar con agua hirviendo, calcinar y pesar como sulfato de bario.
- Calcular el porcentaje de anhídrido sulfúrico multiplicando el peso del sulfato de bario por el factor 34.3.

Determinación del anhídrido carbónico :

Método del alcalímetro de Schrotter:

- Llenar con ácido clorhídrico y sulfúrico los bulbos del alcalímetro, introducir 1 gr. de la muestra en el depósito y humedecer con agua procurando hacer una pasta suave.
- Pesar todo el aparato.
- Abrir poco a poco la llave del ácido clorhídrico, cuando ha pasado todo el ácido clorhídrico se cierra la llave y se calienta el aparato a una temperatura próxima a la de ebullición de la solución.
- Conectar el bulbo del ácido sulfúrico con un aspirador dejando pasar a través del aparato como 300 ml de aire seco y libre de anhídrido carbónico.

Método de absorción :

- Antes de realizar esta determinación se debe hacer las pruebas siguientes:
Hermeticidad del aparato; que consiste en que cerrando la llave del embudo de decantación, la corriente de aire se debe extinguir (cesa el burbujeo en el frasco lavador de observación).

Eficiencia del tubo de accarita; esto se efectúa pesando el tubo en U de cal sodada con el Erlenmeyer llena de agua, antes y después de pasar una corriente lenta de aire durante 10 minutos. Si las dos pasadas coinciden el tubo ascarita funciona bien.

- Colocar la muestra dentro del Erlenmeyer y cubrir con agua, se coloca 50 cm³ de una solución 1:1 de ácido clorhídrico en el embudo de decantación.
- Conectar todas las partes del aparato y se abre la llave del embudo de decantación, tan lentamente que sólo se produzcan tres burbujas por segundo.
- Tan pronto se haya vaciado todo el ácido, se enciende un mechero por debajo del Erlenmeyer y se comienza el paso del agua de refrigeración por el condensador. Se debe hervir muy lentamente. Después de un tiempo suficiente se apaga la llama y se hace aumentar la corriente de aire.
- Cuando esté frío el tubo de absorción de cal sodada, se desconecta del aparato y se lleva a la vitrina de la balanza hasta que dos pesadas con un intervalo de 30 minutos coincidan en una diferencia de 0.5 mg.

Determinación de los óxidos de calcio y magnesio libres :

- Determinar los porcentajes de humedad, pérdida por calcinación, CaO, MgO, SO₃ y CO₂.
- Calcular el agua combinada con la cal hidratada a partir de la determinación de la pérdida por calcinación CO₂ y humedad como sigue :

$$\text{H}_2\text{O combinada} = \text{Pérdida por calcinación} - (\text{CO}_2 + \text{humedad})$$
- Calcular el porcentaje de óxidos no hidratados de la muestra tal como se recibe, en la forma siguiente:
 Calcular el equivalente de CaO combinado con CO₂ y SO₃.
 Restar la suma de este equivalente de CaO del CaO total.
 Restar este valor de H₂O del agua combinada ya determinada.
 Calcular el equivalente de MgO combinado con el agua.
 Restar este equivalente de MgO del total MgO ya determinado, para obtener el porcentaje de MgO e la muestra tal como se recibió.

➤ **ENSAYO QUÍMICO DE LA CAL UTILIZADA :**

A la cal utilizada en el presente estudio de investigación se le practicó estos ensayos químicos, las cuales se proporcionan en la ficha de laboratorio. Los

ensayos químicos fueron realizados en el Laboratorio de La Facultad de Ingeniería Química de La Universidad Nacional de Ingeniería.

2.5 AGUA

2.5.1 GENERALIDADES Y REQUISITOS

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.088 y ser, de preferencia potable.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1% , aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados.

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, si es que:

Está limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberá ser evitadas. Ello debido a que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado , la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

La calidad del agua determinada mediante el análisis de laboratorio cumple con los valores que a continuación se detallan :

Máximos Permisibles de Sustancias Químicas Nocivas en el Agua para Concretos**CUADRO N°2.26**

Sustancia Química	Máximo permisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente : [6]

Las sales u otras materias dañinas que pudieran estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a aquellas que aporta el agua de mezclado, a fin de evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes que pueden dañar el concreto, el acero de refuerzo o los elementos embebidos.

Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruros indicado en la tabla deberá disminuir a 50 ppm.

El agua de mar no podrá utilizarse en los siguientes casos:

- Concreto presforzado.
- Concreto cuya resistencia a la compresión a los 28 días sea mayor de 175 kg/cm².
- Concretos en los que están embebidos elementos de aluminio o de fierro galvanizado.
- Concretos vaciados en climas cálidos.
- Concretos con acabado superficial de importancia, concretos expuestos, concretos caravistas.

2.5.1.1 ENSAYO QUÍMICO AL AGUA POTABLE

Para la confirmación de que el agua potable cumple con los requisitos de cantidades permisibles de compuestos químicos se le realizó un ensayo químico; el cual nos arrojó los datos adjuntos en el Anexo de análisis químico realizado.

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLAS

3.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO

3.1.1 MARCO TEORICO

Siempre que se realice un diseño de mezclas debe tomar como principio primordial el fin del concreto a diseñar, es decir, en donde va a ser utilizado y las características climáticas del concreto que uno requiere en obra. Lo que siempre se busca es que el concreto reúna las siguientes características primordiales: trabajabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad.

A continuación se muestra los principales métodos de diseño de mezclas para poder lograr los objetivos mostrados anteriormente.

A) METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones técnicas o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de mezclas, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el método del Comité 211 del ACI, siendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora
- Selección del tamaño nominal máximo del agregado grueso.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario del agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación del contenido de agregado grueso.

- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Determinación del volumen absoluto del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso, de diseño y de la obra.
- Determinación de los pesos por tanda de una bolsa.

B) METODO WALKER

Las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método de Walker, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario del agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua y aire.
- Determinación del volumen absoluto de agregado total.
- Determinación del porcentaje de agregado fino en relación al volumen total del agregado.
- Determinación del volumen absoluto de agregado grueso.
- Determinación de los pesos secos de los agregados finos y grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso de diseño y de obra.
- Determinación de los pesos por tanda de una bolsa.

C) METODO POR LA RELACION AGUA/CEMENTO

- Cuando no se disponga de la información referida a un registro de ensayos de obras aceptable, o no se tiene información de resultados de mezclas de prueba, podrá seleccionarse la relación agua/cemento para concretos sin y con aire incorporado, en función de la resistencia característica. Debiendo este procedimiento ser aprobado por la Supervisión.
- Para el empleo de la relación agua/cemento se requiere un permiso especial de la Supervisión debido a que diferentes combinaciones de ingredientes producen concretos de muy variada resistencia para una relación agua/cemento dada.
- Todo diseñador debe considerar que la relación agua/cemento con resistencia en compresión del concreto, necesariamente debe ser muy conservadora. Por ello, este método debe ser aplicado únicamente para estructuras previas, y en las que no está justificado el costo adicional de mezclas de prueba.
- Por la misma razón, para concretos por encima de los 245 kg/cm² de resistencia a la compresión, es imperativo que la selección de las proporciones de la mezcla se efectúa en base a experiencias de obra o información suministrada por mezclas de prueba.
- La relación agua/cemento deberá ser empleada únicamente en concretos preparados con cemento Pórtland normales que cumplan con los requisitos de resistencia indicados por las Normas. La relación agua/cemento no deberá ser empleada para concretos pesados o livianos, o aquellos preparados empleando aditivos que no sean incorporadores de aire.
- Los concretos preparados con proporciones seleccionadas por la relación agua/cemento deberán cumplir igualmente con los requisitos especiales de exposición (durabilidad) y los criterios para los ensayos de resistencia en compresión.

D) METODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

En el método del módulo de finura de la combinación de agregados, los contenidos de agregados finos y gruesos varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación principalmente, función de la relación agua/cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla. Los pasos a seguir son:

- Determinación de la resistencia promedio.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Selección del asentamiento.
- Volumen unitario de agua.
- Selección del contenido de aire.
- Relación de agua/cemento.
- Factor cemento.
- Cálculo de volumen absoluto de la pasta.
- Volumen absoluto del agregado.
- Cálculo del módulo de finura de la combinación de agregados.
- Cálculo del porcentaje de agregado fino en relación al total de agregados.
- Cálculo de los volúmenes absolutos de los agregados.
- Pesos secos de los agregados.
- Valores de diseño.
- Corrección por humedad del agregado.
- Proporción en peso.
- Pesos por tanda de una bolsa.

E) METODO DEL AGREGADO GLOBAL

El propósito de la preparación del concreto es que cumpla con los objetivos de uso y de economía, sin descuidar la parte técnica. Este método se realiza escogiendo la mejor combinación de agregados para ganar resistencia con la mejor combinación de agregados. A continuación se detallan los pasos a seguir:

- Se hallan las características de los agregados; peso específico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, contenido de humedad, absorción, granulometría, etc.

- Definir el mayor peso unitario compactado en variación de porcentajes de combinación de agregados.
- Ubicar la gráfica de compacidad: Peso unitario compactado vs Porcentajes de arena. De esta gráfica se puede encontrar el punto máximo.
- Con este porcentaje hallado mediante la gráfica se obtiene la cantidad de agua óptima para obtener el slump requerido (31/2").
- Vacear 3 probetas de cada proporción con una variación mínima $\pm 3\%$.
- Transcurridos 7 días, las probetas previamente curadas se ensayan en compresión y se grafica % arena vs resistencia a la compresión. De esta gráfica se obtiene el % óptimo de arena en la mezcla patrón.
- Con la cantidad de agua hallada por m^3 de concreto se halla el contenido de cemento en la mezcla (volúmenes absolutos de cada componente).
- Encontrar pesos secos del diseño de mezclas.
- Realizar la corrección por humedad.
- Obtener las cantidades en peso por tanda.

Fuente [7]

F) METODO UTILIZADO

En este estudio lo que se busca es poder obtener la mejor proporción de incorporación de cal en la mezcla para obtener una mejora en el concreto, bondades que va a aportar la cal en el concreto. También comprobar cuales son estas bondades ya antes mencionadas.

El criterio de este diseño de mezclas es por el Método de Compacidad que viene a ser la mejor combinación de agregados en la mezcla. Para obtener la mejor combinación de agregados se ensayó con varias combinaciones de arena y piedra, de la cual se obtuvo que la mejor combinación es de 50% de arena y 50% de piedra. Luego, se halló la cantidad de agua por m^3 de concreto para obtener un slump de 3" a 4" (trabajable) y de relación agua/aglomerante de 0.65. Finalmente se elaboraron 3 probetas con la combinación de agregados mencionada. En el cuadro N°3.1 se muestra la determinación de la óptima combinación:

Determinación del Peso Unitario Compactado del Agregado Global

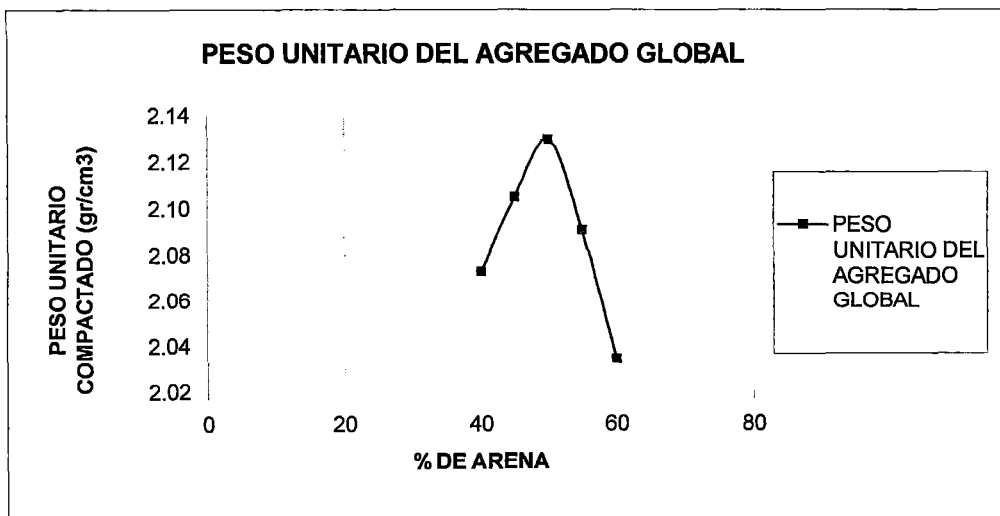
CUADRO N°3.1

Volumen del Balde 1/3 p3 9438.95cm³
 Peso de Balde 6700 gr

% arena	% piedra	Peso de arena	Peso de piedra	M1 Peso (gr)	M2 Peso (gr)	M3 Peso (gr)	Promedio Peso (gr)	P.U.C (g/cc)
60	40	30.00	20.00	19,100.00	19,300.00	19,200.00	19,200.00	2.03
55	45	27.50	22.50	19,800.00	19,700.00	19,700.00	19,733.33	2.09
50	50	25.00	25.00	20,200.00	20,000.00	20,100.00	20,100.00	2.13
45	55	22.50	27.50	20,000.00	19,900.00	19,700.00	19,866.67	2.10
40	60	20.00	30.00	19,400.00	19,800.00	19,500.00	19,566.67	2.07

El Porcentaje óptimo de combinación de agregados es 50% de arena y 50% de piedra

GRAFICA N°3.1



De la gráfica N°3.1 se puede deducir que la mayor compactación se produce cuando en la combinación interviene un 50% de arena y 50% de piedra.

- DETERMINACIÓN DE AGUA POR M³ DE CONCRETO

Se hizo por tanteos de cantidad de agua en la mezcla por m³ teniendo como referencia un 50% de arena y un 50% de piedra en el diseño de mezclas. Se obtuvieron los siguientes diseños de mezclas y gráfica mostradas:

Diseño de Mezclas # 01

CUADRO N° 3.2

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	276.92	276.92	0.089	cemento	1	5.69
% arena 50	agua	180	190.42	0.18	agua	0.69	3.93
% piedra 50	arena	952.22	961.84	0.358	arena	3.47	19.76
agua (lts) 180	piedra	998.76	1001.47	0.358	piedra	3.62	20.62
% aire 1.5		2407.9	2430.65	0.99		8.78	50.00
Se obtuvo un slump de 1/2"							

Diseño de Mezclas # 02

CUADRO N° 3.3

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	300	300	0.096	cemento	1	6.26
% arena 50	agua	195	205.59	0.195	agua	0.68	4.28
% piedra 50	arena	922.4	922.4	0.347	arena	3.07	19.26
agua (lts) 195	piedra	967.48	967.48	0.347	piedra	3.22	20.2
% aire 1.5		2384.88	2395.47	0.99		7.97	50.00
Se obtuvo en slump de 3 1/2"							

Diseño de Mezclas # 03

CUADRO N° 3.4

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	307.69	307.69	0.099	cemento	1	6.41
% arena 50	agua	200	209.98	0.2	agua	0.68	4.36
% piedra 50	arena	912.46	921.68	0.343	arena	3	19.23
agua (lts) 200	piedra	957.06	959.65	0.343	piedra	3.12	20.00
% aire 1.5		2377.21	2399	0.99		7.80	50.00
Se obtuvo en slump de 41/2"							

Diseño de Mezclas # 04

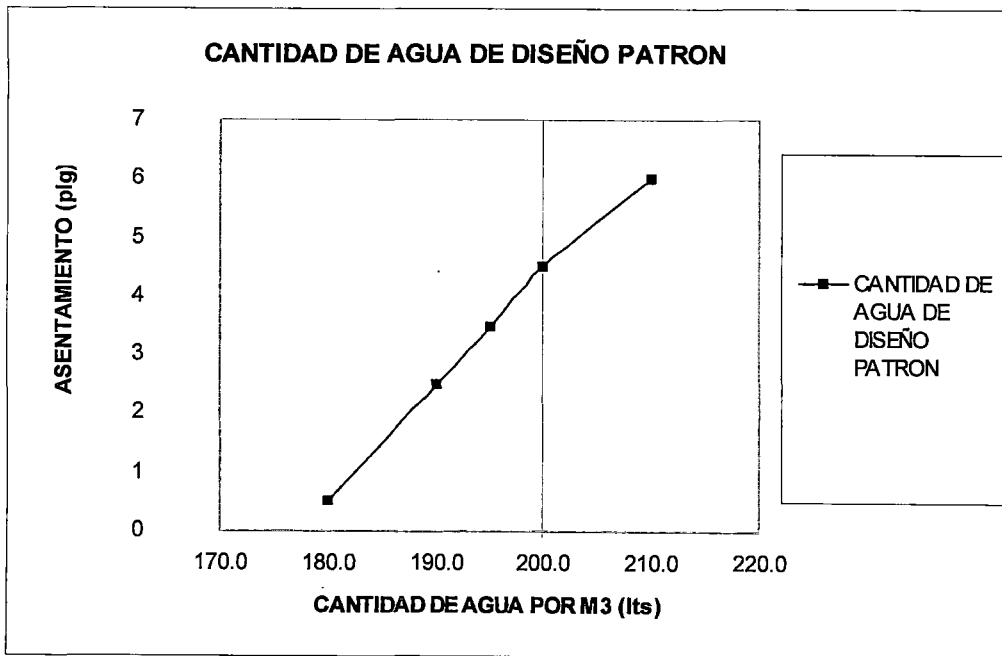
CUADRO N° 3.5

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	323.08	323.08	0.104	cemento	1	6.76
% arena 50	agua	210	225.49	0.21	agua	0.7	4.72
% piedra 50	arena	892.59	901.6	0.336	arena	2.79	18.87
agua (lts) 210	piedra	936.21	938.74	0.336	piedra	2.91	19.65
% aire 1.5		2361.88	2388.91	0.99		7.40	50.00
Se obtuvo en slump de 6"							

CUADRO N°3.6

AGUA (lts)	180.00	190.00	195.00	200.00	210.00
SLUMP (plg)	1/2	2 1/2	3 1/2	4 1/2	6

GRAFICO N°3.2



El gráfico mostrado indica que diseñando con 195 lts de agua por m³ se obtiene un asentamiento de 3 1/2".

- **DISEÑO DE MEZCLAS TOMANDO A 195 LTS LA CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO POR M3 DE CONCRETO**

Diseño de Mezclas # 01

CUADRO N°3.7

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	agua	195	217.92	0.195	agua	0.73	4.5
% arena 47	arena	867.06	875.82	0.326	arena	2.92	18.08
% piedra 53	piedra	1025.53	1028.31	0.368	piedra	3.43	21.23
agua (lts) 195							
% aire 1.5		2387.59	2422.05	0.99		8.08	50.00

Se obtuvo un slump de 3 1/4" y una resistencia a la compresión a los 7 días de 172.36 kg/cm²

Diseño de Mezclas # 02

CUADRO N°3.8

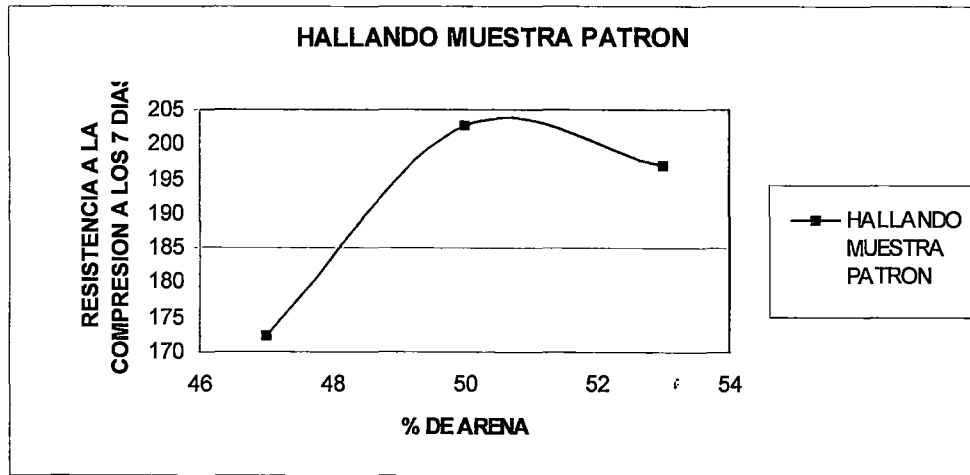
Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	300	300	0.096	cemento	1	6.26
% arena 50	agua	195	205.59	0.195	agua	0.68	4.28
% piedra 50	arena	922.4	929.51	0.347	arena	3.07	19.26
agua (lts) 195	piedra	967.48	970.47	0.347	piedra	3.22	20.2
% aire 1.5		2384.88	2405.57	0.99		7.97	50.00
Se obtuvo en slump de 31/2" y una resistencia a la compresión a los 7 días de 202.73 kg/cm ²							

Diseño de Mezclas # 03

CUADRO N° 3.9

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	300	300	0.1	cemento	1	6.24
% arena 53	agua	195	205.34	0.2	agua	0.68	4.24
% piedra 47	arena	977.75	987.62	0.36	arena	3.29	20.54
agua (lts) 195	piedra	909.44	911.9	0.33	piedra	3.04	18.98
% aire 1.5		2382.19	2404.86	0.99		8.01	50.00
Se obtuvo en slump de 31/8" y una resistencia a la compresión a los 7 días de 196.93 kg/cm ²							

GRAFICO N°3.3



Se realizó la rotura de estas probetas a los 7 días , La gráfica indica claramente que la mejor proporción de agregados es de 50.5% de arena y 49.5% de piedra., pero para realizar el diseño de mezclas de manera más práctica la realizamos con 51% de arena y 49% de piedra.

- **DISEÑO DE MEZCLAS PATRON Y CON REEMPLAZO DE CEMENTO POR CAL EN 10%, 20% Y 30%**

Diseño de Mezclas Patrón

CUADRO N° 3.10

Características	Material	Dosificación /m3 concreto			Tanda de prueba 50 kg			
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso	
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg	
agua/aglomerante	0.65	cemento	268.7	268.7	0.0965	cemento	1.00	5.66
% arena	51	agua	195	205.17	0.1950	agua	0.76	4.32
% piedra	49	arena	940.85	948.09	0.3537	arena	3.53	19.98
agua (lts)	195	piedra	948.13	951.06	0.3398	piedra	3.54	20.04
% aire	1.5		2352.68	2373.03	0.985		8.83	50.00

Diseño de Mezclas # 01 : 10% - 90% (% Cal - % Cemento)

CUADRO N° 3.11

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/aglomerante 0.65	cemento	268.7	268.7	0.0868	cemento	1.00	5.59
% arena 51	cal	31.3	31.3	0.0096	cal	0.12	0.65
% piedra 49	agua	195	205.17	0.1950	agua	0.76	4.27
agua (lts) 195	arena	940.85	948.09	0.3537	arena	3.53	19.72
% aire 1.5	piedra	948.13	951.06	0.3398	piedra	3.54	19.78
		2383.98	2404.33	0.985		8.95	50.00

Diseño de Mezclas # 02: 20%- 80% (% Cal - % Cemento)

CUADRO N° 3.12

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/aglomerante 0.65	cemento	238.85	238.85	0.077	cemento	1.00	4.97
% arena 51	cal	61.15	61.15	0.019	cal	0.26	1.27
% piedra 49	agua	195	205.17	0.195	agua	0.86	4.27
agua (lts) 195	arena	940.85	948.09	0.354	arena	3.97	19.72
% aire 1.5	piedra	948.13	951.06	0.340	piedra	3.98	19.78
		2404.33	2404.33	0.99		10.07	50.00

Diseño de Mezclas # 03 : 30% - 70% (% Cal- % Cemento)

CUADRO N° 3.13

Características	Material	Dosificación /m ³ concreto			Tanda de prueba 50 kg		
		Pesos	Pesos	Volumen m ³	Material	Proporción	Peso
		Seco kg	Húmedos kg				Húmedo kg
agua/cemento 0.65	cemento	208.99	208.99	0.068	cemento	1.00	4.35
% arena 51	cal	91	91	0.029	cal	0.44	1.89
% piedra 49	agua	195	205.17	0.195	agua	0.98	4.27
agua (lts) 195	arena	940.85	948.09	0.354	arena	4.54	19.72
% aire 1.5	piedra	948.13	951.06	0.340	piedra	4.55	19.78
		2383.97	2404.32	0.99		11.50	50.00

En los diseños de mezclas de concretos con cal se repartió proporcionalmente el volumen del aglomerante en cal y cemento.

CAPITULO IV

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.1 DEFINICIONES

CONCRETO FRESCO

Anteriormente se estudió las propiedades físicas de los componentes del concreto, incluyendo la cal. Las propiedades del concreto fresco variarán debido a que la cal retiene el agua del concreto recién mezclado. Por lo tanto, la cal debido a su fineza impactaría en el comportamiento del concreto al estado fresco en cuanto a su consistencia, exudación, etc.

Este estudio se realiza mediante varios ensayos que nos permite determinar de manera cuantitativa y cualitativa el comportamiento del concreto con cal comparándolo con el concreto patrón.

4.2 ENSAYOS DE CONCRETOS FRESCOS CON CAL Y SIN CAL

4.2.1 ASENTAMIENTO O PRUEBA DE REVENIMIENTO (NTP 339.035:1999)

La consistencia del concreto nos indica el grado de humedad de la mezcla. El ensayo de consistencia es con el fin de obtener el asentamiento y dar una medida indirecta de la trabajabilidad. Se evalúa la capacidad para el vaciado en elementos delgados principalmente.

Si en vez de desplomarse uniformemente en todo el alrededor, como en un verdadero desplome, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que ocurre un revenimiento cortante y la prueba debe repetirse. Si persiste el revenimiento cortante, como puede ser el caso con mezclas ásperas, será una señal de falta de cohesión de la mezcla.

Se puede deducir un comportamiento diferente en los concretos con adiciones minerales debido a que poseen características y reacciones distintas de las que puede realizar el cemento en contacto con el agua.

En el siguiente cuadro mezclas patrones clasificadas de acuerdo al slump obtenido:

CLASIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRON DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA

TABLA N°4.1

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" – 2"
PLASTICA	3" – 4"
FLUIDA	> 5"

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Los materiales a emplear son: Una bandeja metálica que no absorba agua, una varilla de acero liso con Φ 5/8" y 2 pies de longitud y en los extremos terminados en punta roma, un molde con forma de tronco de cono, con 4" de diámetro en la base superior y de 8" de diámetro en la base inferior y 12" de altura. Un cucharón para vaciar la mezcla.
- Colocar el molde cónico sobre la bandeja metálica, ambos previamente humedecidos. Manteniendo inmóvil el molde cónico verter en él, concreto, llenándolo en tres capas (en cada una dando 25 golpes con la varilla, en forma helicoidal) tratando que cada una ocupe un tercio del molde.
- Luego retirar el molde en forma vertical, inmediatamente después medir el asentamiento o slump de la mezcla de concreto, con respecto de la altura del molde cónico.

➤ **DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

En la presente investigación se registraron los siguientes datos:

CUADRO N°4.2

Tipo de muestra	Asentamiento (plg)	Observaciones
Patrón	31/2"	Trabajable
10% Cal – 90% Cemento	21/2"	Más trabajable que patrón
20% Cal - 80% Cemento	2"	Trabajable
30% Cal - 70% Cemento	11/2"	Poco seco

Se puede observar que las mezclas que presentan cal en 10% y 20% es una mezcla muy trabajable de manera más compacta que el concreto patrón. Sin embargo, esto no ocurre con el concreto que presenta 30% de cal en la que da como resultado una mezcla seca.

4.2.2 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082:2001)

El fraguado, es el proceso de endurecimiento del concreto, por lo tanto este ensayo tiene por finalidad determinar el tiempo que el mortero (extraído de la mezcla del concreto) demora en endurecer y ganar resistencia desde el ingreso de los materiales a la mezcladora.

La medida del principio y fin de fraguado se realiza corrientemente; permite tener una idea del comportamiento posterior del cemento en condiciones particulares de utilización como hormigonado en tiempo cálido o en tiempo frío.

Para la determinación del tiempo de fraguado existen aparatos automáticos, pero la aguja de Vicat permanece como el procedimiento más empleado.

Clasificación de Cementos de Acuerdo a su Tiempo de Fraguado Inicial

TABLA N°4.3

TIPO DE FRAGUADO	PRINCIPIO DE FRAGUADO
RAPIDO	< 8 min
SEMILENTO	8 a 30 min
LENTO (CEMENTO CORRIENTE)	30 min a 6 hrs
MUY LENTO	> 6 hrs

El fraguado inicial se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla.

El tiempo de fraguado de la mezcla se ve afectada por lo siguientes factores :

- Variaciones en la dosificación de la mezcla.
- Temperatura de la mezcla.
- Temperatura ambiente.
- Contenido de cemento en la mezcla.
- Dimensiones del elemento de concreto.
- Consistencia y relación agua/cemento.
- Características de exudación.
- Uso de aditivos.

Fuente : [9]

La influencia de la temperatura es muy importante. Un aumento de la temperatura disminuye el tiempo de fraguado y viceversa. Este fenómeno es aprovechado por los productores de prefabricados en la técnica de curado acelerado. A título indicativo la presente tabla da una idea de tiempos de fraguado iniciales y finales respecto a la temperatura.

Variación del Tiempo de Fraguado con Respecto a la Variación de la Temperatura Ambiente

TABLA N° 4.4

TEMPERATURA °C	5	20	50	100
Principio de fraguado (hrs)	8	3	1	5
Fin de fraguado (hrs)	15	6	2	0.33

Este es un ejemplo claro de la variación del tiempo de fraguado con respecto a la temperatura del medio ambiente. Es lógico, que mientras más frío sea la temperatura ambiente más tardará el concreto su proceso de fraguado.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Antes del ensayo retirar el agua que haya subido a la superficie de la muestra.
- Según el estado de endurecimiento del mortero, colocar en el aparato una aguja de tamaño apropiado que esté en contacto con el mortero. Aplicar una fuerza vertical gradual y uniforme hacia abajo hasta lograr una penetración de 25 mm en un tiempo aproximado de 10 segundos.
- Registrar la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora del ensayo.
- En posteriores ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas. La distancia libre entre la aguja y el sitio de cualquier penetración anterior, debe ser al menos de 2 veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15 mm. Se debe dejar una distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente por lo menos de 25 mm.
- Para muestras normales y temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido 3h. a 4h. y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o altas temperaturas, se recomienda realizar el primer ensayo cuando hayan transcurrido 1h. a 2h. y los demás ensayos a intervalos de 0.5h. Para

condiciones de baja temperatura o mezclas de hormigón retardado, el primer ensayo debe practicarse cuando hayan transcurrido 4h. a 6h. o más, los posteriores deben hacerse a intervalos de 1h., a menos que el incremento de resistencia a la penetración indique que son aconsejables intervalos más cortos.

- Para cada ensayo de fraguado se deben hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas serán tales que suministren puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento. Las penetraciones deben continuarse hasta alcanzar una resistencia de por lo menos 280 daN/cm² (280 kgf/cm²).

El tiempo de fragua final, es aquel transcurrido desde el contacto inicial, cemento agua, hasta que el concreto alcance una resistencia a la penetración de 4000 lb/plg².

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Los datos de laboratorio son los siguientes:

CUADRO N°4.5

Descripción de Muestras	Tiempo Fraguado Inicial (hrs)	Tiempo Fraguado Final (hrs)	Observación
Concreto Patrón	5.71	7.86	Menor Temperatura Ambiental (NOCHE)
Concreto con cal 10% - 90%	6.13	7.50	Menor Temperatura Ambiental (NOCHE)
Concreto con cal 20% - 80%	4.44	6.63	Mayor Temperatura Ambiental (DIA)
Concreto con cal 30%-70%	4.38	6.37	Mayor Temperatura Ambiental (DIA)

Del cuadro presentado no se puede observar una correlación entre las proporciones de cal en reemplazo del cemento, pero esto ocurre porque los ensayos se han realizado en distintos días y con diferencias grandes de temperatura ambiente.

4.2.3 CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.080:1981)

El aire incorporado se encuentra en el concreto en forma de burbujas de dimensiones muy pequeñas y repartidas de forma homogénea. Su finalidad es mejorar la manejabilidad y aumentar la resistencia a las heladas.

La cantidad medida engloba el aire ocluido así como el aire que permanece en el concreto sin aditivo una vez vibrado. Cualquiera que sea la intensidad de vibración, queda siempre en el concreto sin aditivo de 0.5 a 2% de aire según sean la finura de la arena, las dosificaciones de cemento y de agua. La cantidad total de aire está frecuentemente comprendida entre el 3 y el 7% en concretos con aditivos incorporadores de aire.

➤ PROCEDIMIENTO

- Llenado del recipiente: El recipiente se llene hasta un tercio de su capacidad y la masa del concreto se compacta con el número de golpes que se indican a continuación. De la misma manera se proceden con las dos capas restantes, cuidando que la última tenga un ligero exceso.
- Compactación: Al compactar la primera capa, la barra no debe golpear el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capa se aplica la fuerza necesaria para hacer que la barra penetre ligeramente en la superficie de la capa anterior. Los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección. Cuando se use un recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³, cada capa se compactará con 50 golpes.
- La superficie exterior del recipiente se golpea con cuidado de 10 a 15 veces o hasta que no aparezcan burbujas grandes de aire en la superficie de la capa compactada.
- Alisado, limpiado y pesado: La superficie superior se alisa y termina con un aplaca de cubierta plana, teniendo mucho cuidado de dejar el recipiente lleno justo hasta su nivel superior. El material adherido en las paredes externas se limpia y luego el recipiente lleno se pesa con aproximación de 50 gramos.

➤ DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos en el presente ensayo nos va indicando el comportamiento del concreto al estado fresco con respecto al concreto patrón.

CUADRO N°4.6

Tipo de Muestra	Contenido de Aire (%)
Patrón	1.37%
10% Cal – 90% Cemento	1.88%
20% Cal - 80% Cemento	2.18%
30% Cal - 70% Cemento	3.21%

Se observa que a medida que se le incrementa cal al concreto ésta hace que se le añada aire al concreto.

4.2.4 EXUDACION (NTP 339.077:1981)

Es una forma de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Esto se origina por la incapacidad de los componentes sólidos para retener toda el agua cuando se asientan.

A consecuencia de la exudación, la parte superior de cada capa de concreto colocada puede quedar demasiado húmeda y, si el agua queda atrapada por el concreto superpuesto, da por resultado una capa porosa débil y no duradera de concreto. Si el agua exudada se vuelve a mezclar durante el acabado de la superficie superior, resultará una superficie de desgaste débil. Si la evaporación del agua de la superficie del concreto es más rápida que el índice de exudación, puede producirse un agrietamiento por contracción de fraguado plástico.

Además la acumulación en la superficie superior del concreto, parte del agua que sube queda atrapada debajo de partículas grandes del agregado o del refuerzo, creando zonas de baja adherencia. Esa agua va dejando vacíos y, puesto que éstos quedan orientados en la misma dirección, la permeabilidad del concreto en un plano horizontal podría incrementarse. Una pequeña cantidad de vacíos está presente casi siempre, pero la exudación abundante debe evitarse, ya que aumenta el riesgo de daño por congelación. La exudación se manifiesta con frecuencia en forma de láminas delgadas, como caminos, en los cuales el congelamiento representa un riesgo considerable.

La exudación no es necesariamente dañina. Si no es interrumpida (y el agua se evapora), la relación efectiva de agua/cemento puede reducirse, con el consiguiente incremento de la resistencia. Por otra parte, si el agua que sube lleva consigo gran cantidad de las partículas más finas de cemento, se formará una capa de nata. Si ésta queda en la parte

superior de un bloque, se formará una superficie porosa y con un aspecto polvoso permanente. En la parte superior se formará una capa débil y su adherencia con la siguiente será inadecuada. Por esta razón, la nata siempre debe ser removida mediante cepillado y lavado.

La tendencia a la exudación depende del contenido de agua de la mezcla, pero también de las propiedades del cemento. Será menor con cementos más finos y también influirá en ella algunos aspectos químicos; será menor cuando el cemento sea rico en álcali o Aluminato tricálcico (C_3A) o cuando se añada cloruro de calcio ($CaCl$); aunque los dos últimos factores pueden producir otros efectos indeseables. Dentro del rango normal, una temperatura mayor incrementa la tasa de exudación, aunque la capacidad de exudación total probablemente no resulte afectada. Las mezclas ricas son menos propensas a la exudación que las pobres; también se logra reducir la exudación añadiendo puzolana o polvo de aluminio. La penetración de aire reduce eficazmente la exudación, para que después del colado se siga con el acabado sin demora.

La exudación se calcula con las siguientes fórmulas :

$$V=V_1/A$$

- V_1 Volumen en centímetros cúbicos del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado.
- A Area expuesta del hormigón, en centímetros cuadrados.

$$C= W_0/W \times S$$

- C Masa de agua en la probeta de ensayo, en gramos.
- W Masa total de la mezcla, en kilogramos.
- W_0 Masa neta de agua en la mezcla, en kilogramos.
- S Masa de la muestra, en kilogramos.
- D Volumen total de agua de exudación extraída de la probeta de ensayo en cm^3 , multiplicada por 1 gr/cm^3 o masa del agua de exudación en gramos.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Durante el ensayo mantener la temperatura ambiente entre 18°C y 24°C. Inmediatamente después de llenar, nivelar y alisar la superficie del recipiente anotar la hora, peso y su contenido.
- Coloca el recipiente sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y tapar, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo .
- Extraer el agua que se haya acumulado en la superficie (con la pipeta o instrumento similar) a intervalos de 10 min durante los primeros 40 min, y de allí en adelante a intervalos de 30 min. Para facilitar la extracción del agua de exudación, inclinar la probeta cuidadosamente colocando un taco de aproximadamente 5 cm de espesor por debajo de uno de los lados del recipiente 2 min antes de extraer el agua.
- Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a su posición original sin golpearlo. Después de cada extracción se transfiere el agua a un tubo graduado. Anotar la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.
- En el caso de requerirse solamente el volumen total de agua exudada el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará en una sola operación.
- Si se desea obtener el peso del agua exudada sin inclusión de materias extrañas, se deberá decantar cuidadosamente el contenido del cilindro en un cubilete de metal.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

En las mezclas preparadas se obtuvo los siguientes datos :

CUADRO N°4.7

TIPO DE MUESTRA	EXUDACIÓN (%)
Muestra Patrón	10.05%
Cal 10%- Cemento 90%	6.60 %
Cal 20%- Cemento 80%	5.23%
Cal 30%- Cemento 70%	5.17%

Se puede notar una disminución significativa de la exudación a medida que se reemplaza mayor cantidad de cemento por cal.

4.2.5 PESO UNITARIO (NTP 339.046:1979)

El peso unitario del concreto fresco, es el peso del concreto por unidad de volumen expresado en kg/m^3 , se emplea para determinar el rendimiento de las mezclas, el contenido de cemento y el contenido de aire.

Las variaciones del peso unitario de una mezcla, generalmente son debidas al tipo de agregados clasificándose así, en concretos normales ($2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$), densos ($2700\text{-}4500$) y livianos ($600\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$).

Fuente :[9]

➤ PROCEDIMIENTO

- Llenado del recipiente: Llenarlo hasta un tercio de su capacidad y la masa del hormigón se compacta con el número de golpes indicados. De la misma manera se proceden en las dos capas restantes, cuidando que la última tenga un ligero exceso.
- Compactación: Al compactar la primera capa, la barra no debe golpear el fondo del recipiente. Al ejecutar en la segunda y tercera capa se aplica la fuerza necesaria para hacer que la barra penetre ligeramente en la superficie de la capa anterior. Los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección. Cuando se use un recipiente de 14 dm^3 ($1/2 \text{ pie}^3$), cada capa se compactará con 25 golpes, y cuando se use el recipiente de 28 dm^3 (1 pie^3) cada capa se compactará con 50 golpes .
- Golpear la superficie exterior de 10 a 15 veces o hasta que no aparezcan burbujas de aire en ella.
- Alisado, limpiado y pesado: La superficie superior se alisa y termina con una placa de cubierta plana, teniendo mucho cuidado de dejar el recipiente lleno justo hasta su nivel superior. Limpiar el material adherido en las paredes externas y luego pesar el recipiente lleno con aproximación de 50 gramos.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

CUADRO N°4.8

TIPO DE MUESTRA	PESO UNITARIO (kg /m³)
Muestra Patrón	2 362.55
Cal 10%- Cemento 90%	2 359.02
Cal 20%- Cemento 80%	2 351.96
Cal 30%- Cemento 70%	2 327.24

El peso unitario del concreto disminuye a medida que se incrementa la cantidad de cal por m³ en el concreto. También podemos deducir que la variación entre concretos con cal y sin cal en el peso unitario es mínima.

4.2.6 FLUIDEZ (NTP 339.085:1981)

Este ensayo es necesario para poder determinar las características del concreto al estado fresco en cuanto a consistencia y trabajabilidad se refieren.

➤ **PROCEDIMIENTO**

- Colocar un molde de forma de cono truncado lleno de concreto sobre una mesa horizontal de suave superficie metálica de 76 cm de diámetro, montada sobre una flecha vertical, equipada con una manivela que permite levantar y hacer caer repentinamente dicha superficie de la mesa.
- Colocar el concreto dentro del molde en dos capas, cada una aproximadamente la mitad del volumen del molde. Proceder a varillar cada capa con 25 golpes, después se enrasará la superficie y luego retirar el molde en forma vertical. Se moverá la manivela dejándose caer la mesa 15 veces en 15 segundos, tomándose 6 medidas del concreto extendido.

La fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$\% \text{ Flujo} = (D-25.4)/25.4 * 100$$

Donde :

D Diámetro extendido promedio en cms.

➤ **DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

CUADRO N°4.9

TIPO DE MUESTRA	FLUIDEZ (%)
Muestra Patrón	117.33
Cal 10%- Cemento 90%	94.33
Cal 20%- Cemento 80%	81.33
Cal 30%- Cemento 70%	74.33

Se puede notar que el porcentaje de fluidez de los concreto que contienen cal disminuyen notoriamente. Esto se explica a la gran retención de agua que produce la cal.

CAPITULO V

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN EL ESTADO ENDURECIDO

5.1 GENERALIDADES

Como se precisó en el capítulo anterior, la cal genera en el concreto un comportamiento de mejor retención de agua y una mayor homogeneidad. Por lo tanto esto incide en las propiedades físicas del concreto fresco y en el concreto endurecido.

Cuando el concreto ha fraguado; se inicia el proceso de endurecimiento que lo conduce a la adquisición de propiedades mecánicas, cuyo desarrollo suele representarse mediante la evolución de la resistencia a compresión del concreto. En esta investigación se han tomado como objetivo cuantificar la diferencia en las propiedades físicas cuando el concreto ha sido curado en agua y cuando no se ha curado, también se ha elaborado concretos con 10%, 20% y 30% de cal en reemplazo de cemento y de esta manera determinar la mejor combinación en la proporción y el modo de curado.

Se han realizado los ensayos en las edades siguientes: 7 días, 14 días, 21 días, 28 días , 63 días y 91 días para un mejor estudio de su comportamiento.

5.2 ENSAYOS DEL CONCRETO CON CAL Y SIN CAL EN CURADO HUMEDO Y SECO

5.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034 : 1999)

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, porque ésta representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula :

$$R_c = 4G/(\pi \cdot d^2)$$

Rc : Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado

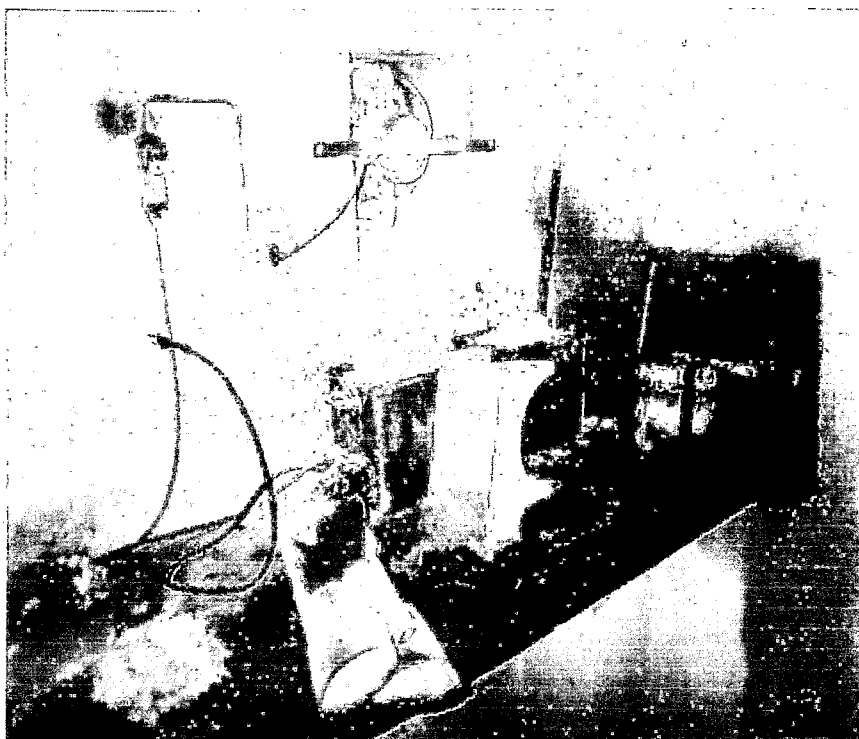
G : Es la carga máxima de rotura, en kilogramos

d : Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros

5.2.1.1 PROCEDIMIENTO

El ensayo se realiza con las siguientes fases:

- **Mediciones:** El diámetro de la probeta se determina, mediante un vernier, con la aproximación de 0.1 mm promediando las longitudes de dos diámetros normales en la zona central de la probeta. La altura de la probeta, incluyendo las capas de terminado se miden con aproximación de un milímetro.
- **Colocación de la probeta:** Antes de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta.
- Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo, y se encuentra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada en el bloque superior.
- Al iniciarse el acercamiento de la probeta al bloque superior, la parte móvil de éste se hace rotar suavemente en forma manual, con el fin de facilitar un contacto uniforme y sin choques con la base superior de la probeta.
- **Velocidad de carga:** Es fundamental aplicar la carga en forma continua, evitando choques. La velocidad para la probeta cilíndrica normal de 152 mm de diámetro y 305 mm de altura está comprendida entre 21 N/s (210 kg/s) y 63 N/s (630 kg/s).
- Se continúa aumentando la carga hasta producir la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del hormigón en la zona de rotura.
- En los momentos finales del ensayo, cuando la probeta se deforma rápidamente, no se debe modificar la velocidad de aplicación de la carga.



Capiado de Probetas - Mezcla de azufre con Bentonita



Reutilización de Mezclad e Azufre con Bentonita

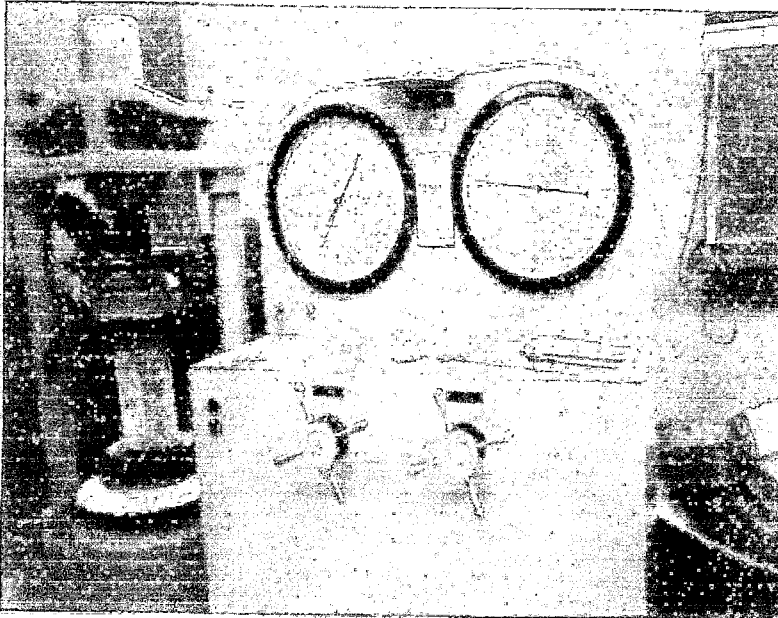


FOTO N° 5.1
*Prensa hidráulica
 con la que se
 realiza el ensayo
 de resistencia a la
 compresión del
 concreto.*

5.2.1.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos de acuerdo al tipo de mezcla y modo de curado son los siguientes:

CUADRO N°5.1

Tipo de mezcla	Modo de curado	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	21 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	42 días (kg/cm ²)	63 días (kg/cm ²)	91 días (kg/cm ²)
Patrón	Húmedo	207.68	252.27	226.62	269.59	310.47	309.77	272.41
10%-90%	Húmedo	183.47	198.28	225.12	254.86	281.24	258.74	295.75
20%-80%	Húmedo	144.77	163.37	182.07	186.45	206.36	224.14	235.48
30%-70%	Húmedo	128.20	149.11	169.07	189.05	164.61	181.61	216.09
Patrón	Seco	192.29	221.99	240.83	253.41	255.92	273.5	258.93
10%-90%	Seco	171.25	166.16	192.48	215.52	233.62	217.28	260.34
20%-80%	Seco	147.41	164.71	176.74	178.25	185.56	194.76	217.24
30%-70%	Seco	110.45	123.70	135.07	137.41	142.46	160.47	176.47

GRAFICO N° 5.1

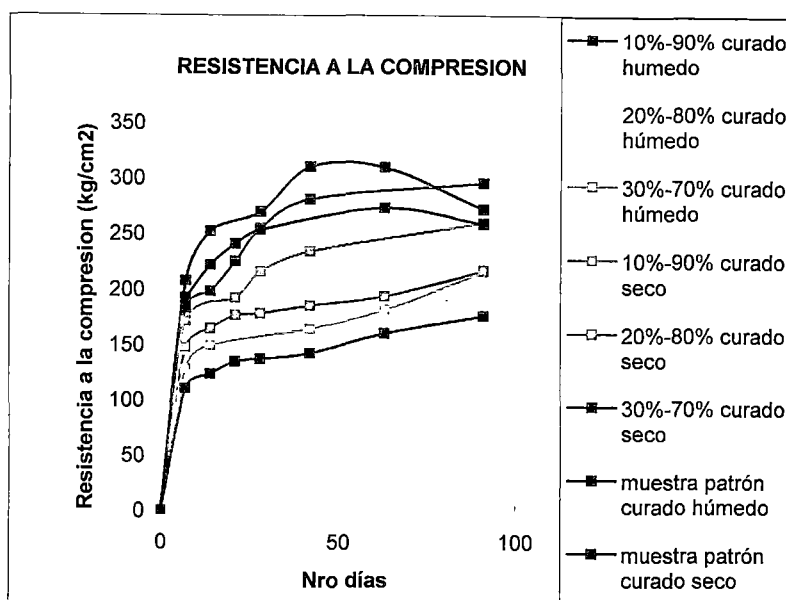
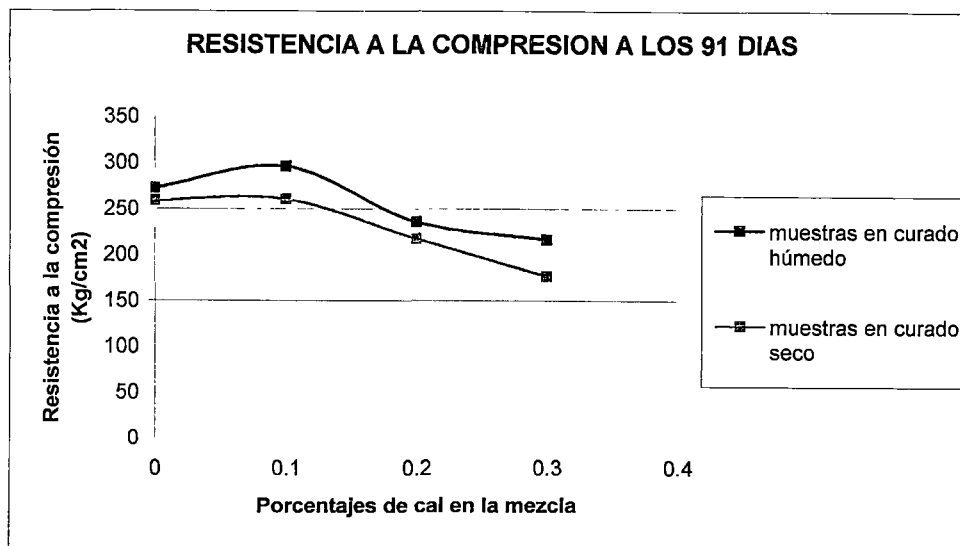


GRAFICO N°5.2



A los 91 días de edad se puede observar que las probetas ensayadas con cal en un 10% y en curado húmedo presenta ligeramente mayores valores de resistencia a la compresión que el concreto patrón. También se puede notar que el concreto con cal en un 20% en curado seco hasta los 14 días obtienen valores mayores al del curado húmedo.

Esto se produce debido a que la cal hace que la reacción de hidratación del cemento se realice de manera más lenta, es porque se produce una retención de agua por la cal.

5.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL (NTP 339.084: 1981)

La fabricación de probetas destinadas a ensayos de tracción directa o por el método brasileño, se realiza de igual forma que en el caso de las probetas destinadas a los ensayos de compresión.

El ensayo consiste en romper la probeta entre los dos platos de una prensa de compresión según dos generatrices opuestas. El contacto de los platos con la probeta se realiza por intermedio de regleteas de contraplacado de 5 mm de espesor, su anchura es de 1/10 del diámetro del cilindro. Es necesario que el centrado sea perfecto.

La resistencia a la tracción viene dada por la fórmula:

$$\sigma = 2P/(\pi \cdot D \cdot L)$$

- P : carga de rotura
- D : diámetro del cilindro
- L : longitud del cilindro

5.2.2.1 PROCEDIMIENTO

- Colocación de los listones de apoyo: Se coloca un listón de apoyo a lo largo del centro de la placa inferior. Se pone el cilindro sobre el listón, de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté centrado sobre la lamina de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior.
- Velocidad de carga: Se aplica la carga al cilindro en forma continua evitando impactos, a velocidad constante comprendida entre 7 daN/cm²/min y 15 daN/cm²/min hasta la rotura.
- La velocidad de aplicación de carga indicada para cilindros normales está comprendida entre 5000 y 10000 daN/min.

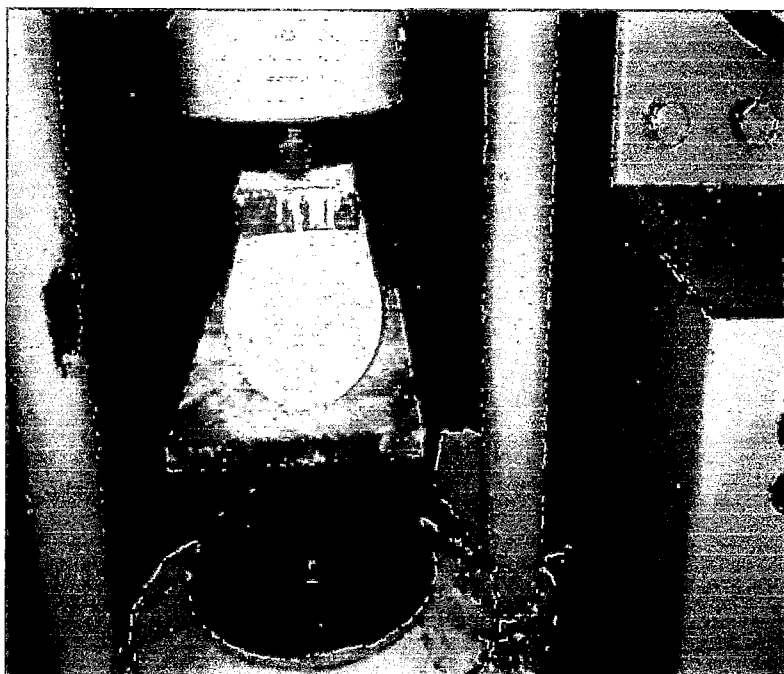


FOTO N° 5.2
Ensayo de Resistencia a la tracción diametral.

5.2.2.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados que obtuve del ensayo de tracción diametral son :

CUADRO N° 5.2

Tipo de mezcla	Modo de curado	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	21 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	42 días (kg/cm ²)	63 días (kg/cm ²)	91 días (kg/cm ²)
Patrón	Húmedo	23.12	25.07	29.05	31.21	37.52	38.48	31.80
10%-90%	Húmedo	20.35	22.39	24.61	29	27.07	31.02	25.55
20%-80%	Húmedo	17.38	21.29	23.87	28.16	19.80	30.01	28.76
30%-70%	Húmedo	14.08	16.36	18.70	18.48	15.74	21.58	23.98
Patrón	Seco	15.52	17.59	20.17	25.98	26.09	28.20	22.01
10%-90%	Seco	18.17	19.43	18.64	20.65	23.39	25.42	24.98
20%-80%	Seco	14.60	18.15	15.05	20.27	26.94	23.04	22.14
30%-70%	Seco	12.50	14.29	11.96	16.86	13.32	18.84	19.18

GRAFICO N° 5.3

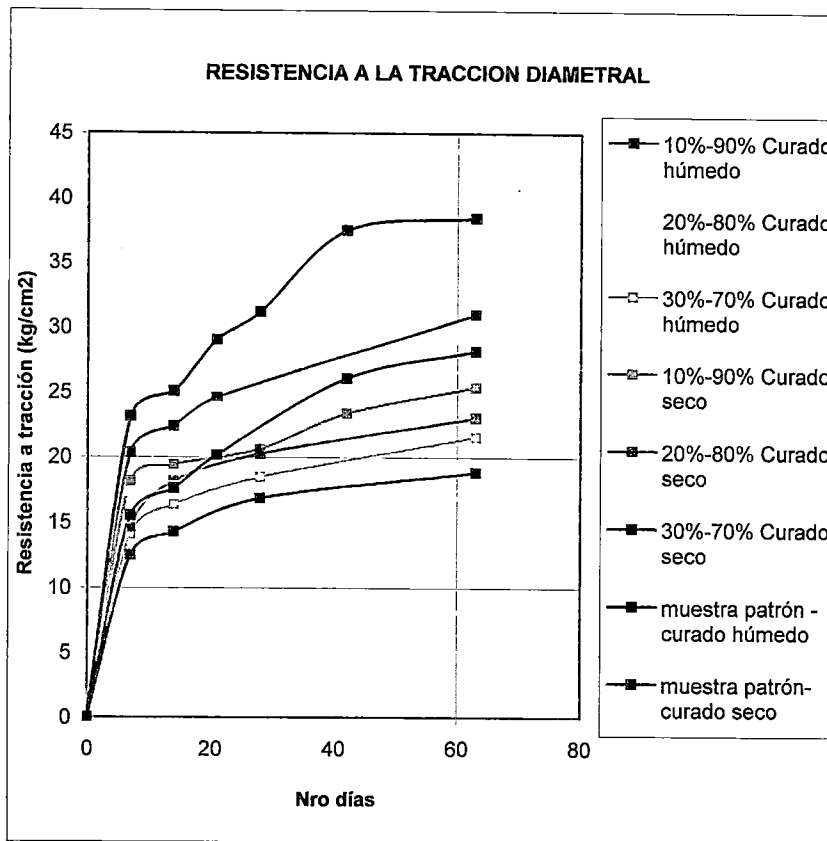
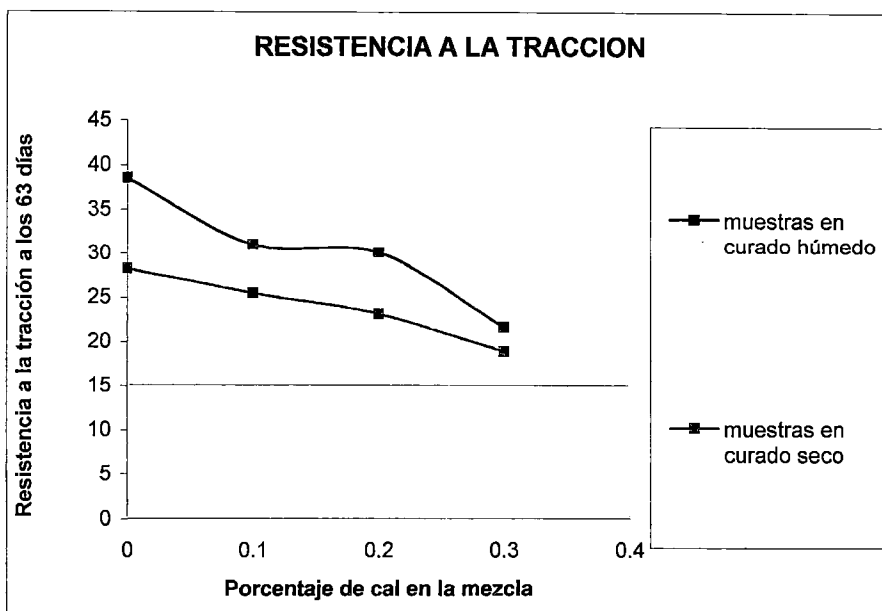


GRAFICO N°5.4



Comentarios :

En concretos curados :

- Según los datos obtenidos el concreto con cal presenta una tendencia de ligero aumento de resistencia a la tracción de los 21 días a los 91 días
- Los concretos que presentan cal no llegan a tener la misma resistencia a la tracción que el concreto patrón
- Se puede notar que la resistencia a la tracción va aumentando hasta los 21 días, pero se observa una decreción en los 42 y 91 días

En concretos sin curar:

- Las muestras de concretos que presentan cal pero sin curar obtienen mayor resistencia a la tracción que el concreto patrón a los 91 días de edad
- Se observa la misma tendencia de decreción de resistencias a los 42 y 91 días que el concreto patrón

5.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXION(NTP 339.078: 2001)

El objeto del presente ensayo es el determinar la resistencia del concreto cuando es sometida a cargas en los tercios de la luz hasta la ruptura. Se pueden dar dos casos en este ensayo:

- *SI LA FALLA OCURRE EN EL TERCIO MEDIO:*

$$Mr = PL/(bh^2)$$

Mr : módulo de rotura en daN/cm² (kg/cm²).

P : carga máxima aplicada registrada por la máquina de ensayo en daN (kg).

L : luz, en centímetros.

B : ancho promedio de la muestra en cm.

H : altura promedio de la probeta en cm.

- *SI LA FALLA OCURRE FUERA DEL TERCIO MEDIO:*

$$Mr = 3Pa/(bh^2)$$

- a : distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida sobre lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.
- Mr : módulo de rotura en daN/cm^2 (kg/cm^2).
- P : carga máxima aplicada registrada por la máquina de ensayo en daN (kg).
- b : ancho promedio de la muestra en cm.
- h : altura promedio de la probeta en cm.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS :

1. Moldes prismáticos que cumplan con los siguientes requisitos :
 - Relación ancho a espesor menor de 1.5.
 - Longitud: Por lo menos 50 mm mayor que la luz de ensayo y 50 mm mayor que tres veces el espesor.
 - Dimensión transversal mínima de 50 mm.
 - Las tolerancias en las dimensiones menores del 1%.
 - Los planos son perpendiculares a las caras y las superficies interiores de los moldes, lisas y construidas con materiales no absorbentes, no reactivos con los componentes del hormigón y suficientemente resistentes como para mantener su forma durante la operación de moldeo de las probetas.
 - El conjunto constituido por el molde y su base debe ser estanco y, en caso de ser necesario se deben sellar las juntas que no sean estancadas con un material de características adecuadas, para evitar las fugas de agua.
 - Molde de 150m x 150mm x 650mm, para agregados de hasta 2" de tamaño nominal.
2. Varillas de compactación, rectas, de acero liso, con las características siguientes:
 - Varillas de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud con uno de sus extremos en forma semiesférica , de diámetro igual al de la varilla.
 - Varilla de 10 mm de diámetro y 600 mm de longitud con uno de sus extremos en forma semiesférica , de diámetro igual al de la varilla.
3. Vibradores internos, de ejes rígidos o flexibles con las características siguientes:
 - Accionados preferentemente mediante motores eléctricos.
 - Con frecuencia de vibración no menor de 7000 vpm.
 - Diámetro exterior del elemento vibrante, no menor de 20 mm ni mayor de 40 mm.
 - La longitud del eje no menor de 600 mm.

4. Vibradores externos del tipo de mesa de encofrado, y con frecuencia de la vibración no menor de 3600 vpm. Cualquiera sea el tipo de vibrador externo a usarse, debe contar con los medios adecuados para asegurar el molde al vibrador. La frecuencia de vibración debe ser controlada periódicamente.



FOTO N° 5.3
*Preparación de
muestras para ensayos
de flexión (vigas).*

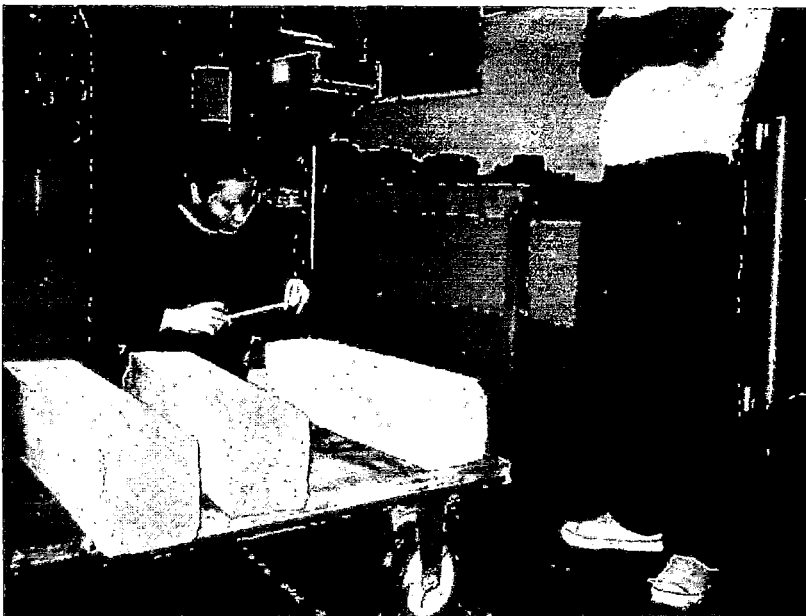


FOTO N° 5.4
*Toma de
medidas de
muestras para
ensayos de
flexión (vigas).*

5.2.3.1 PROCEDIMIENTO

- La muestra se voltea sobre uno de sus lados con respecto a la posición inicial de vaciado y se centra con respecto a las placas de apoyo
- Las placas de aplicación de carga se ponen en contacto con la probeta y entre los puntos extremos del tercio central de la luz libre. En caso de no estar en contacto completa la muestra en su cara inferior será necesario utilizar una superficie uniforme que hará que se le imparta correctamente la carga en la muestra
- La carga debe aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad

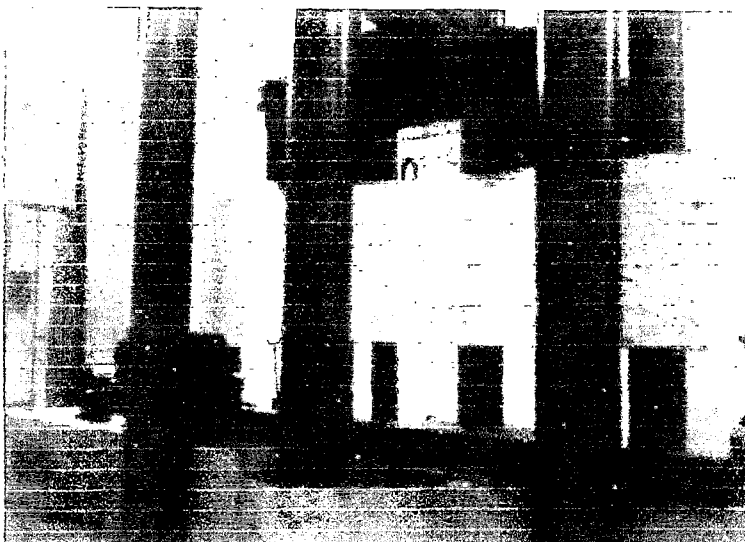


FOTO N° 5.5
*Ensayo de
flexión.*

5.2.3.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos para muestras curadas y no curadas con 10%, 20% y 30 % de cal en la mezcla son las siguientes:

CUADRO N° 5.3

Tipo de mezcla	Modo de curado	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)	42 días (kg/cm ²)	91 días (kg/cm ²)
Patrón	Húmedo	40.57	26.47	28.47	34.67	
10%-90%	Húmedo	22.32	30.93	29.69	28.82	38.03
20%-80%	Húmedo	18.36	27.19	25.09	27.48	31.70
30%-70%	Húmedo	20.43	20.24	24.43	28.28	27.14
Patrón	Seco	25.81	24.62	25.87	30.7	38.16
10%-90%	Seco	20.11	22.12	21.65	24.30	32.16
20%-80%	Seco	18.50	13.64	20.05	20.93	23.36
30%-70%	Seco	15.93	12.37	17.78	16.02	23.55

GRAFICO N°5.5

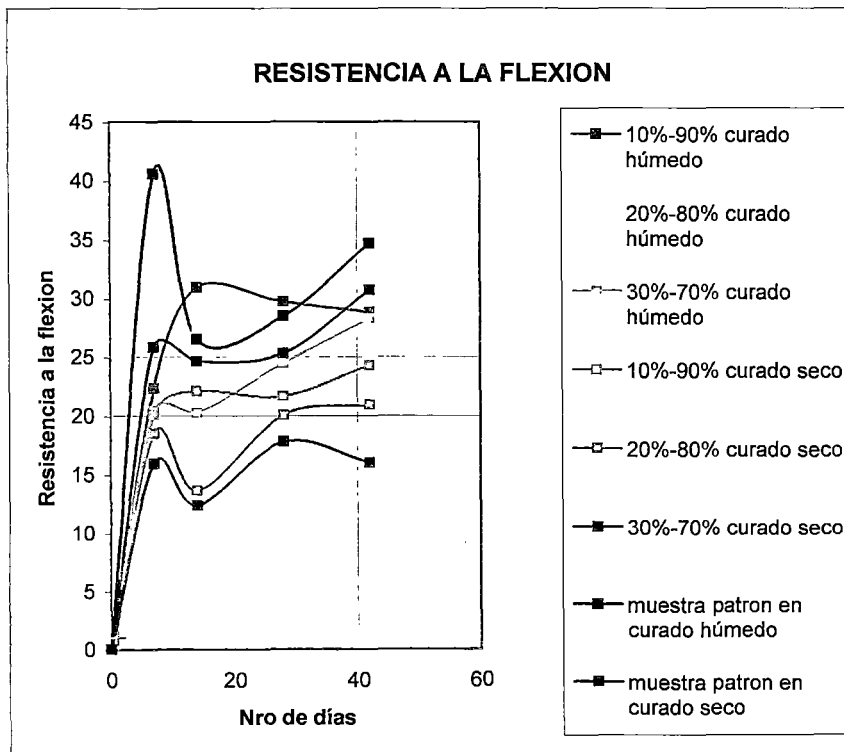
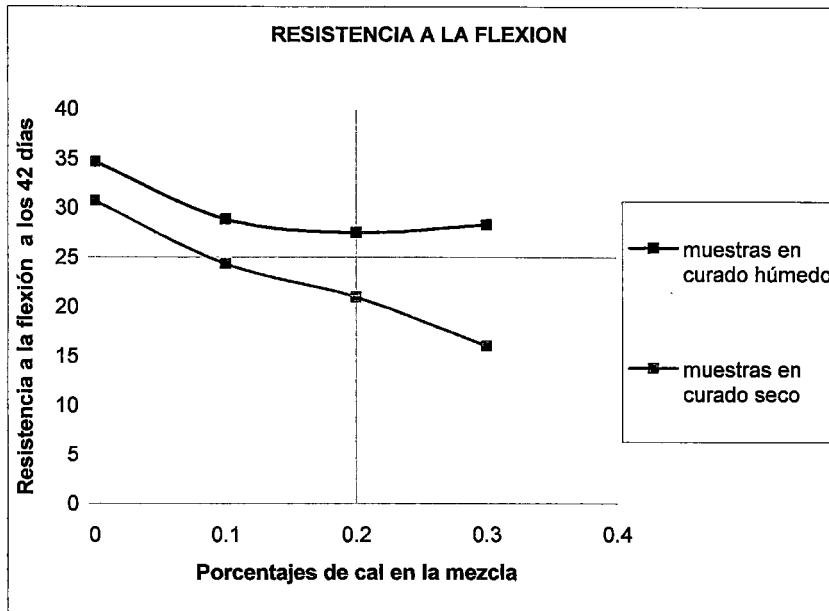


GRAFICO N°5.6



Se puede observar de los gráficos que la incorporación de cal en la mezcla no favorece la resistencia a la flexión de estructuras.

5.2.4 DETERMINACION DEL MODULO ELÁSTICO (ASTM C469- 83)

Para poder calcular la deformación y la deflexión de los miembros estructurales, tenemos que conocer la relación entre esfuerzo y deformación. En común con la mayoría de los materiales estructurales, el concreto se comporta casi elásticamente cuando la carga se aplica por primera vez.

Sin embargo, bajo carga ininterrumpida, el concreto muestra flujo plástico, es decir, la deformación aumenta con el tiempo bajo un esfuerzo constante, aún en tensiones muy bajas y en condiciones ambientales de temperatura y humedad normales. Por otra parte el acero fluye plásticamente sólo a muy altos esfuerzos a temperatura normal, o a bajos esfuerzos a muy altas temperaturas, y en ambos casos ocurre una falla que depende del tiempo. En contraste, en los concretos sometidos a esfuerzo menor de 60% a 70% de la resistencia de corto plazo no hay ruptura por flujo plástico o fatiga estática.

La importancia del flujo plástico en el concreto estructural radica principalmente en el hecho de que la deformación por flujo plástico es del mismo orden de magnitud que el de la deformación elástica.

La definición elasticidad pura es que las deformación aparece y desaparece inmediatamente al aplicarse y retirase el esfuerzo. Las curvas de esfuerzo deformación ilustra el tipo de elasticidad que presenta el concreto:

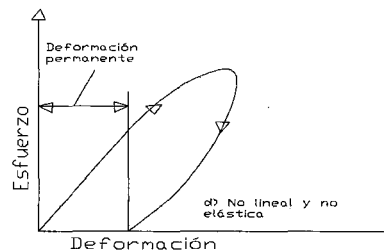


Figura 5.1 Categorías de respuestas del esfuerzo deformación del concreto

La categoría del concreto puede describirse como comportamiento no lineal y no elástico, y existe deformación permanente después del retiro de la carga, el área encerrada por las curvas de carga y descarga representa la histéresis. Este comportamiento es típico en el concreto en compresión o tensión cargado con moderados y altos esfuerzos, pero no es pronunciado en esfuerzos muy bajos.

La pendiente de la relación entre esfuerzo y deformación proporciona el módulo de elasticidad, pero el término de módulo de Young puede aplicarse estrictamente sólo a las categorías lineales. Podemos determinar el módulo de Young únicamente para la parte inicial de la curva de carga pero cuando no esté presente una porción recta en la curva; podemos también medir la tangente de la curva en el origen. Este es el módulo tangente inicial. Es posible encontrar un módulo tangente en cualquier punto de la curva de esfuerzo-deformación, pero esto se aplica sólo en cambios muy pequeños de la carga por encima o por debajo del esfuerzo en el cual se considera el módulo tangente.

La magnitud de las deformaciones observadas y la curvatura de la relación esfuerzo-deformación dependen en alguna extensión del índice de aplicación del esfuerzo. Cuando la carga se aplica extremadamente rápido (< 0.01 seg), las deformaciones registradas se reducen de manera considerable y la curvatura esfuerzo-deformación llega a ser muy pequeña. Un incremento de 5 seg a 2 min en el tiempo de carga puede aumentar la deformación hasta 15%, pero dentro del rango de 2min a 10 min, tiempo requerido

normalmente para probar una muestra en una máquina de pruebas común, el aumento de la deformación al igual que el grado de comportamiento no lineal son muy pequeños.

La no linealidad en el concreto en esfuerzos usuales se debe principalmente al flujo plásticos; en consecuencia, la demarcación entre las deformaciones elásticas y por flujo plástico resulta difícil. Para propósitos prácticos se hace una distinción arbitraria: la deformación resultante por la aplicación del esfuerzo de diseño se considera elástica (esfuerzo elástico inicial) y el subsecuente incremento en la deformación bajo el esfuerzo de diseño sostenido se considera como flujo plástico. El módulo de elasticidad de carga definido de esta manera es el módulo secante. No existe un método estándar para determinar el módulo secante, pero por lo general se mide con esfuerzos que van de 15 a 50% de la resistencia de corto plazo. Puesto que el módulo secante depende del nivel de esfuerzo y de su grado de aplicación, el esfuerzo y el tiempo tomado para su aplicación deben ser siempre establecidos.

La determinación del módulo de tangente inicial no es fácil, pero se puede obtener un valor aproximado indirectamente: la secante de la curva de esfuerzo-deformación sin descarga es a menudo paralela al módulo tangente inicial, pero éste no siempre es el caso. El módulo tangente inicial es también aproximadamente igual al módulo dinámico. Algunos ciclos de carga y descarga reducen el flujo plástico subsecuente, así la curva esfuerzo-deformación de la carga subsecuente muestra sólo una pequeña curvatura; este método es prescrito por ASTM C 469-83. Ya que el esfuerzo o la deformación no se reducen a cero en una máquina de pruebas, sino algún valor pequeño, el módulo es, estrictamente hablando, un módulo de cuerda, aunque este término rara vez se usa. Debe notarse que el módulo determinado por estos métodos se llama generalmente módulo elástico estático puesto que se determina de una relación experimental esfuerzo-deformación en contradicción con el módulo dinámico.

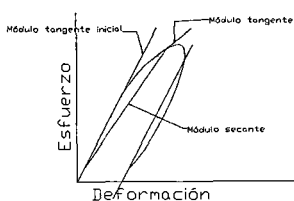


Fig 5.2 Curva característica del esfuerzo-deformación para el concreto

Para su determinación existen varios métodos, siendo el más conocido los "Niveles Ópticos", cuyo equipo más usado son los "Espejos de Martens", este método es rápido y no se requiere demasiada preparación para realizarlo.

Se ha considerado en este trabajo el módulo cuerda por ser el más representativo.

Los puntos que difieren la cuerda para la determinación del método respectivo están definidos así:

- El punto de curva esfuerzo-deformación corresponde a una deformación unitaria de 0.5×10^{-4} y su esfuerzo correspondiente
- El punto de la curva esfuerzo-deformación corresponde el 40% de la resistencia a la compresión y la deformación para este punto, se determina el Módulo elástico:

$$MEET = (E_2 - E_1) / (D_2 - 0.5 \times 10^{-4})$$

Donde

E_2 Esfuerzo a la máxima carga en kg/cm^2 (40% de f_c)

E_1 Esfuerzo cuando la deformación es de 0.5×10^{-4}

D_2 Deformación Unitaria correspondiente al esfuerzo E_2

5.2.4.1 PROCEDIMIENTO

- El ensayo se realiza con probetas de 6" de diámetro y 12" de altura con la capa superior e inferior nivelados con una mezcla de azufre y bentonita (similar que para ensayos de resistencia a la compresión). Se realiza la medición de diámetro y altura de manera similar al ensayo de resistencia a la compresión.
- Se ubica el extensómetro (2 barras de 15 cm de longitud) verticalmente en los extremos opuestos de un diámetro del cilindro de prueba, sujetos por un marco metálico. Se les coloca en el tercio central de la altura del espécimen. Cada barra tiene el extremo 2 uñas con las que logra adherirse a la probeta y en el otro extremo unas rueditas que permiten la colocación entre ambos, del rombo de las varillas que contiene los espejos. Hay que señalar que los extensómetros deben colocarse con las uñas hacia arriba, de tal manera que pueda colocarse los espejos en la parte superior, en las caras anterior y posterior del cilindro de prueba.
- Espejos: En cada extensómetro va una varilla sujeta en su parte central, en donde tiene forma rómbica, por las rueditas del extensómetro (el rombo es de 5

mm); en su extremo tiene un espejito de 1.5 cm de lado (de forma cuadrada) que al aplicarse la carga pueden girar con la varilla respecto a ella misma.

- Lentes: Instalados en un trípode 2 anteojos, con los que se pueden divisar los espejos correspondientemente al lado en el que están ubicadas y a través de los espejos divisar las reglas graduadas en cm. que se encuentran cada un ajunto al antejo.
- El trípode debe ubicarse de tal modo que la distancia entre la regla y el espejo en los dos casos sea de 1.25 mts.

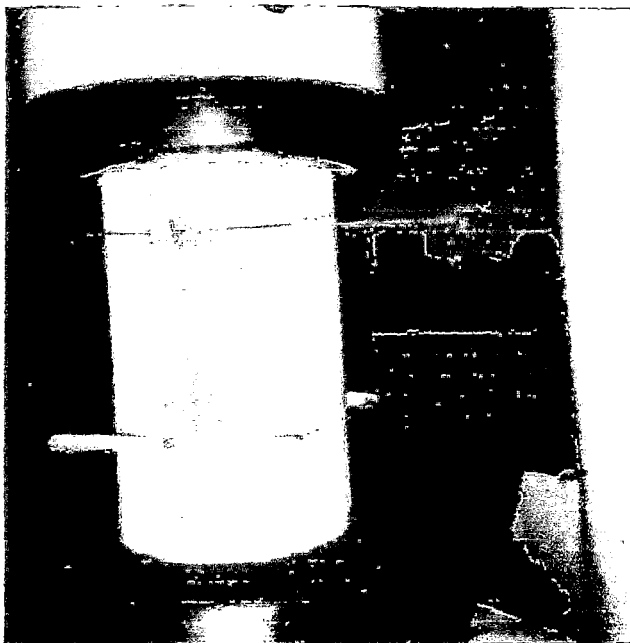


FOTO N° 5.6

Vista de colocación de espejos en ensayo de módulo elástico.

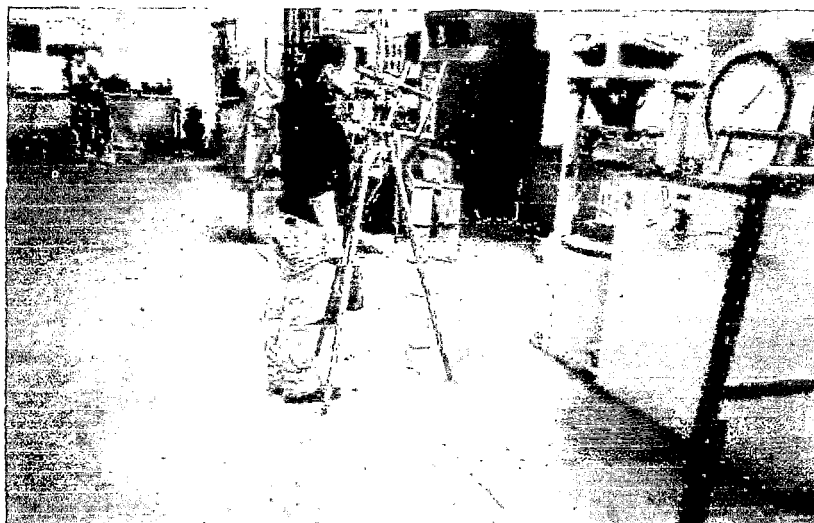


FOTO N° 5.7

Ensayo de módulo elástico. Las lecturas de las deformaciones son cada 2000 kg de carga.

5.2.4.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

De los diversos tipos de ensayos con probetas curados con agua y sin curar se obtuvo:

CUADRO N°5.4

Descripción	Tipo de curado	28 días kg/cm ²	63 días kg/cm ²
Patrón	Húmedo	181 150.55	174 125.58
10%-90%	Húmedo	139 249.49	135383.51
20%-80%	Húmedo	176 050.42	209 861.59
30%-70%	Húmedo	138 544.06	110 084.58
Patrón	Seco	185 676.77	105 414.61
10%-90%	Seco	119 418.63	173 499.36
20%-80%	Seco	112 711.86	141 281.49
30%-70%	Seco	123 643.41	115 044.70

GRAFICO N°5.7

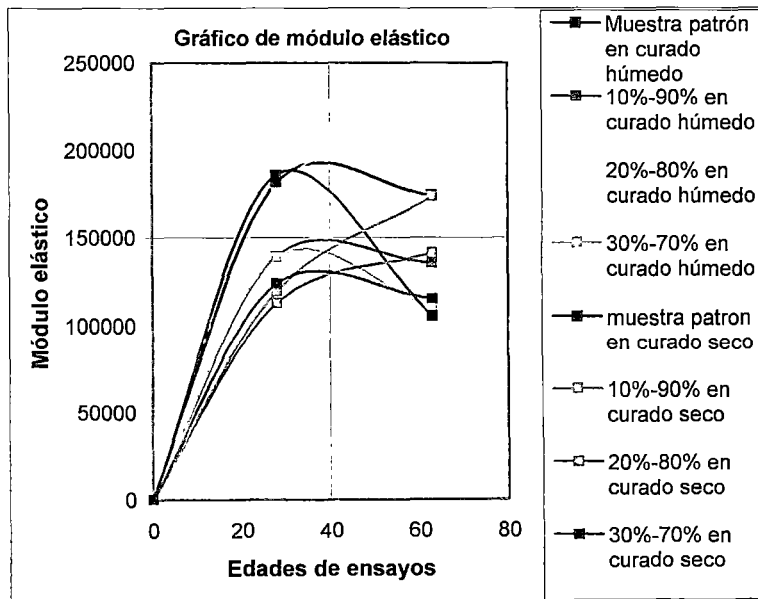
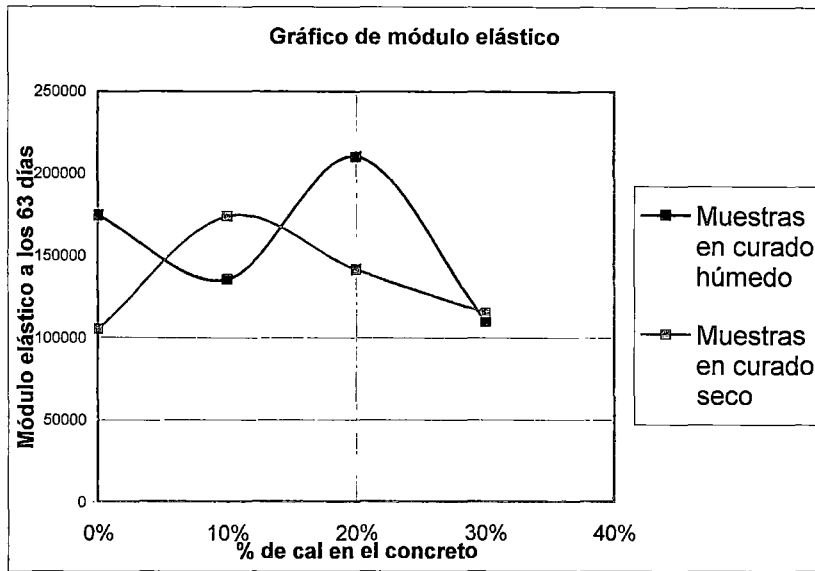


GRAFICO N° 5.8



Se puede apreciar que la mezcla que excede los valores de elasticidad de la muestra patrón en curado húmedo es la muestra con cal en un 20% de reemplazo del cemento y curado con agua.

5.2.5 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es la facilidad con la cual los líquidos y los gases pueden viajar a través del concreto. Esta propiedad es importante en relación con la hermeticidad de las estructuras retenedoras de líquidos y con el ataque químico.

Aunque **no hay pruebas prescritas por ASTM y NTP**, la permeabilidad del concreto se puede determinar por medio de una simple prueba de laboratorio, pero los resultados son meramente comparativos. En tal prueba, los lados del espécimen de concreto se sellan y se aplica agua bajo presión únicamente en la superficie superior. Cuando se alcanzan condiciones estables, se mide la cantidad de agua que fluye a través de una capa de concreto dada un tiempo determinado.

La obtención del coeficiente de permeabilidad es mediante la ley de Darcy:

$$K = Q e / (Ah * t)$$

Donde :

- Q : Volumen de agua permeada en cm^3 .
 T : tiempo en que sucede Q en seg.
 A : Area de la sección transversal del espécimen en cm^2 .
 E : espesor de la muestra, longitud que recorre el flujo en cm.
 H : energía hidráulica en columnas de agua, manómetro en cm.
 K : coeficiente de permeabilidad en cm/seg.

Desde el punto de vista de durabilidad puede ser importante lograr una baja permeabilidad tan rápidamente como sea posible. En consecuencia, una mezcla con baja relación agua/cemento es ventajosa porque la etapa en la cual los capilares se segmentan se logra después de un periodo más corto de curado en humedad. La Norma ACI 301-72 sugiere que para ser hermético, el concreto estructural debe tener una relación agua cemento de no más de 0.48 para exposición en agua fresca y no más de 0.44 para exposición en agua de mar. Se recomienda a menudo un permeabilidad máxima de 1.5×10^{-11} m/s.

Hasta ahora hemos considerado la permeabilidad de la pasta de cemento que ha sido curada en condiciones de humedad. Por lo general, la permeabilidad del concreto es del mismo orden cuando está hecho con agregados de peso normal que tienen una permeabilidad similar a la de la pasta de cemento, pero el uso de un agregado más poroso aumentará la permeabilidad del concreto. Una interrupción en el curado de humedad por un período de secado también provoca un incremento en la permeabilidad, por la creación de pasos de agua por grietas minutas de contracción alrededor de las partículas del agregado, especialmente en las grandes.

A continuación se presentan clasificaciones utilizadas en la mecánica de suelos, para suelos según su coeficiente de permeabilidad. A fin de tener conceptos al momento de clasificar al concreto en función de su coeficiente de permeabilidad.

Según A. Casagrande y R.E. Fadum

TABLA N°5.1

Clasificación	Coefficiente de Permeabilidad (m/seg)
Muy permeable	Mayor de 1
Permeable	1 a 10^{-5}
Poco permeable	10^{-5} a 10^{-8}
prácticamente impermeable	10^{-8} a 10^{-11}
Impermeable	10^{-11} a 10^{-14}

Según Terzaghi y Peck

TABLA N° 5.2

Clasificación	Coefficiente de Permeabilidad (m/seg)
Elevada	Mayor de 10^{-3}
Media	10^{-3} a 10^{-5}
Baja	10^{-5} a 10^{-7}
Muy baja	10^{-7} a 10^{-9}
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-9}

[10]

Existen métodos experimentales para su medición, de los cuales los principales son

- Método Simple del ACI Materials Journals
- Método Normas DIN 1048
- Método Cuantitativo del Bureau of Reclamation
- Método Cualitativo de Swedish Estándar Specification
- Método Japonés

Los ensayos de permeabilidad del presente estudio se hicieron con un equipo artesanal distinto a los nombrados anteriormente. Se realizó con este equipo debido a que en los Laboratorios de Lima no se encontró un equipo para hallar la permeabilidad del concreto.

5.2.5.1 Procedimiento (EQUIPO ARTESANAL)

- Se vacían las muestras en moldes de forma tronco cónicas dando 25 golpes para compactar las muestras con la varilla de 5/8" de diámetro y punta semiesférica.
- A los 28 días transcurridos desde el día del vaciado de las muestras se sacan de la poza de curado.
- Se toman las medidas de las muestras; diámetro menor y altura.
- Se llena el balón con agua hasta la tercera parte de la altura.
- Se llena el mismo balón con aire hasta llegar a la presión neumática general igual o menor a 50 mts de agua.
- Se carga con presión neumática el sistema de compresión y realiza la conexión a las cápsulas de presión.
- Se acciona la parte de la presión hidráulica para efectuar la purga de aire atrapado en cada cápsula y luego en todos los ductos del sistema, llenar agua al sistema de medición del caudal de filtración para cada cápsula.
- Cerrar la presión hidráulica general e individual de cada cápsula y accionar la presión neumática general y luego las individuales aplicar una presión liviana (menor o igual a 50 mts de agua), leída en el manómetro de la cápsula de presión, así como la hora de inicio de la prueba .
- Cuando se termine el agua en el medidor del caudal, cerrar la presión neumática individual y luego la general, el sistema de purga reducirá la presión en el ducto. La presión hidráulica general e individual serán liberadas, luego la válvula individual de aire permitirá recargar el depósito del medidor de caudal.
- Restablecida el agua se cierran las válvulas de presión hidráulicas, se activa la presión neumática para continuar el ensayo.
- El ensayo culminará cuando haya transitado el agua de saturación y aparezca humedad al exterior de la muestra de concreto.

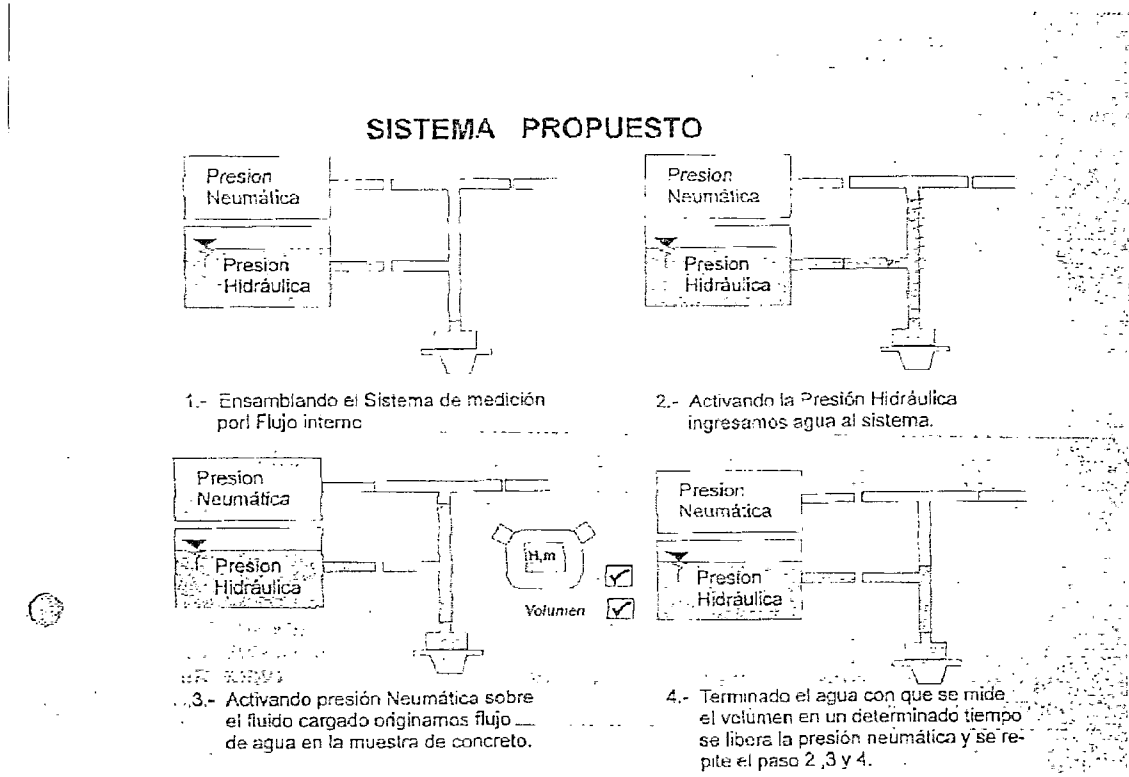


Diagrama representativo de procedimiento de ensayo de permeabilidad en equipo artesanal

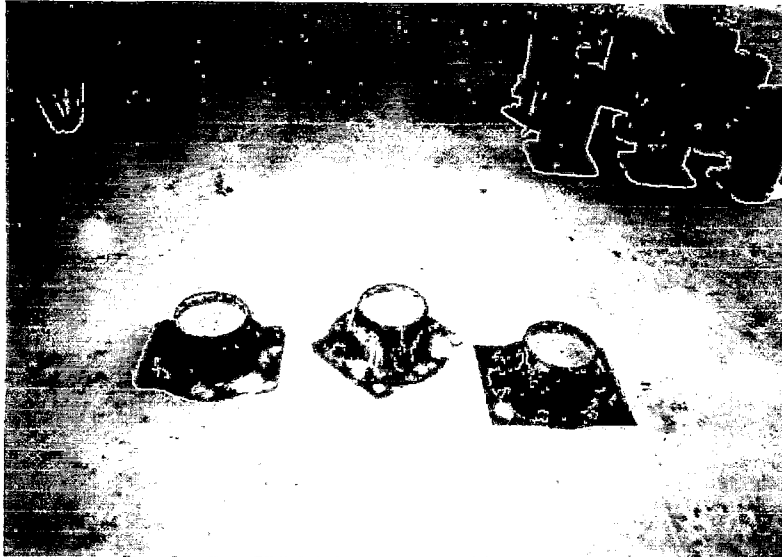


FOTO N° 5.8
Vista de
vaceado de
muestras para
ensayo de
permeabilidad.

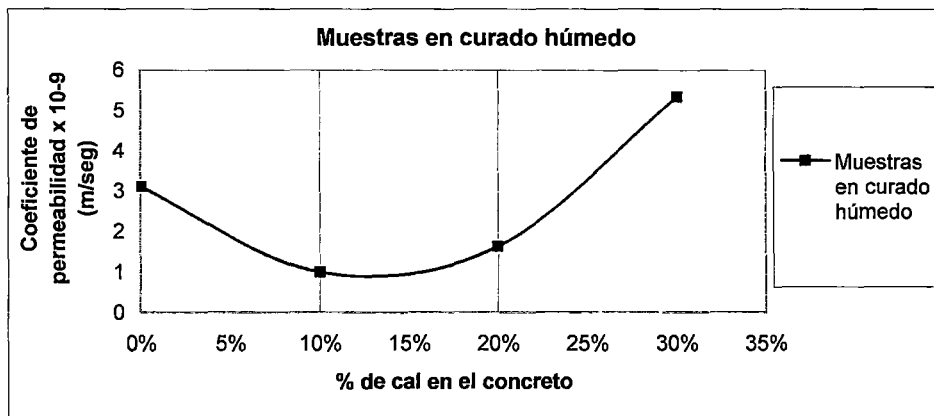
5.2.5.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados que obtuve del ensayo de permeabilidad con un equipo artesanal son:

CUADRO N° 5.5

Descripción de Muestra	Tipo de curado	Coefficiente Permeabilidad Promedio (m/seg)
Muestra Patrón	Húmedo	3.09×10^{-9}
10% - 90%	Húmedo	9.73×10^{-10}
20% - 80%	Húmedo	1.61×10^{-9}
30% - 70%	Húmedo	5.32×10^{-9}

GRAFICO N° 5.9



Se puede deducir que los concretos que poseen cal hasta un 25% como máximo son menos permeables que los concretos patrón. Si tomamos como antecedentes las tablas mostradas estarían catalogados como concretos prácticamente impermeables.

5.2.6 RETRACCION (ASTM C157)

Contracción y abultamiento :

La contracción es causada por la pérdida de agua por evaporación o por hidratación del cemento, y también, por carbonatación. La reducción en el volumen (deformación volumétrica) es igual a tres veces la contracción lineal, y en la práctica medimos la contracción simplemente como una deformación lineal. Así pues sus unidades son mm por mm usualmente expresadas en 10^{-6} .

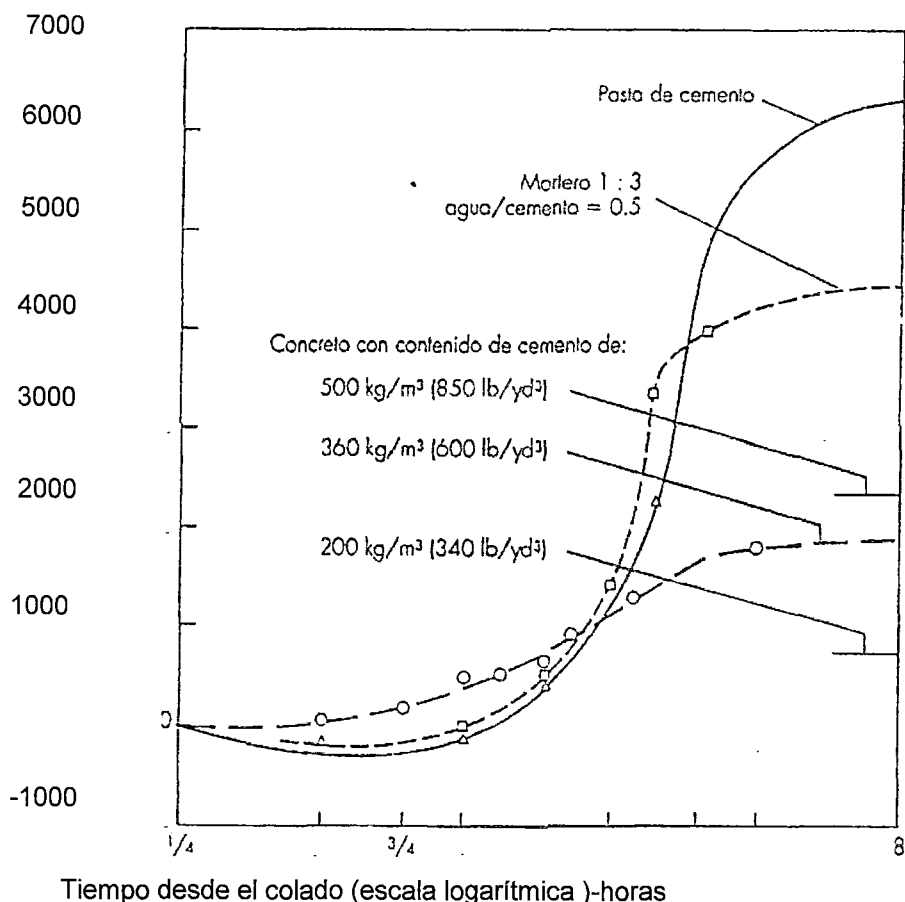
Mientras la pasta de cemento es plástica, experimenta una contracción volumétrica cuya magnitud es del orden de 1% del volumen absoluto del cemento seco. Esta contracción se conoce como contracción plástica. es ocasionada por la pérdida de agua por evaporación de la superficie de concreto, o por succión del concreto seco que se

encuentra por debajo. La contracción induce esfuerzo a la tensión en las capas de la superficie porque están restringidas por el concreto interior no contraído, y como el concreto es muy débil en su estado plástico, se puede producir rápidamente el agrietamiento plástico en la superficie.

La contracción plástica es mayor cuanto mayor sea el porcentaje de evaporación del agua, el cual a su vez depende de la temperatura del concreto y del aire, de la humedad relativa del aire y de la velocidad del viento. Una prevención total de la evaporación inmediatamente después del vaciado disminuye la contracción plástica. Debido a que la pérdida de agua de la pasta de cemento es la causante de la contracción plástica, ésta es mayor cuanto más grande es el contenido de cemento en la mezcla (fig. 5.3), o menor cuanto más grande es el contenido de agregado.

Aún cuando no haya movimiento de humedad hacia el concreto fraguado, o desde éste, es posible que ocurra una contracción autógena. Esta es causada por la pérdida de agua utilizada en la hidratación y, excepto en estructuras de concreto masivo, no se distinguen de la contracción del concreto endurecido debido a la pérdida de agua al exterior. La contracción autógena es muy pequeña, típicamente de 50×10^{-6} a 100×10^{-6} .

Si hay un suplemento continuo de agua en el concreto durante la hidratación, el concreto se expande debido a la absorción de agua por el gel de cemento; este proceso se conoce como abultamiento. En el concreto hecho con agregado de peso normal, el abultamiento es de 10 a 20 veces menor que la contracción. Por otro lado, el abultamiento de concretos ligeros puede ser tan grande como 20 a 80% de la contracción del concreto endurecido después de 10 años.



Influencia del contenido de cemento de la mezcla en la contracción plástica en aire a 20 °C (66 °F) y 50 % de humedad relativa con velocidad del viento de 1.0 m/s (2.25 mph). (LHermire, R., "Volume changes of concrete", en *Proc. Inr. Symp. on the Chemistry of Cement*, Washington D. C., 1960, pp. 659-694.)

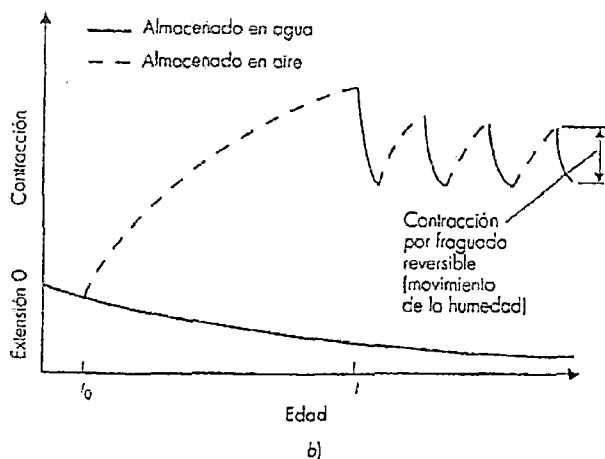
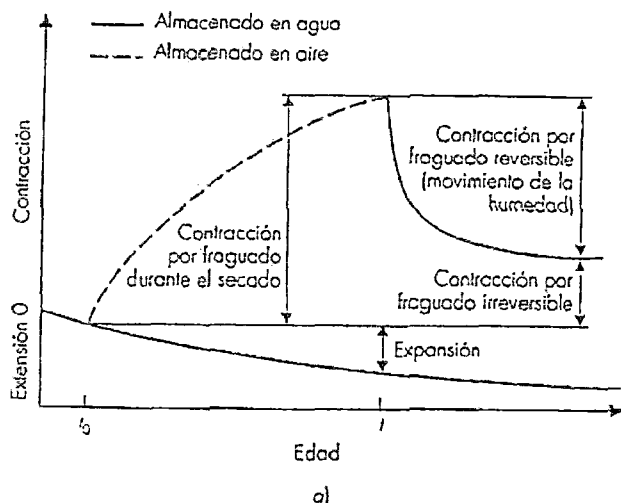
Contracción por secado

El retiro del agua del concreto endurecido almacenado en aire no saturado causa la contracción por secado. Una parte de este movimiento es irreversible y se debe distinguir de la parte reversible o movimiento de la humedad. La figura 5.4 (a) muestra que el concreto al que se le ha permitido secar en aire con una humedad relativa dada y se coloca subsecuentemente en agua (o en una humedad más alta), se abultará debido a la absorción de agua por la pasta de cemento. No toda la contracción por secado es inicial, sin embargo, se recupera aún después de un almacenamiento prolongado en agua. Para el rango usual de concretos, el movimiento reversible de humedad (o expansión por mojado) representa alrededor de 40 a 70% de la contracción por secado, pero esto

depende de la edad antes del inicio del primer secado. Por ejemplo, si el concreto se cura de manera que hidrata completamente antes de exponerse al secado, entonces el movimiento de humedad reversible formará una mayor proporción de contracción por secado. Por otra parte si el secado se acompaña de carbonatación extensa, la pasta de cemento no es más capaz de movimiento de humedad, por lo que la contracción residual o irreversible es mayor.

El patrón de movimiento de humedad bajo mojado y secado alternados- un caso común en la práctica- se muestran en la figura 5.4(b). la magnitud de este movimiento de humedad cíclico depende, sin duda, de la duración de los periodos de secado y mojado; pero es importante destacar que el secado es mucho más lento que el mojado. Así, la consecuencia de clima seco prolongado puede ser invertida por un periodo corto de lluvia. El movimiento también depende del rango de humedad relativa y de la composición del concreto, así como del grado de hidratación al inicio del secado inicial. Por lo general, el concreto de peso ligero tiene un movimiento de humedad más alto que aquel hecho con agregado de peso normal.

La parte irreversible de contracción se asocia con la formación de adherencia adicional física y química en el gel del cemento cuando se retira el agua absorbida. El patrón general de comportamiento es como sigue. Cuando el concreto se seca, ante todo está la pérdida de agua libre; es decir, el agua en los capilares, que no es confinada físicamente. Este proceso induce gradientes de humedad relativa interna dentro de la estructura de la pasta de cemento; de modo que, con el tiempo, las moléculas de agua son transferidas de la gran área de la superficie de los hidratos de silicato de calcio adentro de los capilares vacíos y, entonces, fuera del concreto. En consecuencia, la pasta de cemento se contrae pero la reducción de volumen no es igual al volumen de agua retirada, porque la pérdida inicial de agua libre no causa una contracción volumétrica significativa de la pasta y por la restricción interna para la consolidación, por la estructura del hidrato de silicato de calcio.



Movimiento de la humedad en el concreto:

- concreto que se ha secado desde la edad t_0 hasta la edad t_1 y entonces fue resaturado,
- concreto que se ha secado desde la edad t_0 hasta la edad t_1 y luego estuvo sujeta a ciclos de secado y mojado.

Contracción por carbonatación

En adición a la contracción bajo secado, el concreto experimenta la contracción por carbonatación.

Mucha información experimental incluye ambos tipos de contracción, pero su mecanismo es diferente. Por carbonatación se entiende la reacción del CO_2 con el cemento hidratado. El gas CO_2 está presente en la atmósfera, cerca de 0.03% por volumen de aire en las áreas rurales, el 0.01% más en un laboratorio no ventilado y, generalmente, hasta 0.3% en las grandes ciudades. Con la presencia de humedad el CO_2 forma ácido carbónico, que reacciona con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para formar CaCO_3 ; otros componentes del

cemento son también descompuestos. Una consecuencia del proceso de carbonatación es la contracción del concreto conocido como contracción por carbonatación.

La carbonatación se propaga desde la superficie hasta el interior del concreto, pero en forma extremadamente lenta. El índice real de carbonatación depende de la permeabilidad del concreto, de su contenido de humedad, de CO_2 y de la humedad relativa del medio ambiente. Puesto que la permeabilidad del concreto está regida por la relación agua/cemento y la efectividad del curado, el concreto con una alta relación agua/cemento e inadecuadamente curado será más propenso a la carbonatación; es decir, un mayor profundidad de carbonatación. La extensión de ésta se determina fácilmente al tratar una superficie recién quebrada, por medio de fenolftaleína; el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ libre se colorea de rosa, mientras que la porción carbonatada es incolora.

La carbonatación del concreto (hecho con cemento Pórtland común tipo I) da como resultado un leve incremento en la resistencia y un permeabilidad reducida, posiblemente porque el agua que se libera por la descomposición del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la carbonatación colabora en el proceso de hidratación y el CaCO_3 se deposita en los huecos dentro de la pasta de cemento. Sin embargo, y mucho más importante, la carbonatación neutraliza la naturaleza alcalina de la pasta de cemento hidratada y de esta forma se deteriora la protección del acero contra la corrosión. Consecuentemente, si la profundidad total del recubrimiento del refuerzo es carbonatada y la humedad y el oxígeno pueden penetrar, se producirá la corrosión del acero y resultará el agrietamiento .

En la figura 5.5 se ilustra la contracción por secado de muestra de mortero secadas al aire libre con CO_2 en humedades relativas diferente, y también la contracción total después de la carbonatación subsecuente. Podemos notar que la carbonatación aumenta la contracción en humedades intermedias, pero no a 100% o a 25%. En el último caso, en los poros dentro de la pasta de cemento hay agua insuficiente para que le CO_2 forme ácido carbónico. Por otro lado, cuando los poros están llenos de agua, la difusión del CO_2 en la pasta se vuelve muy lenta. Una consecuencia práctica de esto es que la carbonatación es mayor en el concreto protegido de la lluvia directa, pero expuesto al aire húmedo, que en el concreto mojado por lluvia periódicamente.

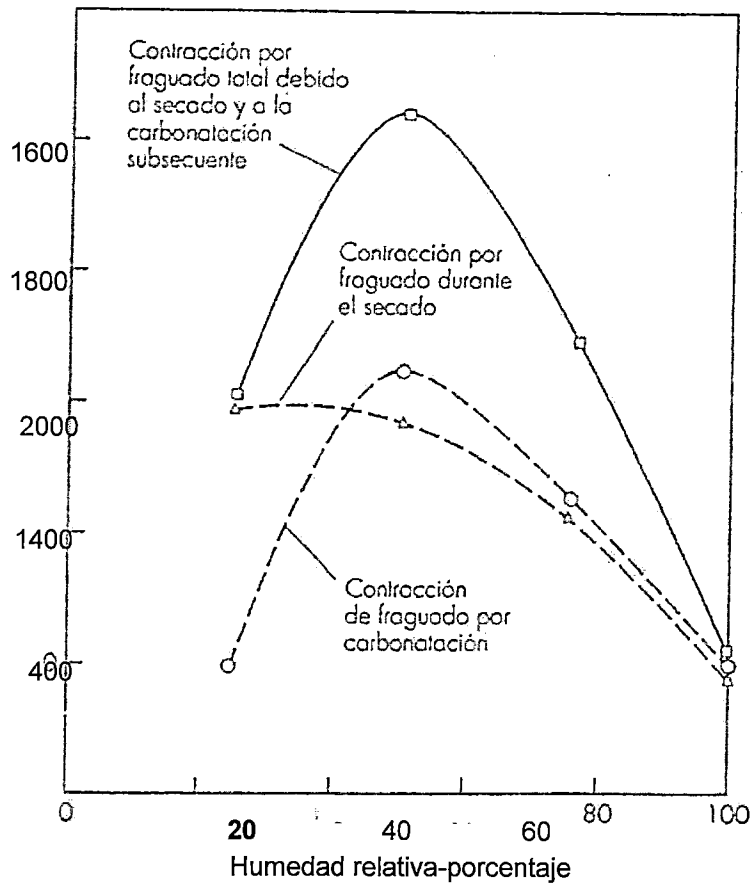


Fig. -5.5. Contracción de fraguado por secado y por carbonatación del mortero a diferentes humedades relativas. (Verbeck, G. J., "Carbonation of hydrated Portland cement", en *A5TM 5p Tech. Publica.*, núm. 205, 1958, pp. 17-06.)

5.2.6.1 PROCEDIMIENTO

- Se vacearon muestras por tipo de concreto.
- Se colocan las muestras al horno a 50°C.
- Se hacen mediciones de largo, ancho y altura de cada muestra.
- Se colocan las muestras dentro del horno a una temperatura de 20°C por 24 horas.
- Se sacan las muestras del horno y se realizan mediciones de largo, ancho y altura.

- Se repiten las operaciones: colocar las muestras en el horno (24 horas) y tomar medidas de las muestras, sucesivamente hasta que las muestras lleguen a la edad a la que se desea estudiar las muestras.



FOTO N° 5.9
*Ensayo de retracción:
Lectura de medidas de las muestras (largo, ancho y altura) con vernier electrónico.*

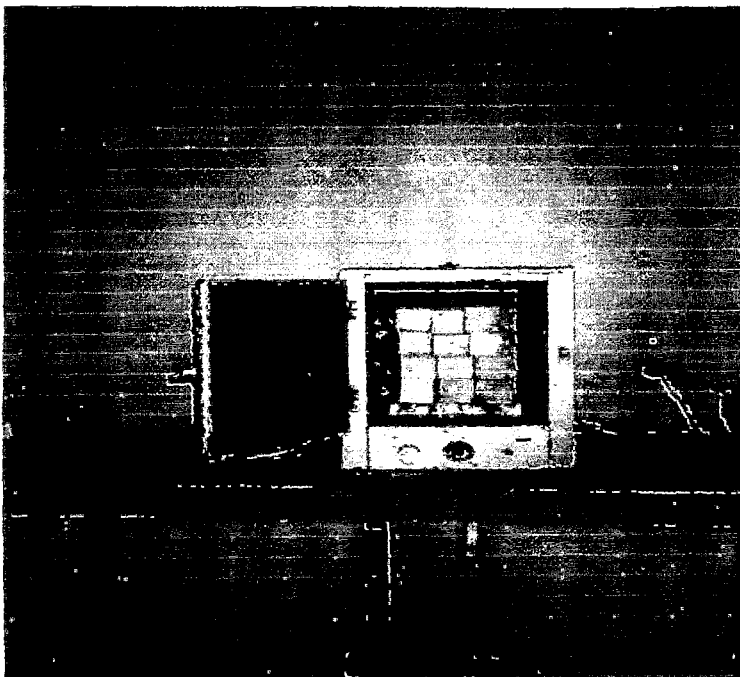


FOTO N° 5.10
Horno utilizado para realizar el ensayo de retracción.

5.2.6.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados que se obtuvieron del ensayo de retracción son:

CUADRO N° 5.6

Tiempo de ensayo (días)	Patrón % volumen	10%-90% %volumen	20%-80% % %volumen	30%-70% %volumen
INICIAL	100%	100%	100%	100%
1	100.42%	100.49%	99.64%	99.12%
3	100.96%	100.04%	99.57%	99.95%
5	99.72%	99.72%	99.57%	98.9%
9	100.15%	99.66%	96.82%	99.47%
11	100.25%	101.36%	99.99%	99.73%
12	100.26%	96.89%	96.97%	93.13%
14	99.44%	99.98%	99.18%	98.66%
15	99.78%	96.71%	99.12%	98.49%
16	99.18%	99.61%	98.82%	98.67%
17	99.13%	99.36%	98.88%	98.66%
18	99.14%	99.43%	98.95%	98.30%
21	99.67%	99.92%	99.32%	99.18%
22	99.32%	99.33%	98.99%	98.93%
23	99.92%	99.75%	99.13%	99.36%
24	100.19%	99.40%	99.16%	99.21%
25	100.39%	100.13%	99.64%	99.46%
28	100.02%	100.17%	99.44%	99.27%
29	99.87%	99.83%	99.49%	99.21%
30	100.88%	100.27%	99.48%	99.40%
31	100.03%	100.08%	99.49%	99.12%
32	100.44%	100.6%	99.49%	100.01%
33	100.57%	100.48%	100.02%	99.39%
35	100.16%	101.%	99.51%	99.60%
36	100.33%	99.99%	99.93%	99.42%
42	100.83%	101%	99.48%	99.42%

GRAFICO N° 5.10

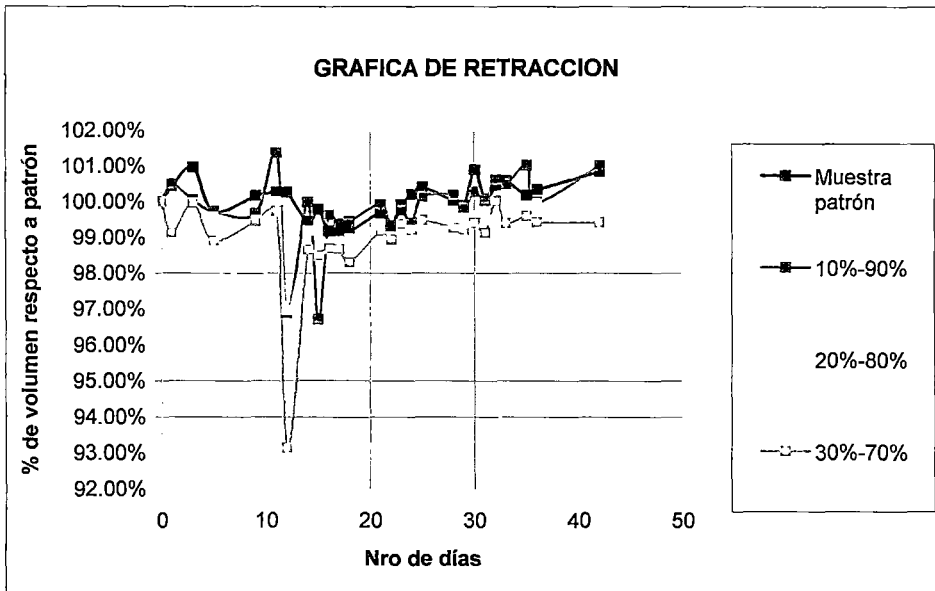
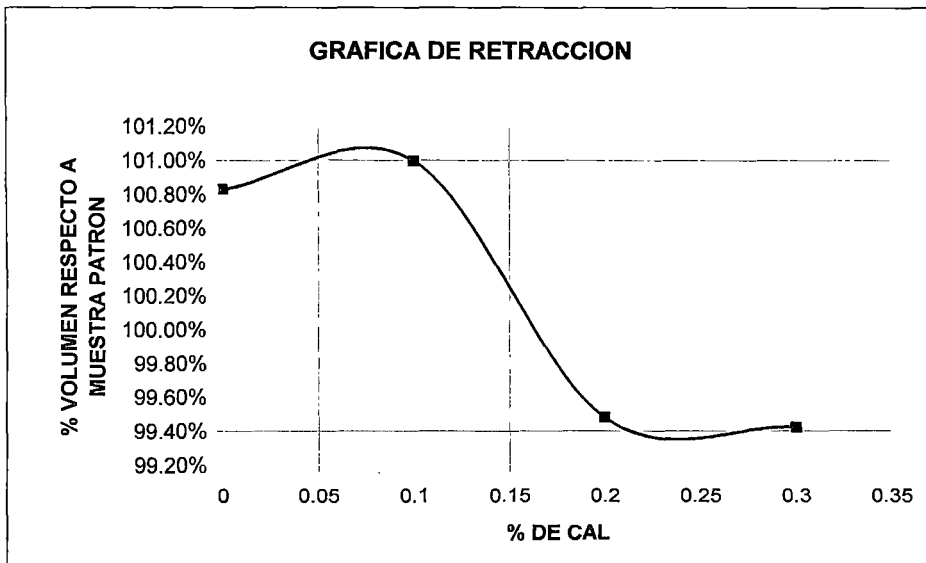


GRAFICO N°5.11



Se puede observar del gráfico 5.11 que a medida que se le agrega cal (a partir de 15%), el concreto reacciona de manera opuesta a cambios de temperatura (se produce una retracción), en cambio cuando el porcentaje de cal es de 0% a 15% se puede decir que se produce un hinchamiento.

Se puede deducir que si se estudiara sólo esta propiedad en el concreto. Se puede aconsejar el uso de hasta un 15% de cal en reemplazo del cemento.

5.2.7 IMPACTO (ACI 542)

La resistencia al impacto es importante en el hincado de pilas de concreto, en cimientos para máquinas que ejercen carga impulsiva, y también cuando es posible el impacto accidental. No existe una relación única entre la resistencia al impacto y la resistencia compresiva estática. Por esta razón, la resistencia al impacto tiene que ser evaluada por la capacidad de la muestra de concreto de soportar golpes reiterados y de absorber energía. Por ejemplo el número de golpes que el concreto puede soportar antes de alcanzar la condición de no rebote indica un estado definido de daño. Generalmente ,para un tipo de agregado dado, cuanto más alta sea la resistencia compresiva del concreto, más baja será la energía absorbida por el golpe antes de agrietarse; pero será mayor el número de golpes para llegar al no rebote. Por tanto, la resistencia al impacto y el total de energía absorbida por el concreto aumentan con su resistencia a la compresiva del concreto estática (y por ende con el tiempo) .

5.2.7.1 PROCEDIMIENTO

- Se vacean pastillas de cada tipo de muestra de aproximadamente 16 cms de diámetro y 7 cms de altura. Se le da 25 golpes de manera similar al vaceado de las probetas sólo que en este caso sólo se hace en una capa.
- Se coloca la muestra en el equipo y se sujeta para evitar el movimiento de las muestras y concentrar los golpes en un solo punto.
- Se le da golpes a la muestras con las pesas hasta notar que la muestra se fisura.



FOTO N° 5.11
*Vista de ensayo de
 impacto del
 concreto – Se
 utilizaron pastillas
 de muestras.*

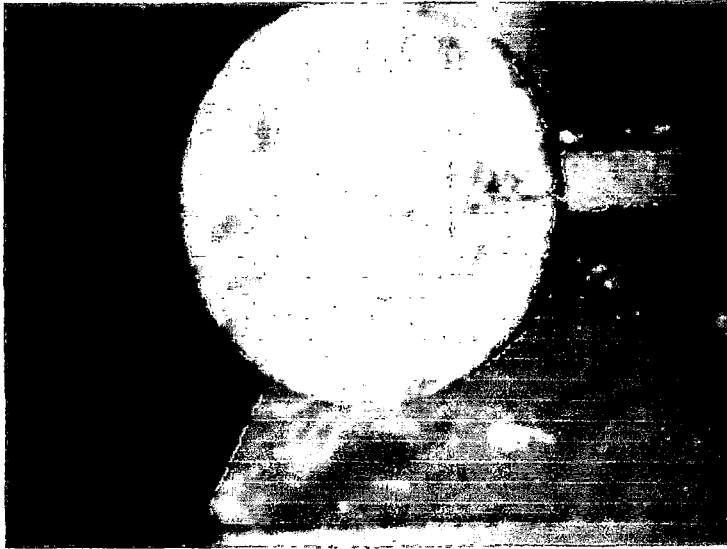


FOTO N° 5.12
Fisura que se produce en la muestra debido al ensayo de impacto.

5.2.7.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados que se obtuvieron del ensayo de impacto son :

CUADRO N° 5.7

Tipo de mezcla	Modo de curado	7 días N°golpe	14 días N°golpe	21 días N°golpe	28 días N° golpe	42 días N°golpe
Patrón	Húmedo	21	23	46	52	61
10%-90%	Húmedo	9	14	15	23	29
20%-80%	Húmedo	6	17	27	29	37
30%-70%	Húmedo	6	6	14	20	29
Patrón	Seco	5	6	13	16	18
10%-90%	Seco	7	8	11	12	13
20%-80%	Seco	5	6	9	11	13
30%-70%	Seco	4	5	7	7	7

GRAFICO N° 5.12

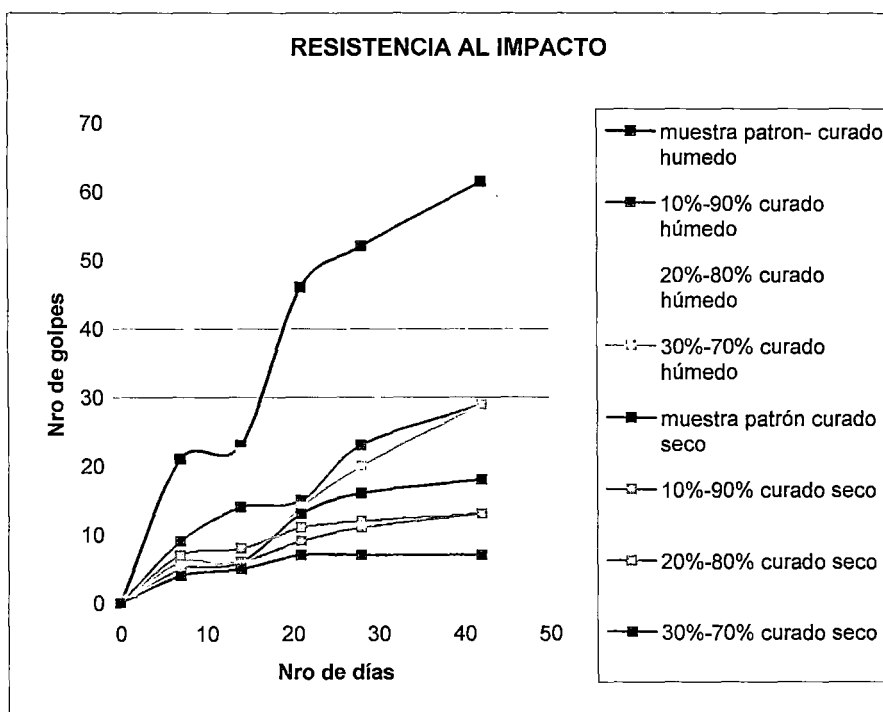
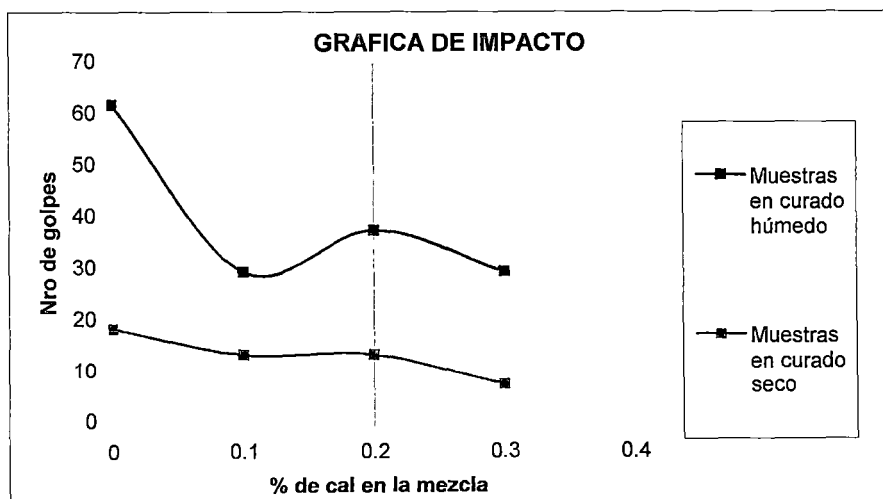


GRAFICO N°5.13



Del cuadro y de los gráficos se puede concluir que el agregar cal al concreto disminuye muy significativamente la resistencia al impacto de la mezcla con respecto al patrón, sea en curado húmedo como en el seco.

5.2.8 CORROSION AL SULFATO DE MAGNESIO

El objeto del presente ensayo es determinar el grado de agresividad del Sulfato de magnesio en el concreto patrón y las muestras que tienen cal. Mediante el conocimiento de los distintos procesos de la corrosión, se puede conocer la acción que los diferentes agentes agresivos ejercen sobre el concreto. De esta forma se puede partir de algunos síntomas, llegar a conocer el proceso de corrosión que se está desarrollando como consecuencia de la acción de un tipo determinado de agua.

El plazo en el que una corrosión puede destruir el concreto de una construcción, es decir, la vida útil de ésta, puede variar según el tipo de construcción, siendo en general de difícil determinación. Los procesos de corrosión existentes en la naturaleza tienen una marcha extremadamente lenta. El motivo de haber elegido el sulfato de magnesio para observar esta corrosión, es porque el Sulfato de magnesio produce un efecto doble en cuanto a variación de características físicas en el concreto; existe variación de peso y de volumen.

5.2.8.1 PROCEDIMIENTO

- Se sacan las muestras de medidas aproximadas 5.5x3.00x3.00 cms de la poza de curado.
- Se le seca al horno hasta que no haya variación de peso.
- Se le sumerge en la sustancia corrosiva por 24 horas.
- Se saca la muestra de la sustancia corrosiva y se mete al horno por 24 horas.
- Se toman medidas de dimensiones y peso.
- Se repiten los pasos anteriores hasta llegar como mínimo a 5 ciclos.



FOTO N° 5.13
*Ensayo de corrosión:
 Muestras después
 de ensayo de
 durabilidad con
 Sulfato de Magnesio.*

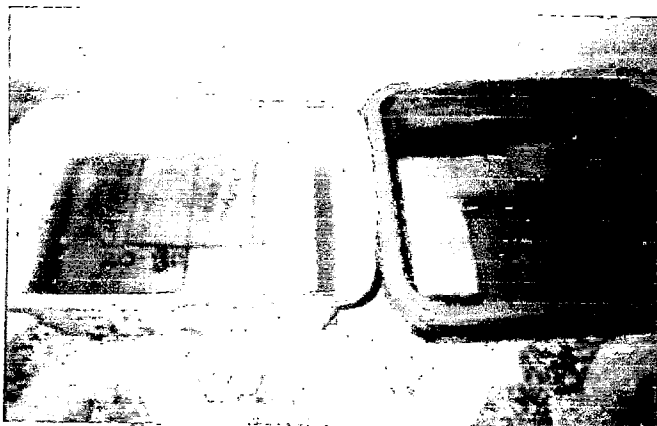


FOTO N° 5.14
 Ensayo de
 corrosión :
 Muestras
 sumergidas en
 Sulfato de
 magnesio.

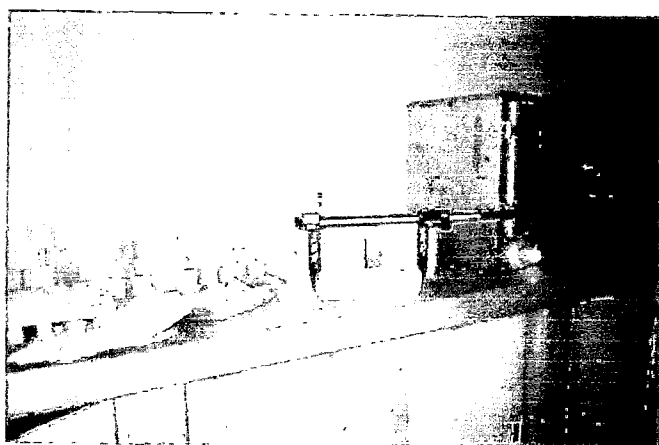


FOTO N° 5.13
 Ensayo de corrosión: Las
 muestras fueron
 colocadas en el horno que
 figura en la foto por 24
 horas después de haber
 sido sumergidas 24 horas
 al Sulfato de Magnesio..

5.2.8.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los datos mostrados son para concretos ensayados a los 28 días

CUADRO N° 5.8

Ciclo de ensayo	Patrón	Patron	10%-90%	10%-90%	20%-80%	20%-80%	30%-70%	30%-70%
	% Volumen	% Peso	% Volumen	% Peso	% Volumen	% Peso	% Volumen	% Peso
INICIAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1	100.21%	100.4%	100.02%	100.23%	99.72%	100.22%	100.07%	100.16%
2	99.46%	100.4%	101.17%	100.31%	100.11%	100.32%	100.1%	100.21%
3	100.77%	100.4%	99.83%	100.2%	99.45%	100.25%	99.84%	100.16%
4	99.62%	100.4%	99.88%	100.25%	99.24%	100.27%	99.77%	100.21%
5	100.31%	100.6%	100.3%	100.41%	99.97%	100.43%	99.96%	100.35%
6	99.9%	100.9%	99.62%	100.78%	99.28%	100.82%	99.79%	100.67%
7	99.72%	101.7%	100.49%	101.52%	100.46%	101.59%	100.02%	101.43%

GRAFICO N° 5.14

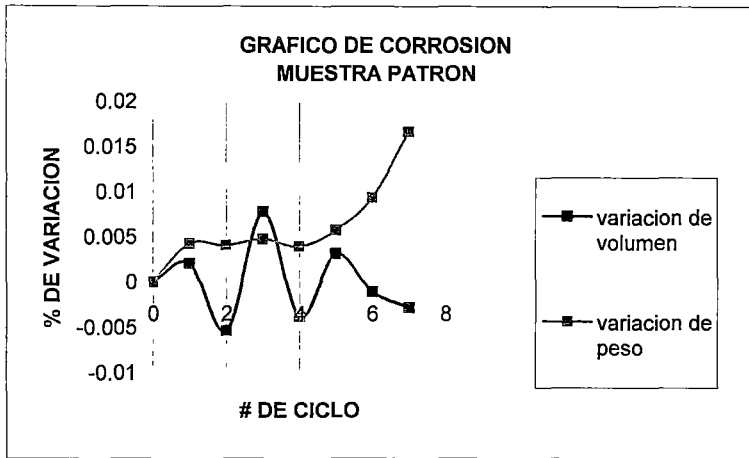


GRAFICO N°5.15

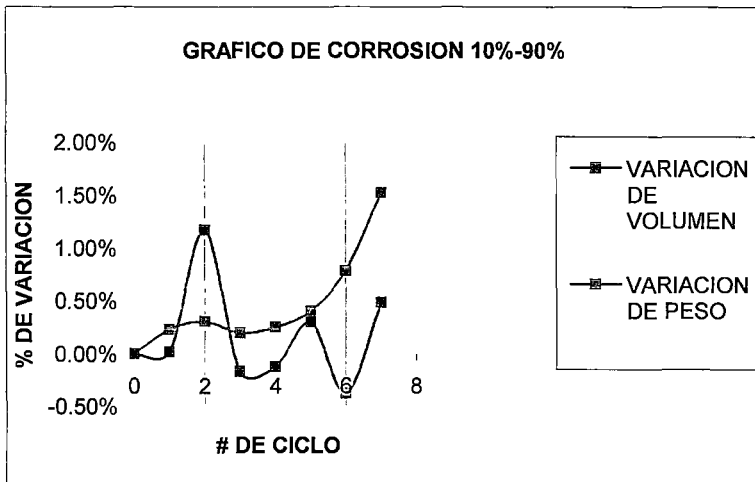


GRAFICO N° 5.16

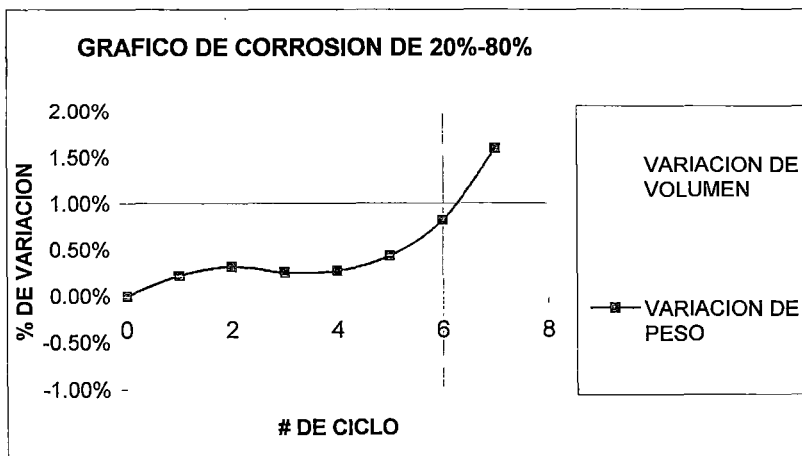


GRAFICO N° 5.17

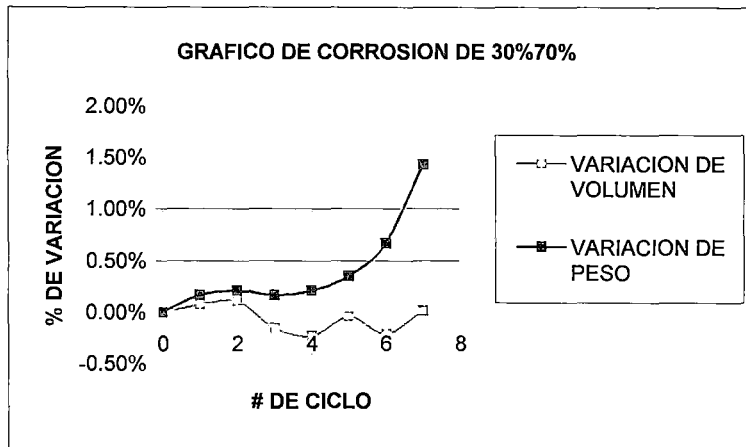
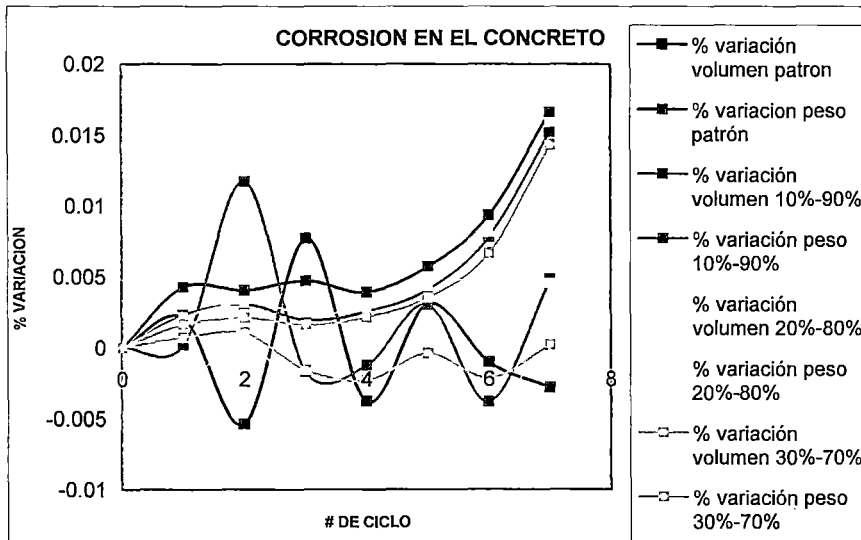


GRAFICO N° 5.18



En este estudio comprobamos que a medida que añadimos cal al concreto producimos una mayor resistencia a los sulfatos; por lo tanto en este caso el que posee un 30% de cal es el más resistente al sulfato de magnesio.

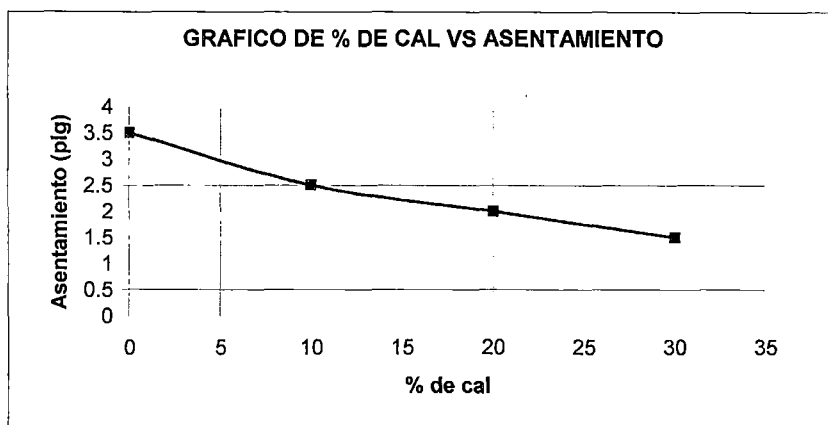
CAPITULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

6.1.1 ASENTAMIENTO

Gráfico 6.1



De la gráfica mostrada se puede observar que la cal en el concreto produce un entrapamiento del agua y hace a la mezcla más homogénea y compacta por lo tanto reduce el asentamiento de la mezcla y la hace más trabajable. Si comparamos los resultados obtenidos en este estudio con la clasificación teórica de los concretos patrones llegamos a determinar una relación distinta entre la trabajabilidad y el asentamiento en caso de adiciones minerales finamente divididas.

6.1.2 TIEMPO DE FRAGUADO

Los resultados mostrados arrojan claramente un retraso del tiempo de fraguado. Esto se produciría por la retención de agua de la mezcla, debido a la acción de la cal, que interviene para brindar paulatinamente el agua que necesita el cemento para lograr culminar su hidratación.

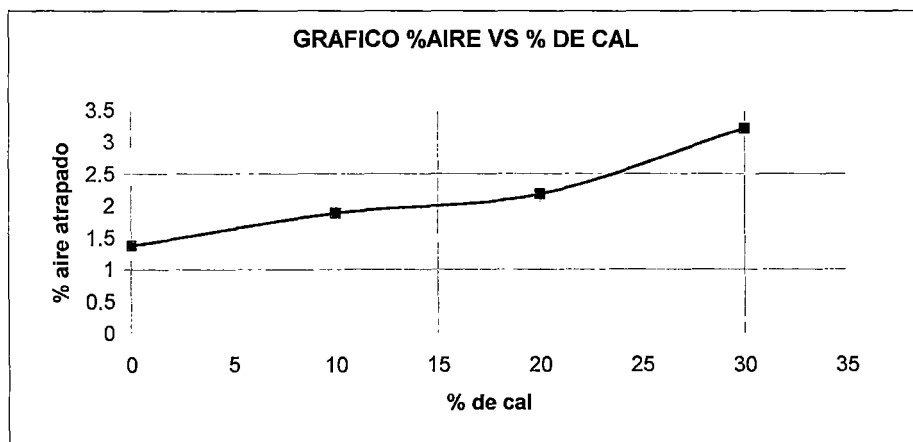
También se puede apreciar un desfase en los resultados de las muestras de 10% y 20% de cal. Este hecho se produjo a los cambios bruscos de temperatura en que se realizó el

ensayo, dado a que éste es un proceso bastante largo (aproximadamente dura 6 horas más 3 o 4 horas de exudación) resultó imposible hacerle un seguimiento continuo por lo que se recurrió a tomar algunas notas con temperaturas nocturnas y otras a temperaturas diurnas.

El ensayo de tiempo de fraguado no sería posible realizarlo si los tesisistas no contaran con el apoyo del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil.

6.1.3 CONTENIDO DE AIRE

Gráfico 6.2



A medida que se le agrega cal a la mezcla se produce mayor cantidad de aire incorporado, esto se debe a que la cal retiene el agua de la mezcla y en su lugar se ubica mayor cantidad de aire.

6.1.4 EXUDACION

Las disminuciones de la exudación de concretos con cal a la mezcla patrón son las siguientes; 10%-90% tiene una disminución de 34.33%, la de 20%-80% tiene una disminución de 47.96%, la de 30%-70% tiene una disminución de 48.56%. Este resultados se debe a la retención de agua y a que la cal proporciona la cantidad de finos carentes al agregado fino.

6.1.5 PESO UNITARIO

La variación de los pesos unitarios con respecto a la del patrón son las que siguen: 10% - 90% es de 0.15%, la de 20%-80% es de 0.45% y la de 30%-70% es de 1.49%. Por lo tanto se concluye que prácticamente se conserva el peso unitario de la mezcla con respecto a la patrón. Y se encuentra dentro del rango de los concretos normales: 2200 a 2500 kg/m³.

6.1.6 FLUIDEZ

Hay una diferencia del porcentaje de fluidez cuando se le agrega cal a la mezcla. La manera de evaluar la fluidez en el concreto normal cuyos materiales son: agua, cemento, arena y piedra es diferente a cuando se le agrega cal porque precisamente con la disminución del % de fluidez del concreto cuando presenta 10% de cal no muestra que el concreto no sea trabajable.

Se obtiene que en la mezcla de 10%-90% se obtiene una disminución de 19.60 %, en la mezcla de 20%-80% se obtiene una disminución de 30.68% y en la mezcla de 30%-70% se obtiene una disminución de 36.65%.

6.2 ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

El análisis de las curvas obtenidas en el concreto endurecido son realizadas mediante un análisis de regresión para hallar las ecuaciones de las curvas y asumir una tendencia.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se entiende por Análisis de Regresión, el desarrollar una ecuación de estimación o en forma práctica al encontrar una formula matemática que relacione variables conocidas. Para la validez estadística del análisis de regresión es necesario que ciertas condiciones sean satisfechas:

- En que primer lugar, la variable X, llama varibale independiente, de cuyos valores se harán predicciones, tiene valores fijos y conocidos. En cambio Y, llamada variable dependiente, es una variable aleatoria.
- Todos los arreglos de Y tienen variación común.
- Para cada valor fijo de X existe un conjunto de valores de Y que constituyen un arreglo se distribuyen normalmente.
- La relación existente entre X e Y establece una dependencia del tipo $Y=F(x)$.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El Coeficiente de Correlación de la muestra, simbolizada por "r" es un estadístico que mide el grado de asociación entre dos variables.

El Coeficiente de Correlación es una medida relativa y no está dado en las unidades de medida de X o de Y. Puede ser positivo o negativo. Numéricamente, su valor tiene un intervalo que va desde -1 hasta +1, pasando por cero. Cuando "r" es igual a +1, indica una perfecta asociación positiva aumentando Y al aumentar X. Cunado "r" es igual -1, indica una perfecta asociación negativa, aumentando Y al disminuir X o viceversa, disminuyendo Y al aumentar X. Cuando "r" es igual a cero, indica que no hay asociación; es decir que existe independendencia entre las dos variables.

➤ Recta de Regresión de Mínimos Cuadrados

Se presentan las ecuaciones:

$$Y = A + B * X$$

$$A = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum YX)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{N(\sum YX) - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

➤ **Regresión Exponencial de Y sobre X**

Se presentan las ecuaciones:

$$Y = Ae^{Bx}$$

$$A = e^{\frac{\sum \ln Y - B \sum X}{N}}$$

$$B = \frac{N \sum (X \cdot \ln Y) - \sum X \sum \ln Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

➤ **Regresión Potencial de Y sobre X**

Se presentan las ecuaciones:

$$Y = A \cdot X^B$$

$$A = e^{\frac{\sum \ln Y - B \sum \ln X}{N}}$$

$$B = \frac{N \sum (\ln X \cdot \ln Y) - (\sum \ln X)(\sum \ln Y)}{N \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2}$$

➤ **Regresión Logarítmica de Y sobre X**

Se presentan las ecuaciones:

$$Y = A + B \cdot \ln X$$

$$A = \frac{\sum Y - B \sum \ln X}{N}$$

$$B = \frac{N \sum Y \cdot \ln X - \sum \ln X \cdot \sum Y}{N \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2}$$

6.2.- ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

6.2.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESION

En los cuadros que se presentan a continuación se muestran los cálculos de los tipos de regresiones para determinar la regresión que se ajusta mejor a la ecuación de la curva más representativa. Este cálculo es necesario para hallar una tendencia en el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto.

Cuadro 6.3

Datos para cálculos de regresión (lineal, exponencial, potencial y logarítmica) para curvas de resistencia a la compresión

MUESTRA EN CURADO HUMEDO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f'c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Húmedo	7	207.68	43,130.98	1,453.76	49.00	1.95	3.79	404.13	5.34	37.35	28.47	10.38
Patrón	Húmedo	14	252.27	63,640.15	3,531.78	196.00	2.64	6.96	665.75	5.53	77.43	30.59	14.60
Patrón	Húmedo	21	226.62	51,356.62	4,759.02	441.00	3.04	9.27	689.95	5.42	113.89	29.41	16.51
Patrón	Húmedo	28	269.59	72,678.77	7,548.52	784.00	3.33	11.10	898.33	5.60	156.71	31.33	18.65
Patrón	Húmedo	42	310.47	96,391.62	13,039.74	1,764.00	3.74	13.97	1,160.43	5.74	241.00	32.93	21.45
Patrón	Húmedo	63	309.77	95,957.45	19,515.51	3,969.00	4.14	17.17	1,283.42	5.74	361.36	32.90	23.76
Patrón	Húmedo	91	272.41	74,207.21	24,789.31	8,281.00	4.51	20.35	1,228.80	5.61	510.27	31.44	25.29
sumatoria		266	1,848.81	497,362.81	74,637.64	15,484.00	23.35	82.61	6,330.82	38.97	1,498.00	217.06	130.65
10%-90%	Húmedo	7	183.47	33,661.24	1,284.29	49.00	1.95	3.79	357.02	5.21	36.48	27.17	10.14
10%-90%	Húmedo	14	198.28	39,314.96	2,775.92	196.00	2.64	6.96	523.27	5.29	74.06	27.98	13.96
10%-90%	Húmedo	21	225.12	50,679.01	4,727.52	441.00	3.04	9.27	685.38	5.42	113.75	29.34	16.49
10%-90%	Húmedo	28	254.86	64,953.62	7,136.08	784.00	3.33	11.10	849.25	5.54	155.14	30.70	18.46
10%-90%	Húmedo	42	281.24	79,095.94	11,812.08	1,764.00	3.74	13.97	1,051.18	5.64	236.85	31.80	21.08
10%-90%	Húmedo	63	258.74	66,946.39	16,300.62	3,969.00	4.14	17.17	1,071.99	5.56	350.02	30.87	23.02
10%-90%	Húmedo	91	295.75	87,468.06	26,913.25	8,281.00	4.51	20.35	1,334.09	5.69	517.75	32.37	25.66
sumatoria		266	1,697.46	422,119.22	70,949.76	15,484.00	23.35	82.61	5,872.18	38.34	1,484.04	210.22	128.82
20%-80%	Húmedo	7	144.77	20,958.35	1,013.39	49.00	1.95	3.79	281.71	4.98	34.83	24.75	9.68
20%-80%	Húmedo	14	163.37	26,689.76	2,287.18	196.00	2.64	6.96	431.14	5.10	71.34	25.97	13.45
20%-80%	Húmedo	21	182.07	33,149.48	3,823.47	441.00	3.04	9.27	554.32	5.20	109.29	27.09	15.84
20%-80%	Húmedo	28	186.45	34,763.60	5,220.60	784.00	3.33	11.10	621.29	5.23	146.39	27.33	17.42
20%-80%	Húmedo	42	206.36	42,584.45	8,667.12	1,764.00	3.74	13.97	771.31	5.33	223.84	28.40	19.92
20%-80%	Húmedo	63	224.14	50,238.74	14,120.82	3,969.00	4.14	17.17	928.64	5.41	340.97	29.29	22.42
20%-80%	Húmedo	91	235.48	55,450.83	21,428.68	8,281.00	4.51	20.35	1,062.22	5.46	497.01	29.63	24.64
sumatoria		266	1,342.64	263,835.22	56,581.26	15,484.00	23.35	82.61	4,650.62	36.71	1,423.68	192.67	123.38
30%-70%	Húmedo	7	128.20	16,435.24	897.40	49.00	1.95	3.79	249.47	4.85	33.98	23.56	9.44
30%-70%	Húmedo	14	149.11	22,233.79	2,087.54	196.00	2.64	6.96	393.51	5.00	70.07	25.05	13.21
30%-70%	Húmedo	21	169.07	28,584.66	3,550.47	441.00	3.04	9.27	514.74	5.13	107.74	26.32	15.62
30%-70%	Húmedo	28	189.05	35,739.90	5,293.40	784.00	3.33	11.10	629.95	5.24	146.78	27.48	17.47
30%-70%	Húmedo	42	164.61	27,096.45	6,913.62	1,764.00	3.74	13.97	615.26	5.10	214.35	26.05	19.08
30%-70%	Húmedo	63	181.61	32,982.19	11,441.43	3,969.00	4.14	17.17	752.43	5.20	327.72	27.06	21.55
30%-70%	Húmedo	91	216.09	46,694.89	19,664.19	8,281.00	4.51	20.35	974.75	5.38	489.19	28.90	24.25
sumatoria		266	1,197.74	209,767.13	49,848.05	15,484.00	23.35	82.61	4,130.11	35.91	1,389.81	184.41	120.62

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Seco	7	192.29	36,975.44	1,346.03	49.00	1.95	3.79	374.18	5.26	36.81	27.66	10.23
Patrón	Seco	14	221.99	49,279.56	3,107.86	196.00	2.64	6.96	585.84	5.40	75.64	29.19	14.26
Patrón	Seco	21	240.83	57,999.09	5,057.43	441.00	3.04	9.27	733.21	5.48	115.17	30.08	16.70
Patrón	Seco	28	253.41	64,216.63	7,095.48	784.00	3.33	11.10	844.41	5.54	154.98	30.64	18.44
Patrón	Seco	42	255.92	65,495.05	10,748.64	1,764.00	3.74	13.97	956.54	5.54	232.88	30.75	20.72
Patrón	Seco	63	273.50	74,802.25	17,230.50	3,969.00	4.14	17.17	1,133.15	5.61	353.51	31.49	23.25
Patrón	Seco	91	258.93	67,044.74	23,562.63	8,281.00	4.51	20.35	1,168.00	5.56	505.65	30.88	25.06
sumatoria		266	1,696.87	415,812.76	68,148.57	15,484.00	23.35	82.61	5,795.34	38.39	1,474.64	210.66	128.67
10%-90%	Seco	7	171.25	29,326.56	1,198.75	49.00	1.95	3.79	333.24	5.14	36.00	26.45	10.01
10%-90%	Seco	14	166.16	27,609.15	2,326.24	196.00	2.64	6.96	438.51	5.11	71.58	26.14	13.49
10%-90%	Seco	21	192.48	37,048.55	4,042.08	441.00	3.04	9.27	586.01	5.26	110.46	27.67	16.01
10%-90%	Seco	28	215.52	46,448.87	6,034.56	784.00	3.33	11.10	718.16	5.37	150.45	28.87	17.90
10%-90%	Seco	42	233.62	54,578.30	9,812.04	1,764.00	3.74	13.97	873.19	5.45	229.06	29.74	20.38
10%-90%	Seco	63	217.28	47,210.60	13,688.64	3,969.00	4.14	17.17	900.22	5.38	339.01	28.96	22.29
10%-90%	Seco	91	260.34	67,776.92	23,690.94	8,281.00	4.51	20.35	1,174.36	5.56	506.14	30.94	25.09
sumatoria		266	1,456.65	309,998.95	60,793.25	15,484.00	23.35	82.61	5,023.68	37.29	1,442.70	198.77	125.19
20%-80%	Seco	7	147.41	21,729.71	1,031.87	49.00	1.95	3.79	286.85	4.99	34.95	24.93	9.72
20%-80%	Seco	14	164.71	27,129.38	2,305.94	196.00	2.64	6.96	434.68	5.10	71.46	26.05	13.47
20%-80%	Seco	21	176.74	31,237.03	3,711.54	441.00	3.04	9.27	538.09	5.17	108.67	26.78	15.75
20%-80%	Seco	28	178.25	31,773.06	4,991.00	784.00	3.33	11.10	593.97	5.18	145.13	26.87	17.27
20%-80%	Seco	42	185.56	34,432.51	7,793.52	1,764.00	3.74	13.97	693.56	5.22	219.38	27.28	19.52
20%-80%	Seco	63	194.76	37,931.46	12,269.88	3,969.00	4.14	17.17	806.92	5.27	332.12	27.79	21.84
20%-80%	Seco	91	217.24	47,193.22	19,768.84	8,281.00	4.51	20.35	979.94	5.38	489.67	28.96	24.27
sumatoria		266	1,264.67	231,426.37	51,872.59	15,484.00	23.35	82.61	4,334.00	36.33	1,401.38	188.66	121.85
30%-70%	Seco	7	110.45	12,199.20	773.15	49.00	1.95	3.79	214.93	4.70	32.93	22.13	9.15
30%-70%	Seco	14	123.70	15,301.69	1,731.80	196.00	2.64	6.96	326.45	4.82	67.45	23.21	12.71
30%-70%	Seco	21	135.07	18,243.90	2,836.47	441.00	3.04	9.27	411.22	4.91	103.02	24.07	14.94
30%-70%	Seco	28	137.41	18,881.51	3,847.48	784.00	3.33	11.10	457.88	4.92	137.84	24.24	16.40
30%-70%	Seco	42	142.46	20,294.85	5,983.32	1,764.00	3.74	13.97	532.47	4.96	208.28	24.59	18.54
30%-70%	Seco	63	160.47	25,750.62	10,109.61	3,969.00	4.14	17.17	664.85	5.08	319.92	25.79	21.04
30%-70%	Seco	91	176.47	31,141.66	16,058.77	8,281.00	4.51	20.35	796.03	5.17	470.76	26.76	23.34
sumatoria		266	986.03	141,813.44	41,340.60	15,484.00	23.35	82.61	3,403.83	34.56	1,340.20	170.79	116.12

MUESTRA DE CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 233.14 B = 0.815 r = 0.628 $F'C = 233.14 + 0.82 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	238.84 244.55 250.26 255.96 267.38 284.50 307.32
PATRON	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 231.62 B = 0.003 r = 0.638 $F'C = 231.62 * \text{exponencial} (0.0032 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	236.87 242.25 247.74 253.36 264.98 283.42 310.02
PATRON	HUMEDO	POTENCIAL	A = 165.95 B = 0.136 r = 0.803 $F'C = 165.95 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.14$	7 14 21 28 42 63 91	216.41 237.87 251.40 261.46 276.34 292.05 307.08
PATRON	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 148.44 B = 34.673 r = 0.789 $F'C = 148.44 + 34.67 * \ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63	215.91 239.94 254.00 263.98 278.04 292.09
10%-90%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 196.93 B = 1.199 r = 0.858 $F'C = 196.93 + 1.20 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	205.32 213.72 222.11 230.50 247.29 272.47 306.05
10%-90%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 197.74 B = 0.005 r = 0.843 $F'C = 197.74 * \text{exponencial} (0.0050 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	204.81 212.13 219.72 227.57 244.14 271.27 312.20
10%-90%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 126.73	7	183.61

MUESTRA DE CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			B= 0.191 r= 0.945 F'C = 126.73 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.19	14 21 28 42 63 91	209.53 226.35 239.10 258.31 279.05 299.30
10%-90%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 93.93 B= 44.531 r= 0.942 F'C = 93.93 + 44.53 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	180.58 211.45 229.51 242.32 260.37 278.43 294.80
20%-80%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 152.64 B= 1.031 r= 0.951 F'C = 152.64 + 1.03 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	159.85 167.07 174.28 181.50 195.93 217.57 246.43
20%-80%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 154.52 B= 0.005 r= 0.928 F'C = 154.52 * exponencial (0.0054* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	160.42 166.55 172.92 179.53 193.51 216.55 251.60
20%-80%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 98.92 B= 0.195 r= 0.997 F'C = 98.92 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.19	7 14 21 28 42 63 91	144.49 165.37 178.95 189.26 204.81 221.63 238.08
20%-80%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 70.10 B= 36.480 r= 0.995 F'C = 70.10 + 36.48 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	141.09 166.37 181.17 191.66 206.45 221.24 234.66
30%-70%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 140.47	7	146.11

MUESTRA DE CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			B= 0.806 r= 0.851 F'C = 140.47 + 0.81 * (EDAD EN DIAS)	14 21 28 42 63 91	151.76 157.40 163.04 174.33 191.26 213.83
30%-70%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 141.51 B= 0.005 r= 0.830 F'C = 141.51 * exponencial (0.0047* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	146.22 151.10 156.13 161.33 172.25 190.05 216.68
30%-70%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 95.29 B= 0.172 r= 0.901 F'C = 95.29 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.17	7 14 21 28 42 63 91	133.13 149.97 160.79 168.94 181.14 194.21 206.88
30%-70%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 75.76 B= 28.580 r= 0.891 F'C = 75.76 + 28.58 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	131.37 151.18 162.77 170.99 182.58 194.17 204.68

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 216.49 B = 0.682 r = 0.748 $F'C = 216.49 + 0.68 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	221.26 226.04 230.81 235.59 245.14 259.47 278.57
PATRON	SECO	EXPONENCIAL	A = 215.70 B = 0.003 r = 0.734 $F'C = 215.70 * \text{exponencial} (0.0029 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	220.15 224.70 229.33 234.07 243.83 259.23 281.30
PATRON	SECO	POTENCIAL	A = 159.42 B = 0.124 r = 0.921 $F'C = 159.42 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.12$	7 14 21 28 42 63 91	202.87 221.06 232.44 240.88 253.28 266.33 278.74
PATRON	SECO	LOGARITMICA	A = 147.04 B = 28.587 r = 0.926 $F'C = 147.04 + 28.59 * \text{Ln} (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	202.67 222.48 234.07 242.30 253.89 265.48 275.99
10%-90%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 169.64 B = 1.012 r = 0.895 $F'C = 169.64 + 1.01 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	176.72 183.80 190.89 197.97 212.14 233.39 261.73
10%-90%	SECO	EXPONENCIAL	A = 171.40 B = 0.005	7 14	177.26 183.32

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			$r = 0.880$ F'C = 171.40 * exponencial (0.005* EDAD EN DIAS)	21 28 42 63 91	189.59 196.08 209.72 231.99 265.40
10%-90%	SECO	POTENCIAL	$A = 116.97$ $B = 0.169$ $r = 0.916$ F'C = 116.97 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.17	7 14 21 28 42 63 91	162.59 182.83 195.82 205.59 220.20 235.84 250.98
10%-90%	SECO	LOGARITMICA	$A = 91.58$ $B = 34.925$ $r = 0.912$ F'C = 91.58 + 34.93 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	159.54 183.75 197.91 207.95 222.11 236.28 249.12
20%-80%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	$A = 153.70$ $B = 0.710$ $r = 0.959$ F'C = 153.7 + 0.71 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	158.67 163.64 168.60 173.57 183.51 198.41 218.28
20%-80%	SECO	EXPONENCIAL	$A = 154.97$ $B = 0.004$ $r = 0.942$ F'C = 154.97 * exponencial (0.0039* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	159.23 163.60 168.08 172.70 182.30 197.73 220.34
20%-80%	SECO	POTENCIAL	$A = 113.79$ $B = 0.137$ $r = 0.983$ F'C = 113.79 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.14	7 14 21 28 42	148.45 163.20 172.49 179.41 189.63

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				63	200.43
				91	210.76
20%-80%	SECO	LOGARITMICA	A = 99.10 B= 24.448 r= 0.977 F'C = 99.10 + 24.45 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	146.68 163.62 173.54 180.57 190.48 200.40 209.39
30%-70%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 113.50 B= 0.720 r= 0.977 F'C = 113.50 + 0.72 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	118.54 123.58 128.62 133.66 143.74 158.86 179.03
30%-70%	SECO	EXPONENCIAL	A = 115.29 B= 0.005 r= 0.960 F'C = 115.29 * exponencial (0.0050* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	119.39 123.64 128.05 132.61 142.22 157.95 181.68
30%-70%	SECO	POTENCIAL	A = 78.10 B= 0.174 r= 0.986 F'C = 78.10 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.17	7 14 21 28 42 63 91	109.50 123.51 132.52 139.30 149.47 160.37 170.94
30%-70%	SECO	LOGARITMICA	A = 59.70 B= 24.326 r= 0.976 F'C = 59.70 + 24.33 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	107.04 123.90 133.77 140.76 150.63 160.49 169.44

Por los resultados obtenidos de las regresiones de los datos de laboratorio de la resistencia a la compresión de las distintas muestras (varios porcentajes de cal en reemplazo del cemento 10%, 20% y 30%), y de los modos de curado.

Se observa que la fórmula de regresión que más se ajusta a la ecuación es la que presenta el "r" más representativo: Regresión potencial de los que se obtienen los datos corregidos.

CUADRO N° 6.4.1

CURADO HUMEDO

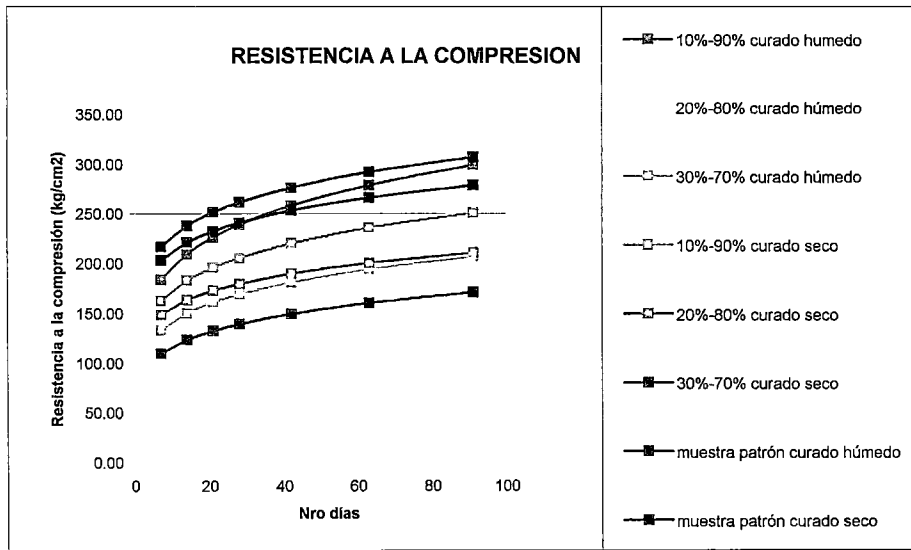
X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	216.41	183.61	144.49	133.13
14	237.87	209.53	165.37	149.97
21	251.40	226.35	178.95	160.79
28	261.46	239.10	189.26	168.94
42	276.34	258.31	204.81	181.14
63	292.05	279.05	221.63	194.21
91	307.08	299.30	238.08	206.88

CUADRO N° 6.4.2

CURADO SECO

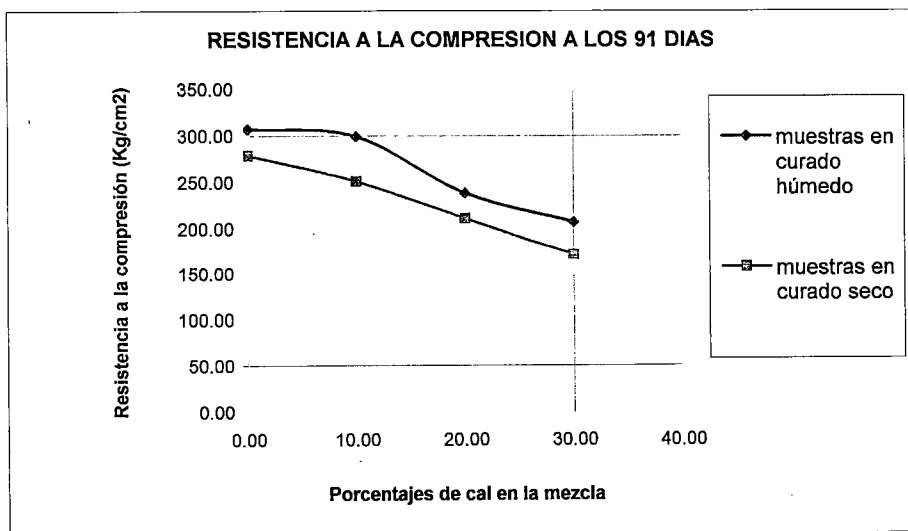
X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	202.87	162.59	148.45	109.50
14	221.06	182.83	163.20	123.51
21	232.44	195.82	172.49	132.52
28	240.88	205.59	179.41	139.30
42	253.28	220.20	189.63	149.47
63	266.33	235.84	200.43	160.37
91	278.74	250.98	210.76	170.94

GRÁFICO N° 6.3



En la gráfica 6.3 se observa que los concretos con 10% de cal en reemplazo del cemento adquirirán para edades mayores a los 91 días resistencias a la compresión iguales o superiores a la presentada para el concreto patrón. Esta se puede apreciar más notoriamente en los concretos con curado húmedo. Para los casos de los concretos con 20% y 30% de cal en reemplazo del cemento tampoco han alcanzado su resistencia máxima a la compresión, pero estos concretos no alcanzarán la resistencia a la compresión de los concretos patrones ni aún cuando transcurra 120 días.

GRÁFICO N° 6.4



En el gráfico 6.4 se puede observar la tendencia clara expuesta anteriormente. El aumento más marcado de la resistencia a la compresión ocurre en el concreto con cal en un 10% en curado húmedo.

6.2.2.- RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL

En el cuadro que se presenta continuación se muestra el cálculo de los tipos de regresiones para determinar la regresión que se ajusta mejor a la ecuación de la curva más representativa . Este cálculo es necesario para hallar una tendencia en el comportamiento de la resistencia a la tracción diametral del concreto estudiado.

CUADRO N°6.5

DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION (LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Húmedo	7	23.12	534.53	161.84	49.00	1.95	3.79	44.99	3.14	21.98	9.86	6.11
Patrón	Húmedo	14	25.07	628.50	350.98	196.00	2.64	6.96	66.16	3.22	45.10	10.38	8.50
Patrón	Húmedo	21	29.05	843.90	610.05	441.00	3.04	9.27	88.44	3.37	70.75	11.35	10.26
Patrón	Húmedo	28	31.21	974.06	873.88	784.00	3.33	11.10	104.00	3.44	96.34	11.84	11.47
Patrón	Húmedo	42	37.52	1,407.75	1,575.84	1,764.00	3.74	13.97	140.24	3.62	152.24	13.14	13.55
Patrón	Húmedo	63	38.48	1,480.71	2,424.24	3,969.00	4.14	17.17	159.43	3.65	229.96	13.32	15.12
Patrón	Húmedo	91	31.80	1,011.24	2,893.80	8,281.00	4.51	20.35	143.45	3.46	314.81	11.97	15.61
sumatoria		266	216.25	6,880.71	8,890.63	15,484.00	23.35	82.61	746.70	23.91	931.19	81.86	80.61
10%-90%	Húmedo	7	20.35	414.12	142.45	49.00	1.95	3.79	39.60	3.01	21.09	9.08	5.86
10%-90%	Húmedo	14	22.39	501.31	313.46	196.00	2.64	6.96	59.09	3.11	43.52	9.66	8.20
10%-90%	Húmedo	21	24.61	605.65	516.81	441.00	3.04	9.27	74.93	3.20	67.27	10.26	9.75
10%-90%	Húmedo	28	29.00	841.00	812.00	784.00	3.33	11.10	96.63	3.37	94.28	11.34	11.22
10%-90%	Húmedo	42	27.07	732.78	1,136.94	1,764.00	3.74	13.97	101.18	3.30	138.53	10.88	12.33
10%-90%	Húmedo	63	31.02	962.24	1,954.26	3,969.00	4.14	17.17	128.52	3.43	216.38	11.80	14.23
10%-90%	Húmedo	91	25.55	652.80	2,325.05	8,281.00	4.51	20.35	115.25	3.24	294.90	10.50	14.62
sumatoria		266	179.99	4,709.91	7,200.97	15,484.00	23.35	82.61	615.20	22.67	875.98	73.52	76.22
20%-80%	Húmedo	7	17.38	302.06	121.66	49.00	1.95	3.79	33.82	2.86	19.99	8.15	5.56
20%-80%	Húmedo	14	21.29	453.26	298.06	196.00	2.64	6.96	56.19	3.06	42.82	9.35	8.07
20%-80%	Húmedo	21	23.87	569.78	501.27	441.00	3.04	9.27	72.67	3.17	66.63	10.07	9.66
20%-80%	Húmedo	28	28.16	792.99	788.48	784.00	3.33	11.10	93.83	3.34	93.46	11.14	11.12
20%-80%	Húmedo	42	19.80	392.04	831.60	1,764.00	3.74	13.97	74.01	2.99	125.40	8.91	11.16
20%-80%	Húmedo	63	30.01	900.60	1,890.63	3,969.00	4.14	17.17	124.34	3.40	214.30	11.57	14.09
20%-80%	Húmedo	91	28.76	827.14	2,617.16	8,281.00	4.51	20.35	129.73	3.36	305.67	11.26	15.15
sumatoria		266	169.27	4,237.87	7,048.86	15,484.00	23.35	82.61	584.59	22.17	868.25	70.48	74.81
30%-70%	Húmedo	7	14.08	198.25	98.56	49.00	1.95	3.79	27.40	2.64	18.51	6.99	5.15
30%-70%	Húmedo	14	16.36	267.65	229.04	196.00	2.64	6.96	43.17	2.79	39.13	7.81	7.38
30%-70%	Húmedo	21	18.70	349.69	392.70	441.00	3.04	9.27	56.93	2.93	61.50	8.58	8.92
30%-70%	Húmedo	28	18.48	341.51	517.44	784.00	3.33	11.10	61.58	2.92	81.67	8.51	9.72
30%-70%	Húmedo	42	15.74	247.75	661.08	1,764.00	3.74	13.97	58.83	2.76	115.76	7.60	10.30
30%-70%	Húmedo	63	21.58	465.70	1,359.54	3,969.00	4.14	17.17	89.41	3.07	193.52	9.44	12.73
30%-70%	Húmedo	91	23.98	575.04	2,182.18	8,281.00	4.51	20.35	108.17	3.18	289.13	10.09	14.33
sumatoria		266	128.92	2,445.58	5,440.54	15,484.00	23.35	82.61	445.50	20.29	799.22	59.02	68.52

**DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION
(LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL**

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Seco	7	15.52	240.87	108.64	49.00	1.95	3.79	30.20	2.74	19.19	7.52	5.34
Patrón	Seco	14	17.59	309.41	246.26	196.00	2.64	6.96	46.42	2.87	40.14	8.22	7.57
Patrón	Seco	21	20.17	406.83	423.57	441.00	3.04	9.27	61.41	3.00	63.09	9.03	9.15
Patrón	Seco	28	25.98	674.96	727.44	784.00	3.33	11.10	86.57	3.26	91.21	10.61	10.85
Patrón	Seco	42	26.09	680.69	1,095.78	1,764.00	3.74	13.97	97.52	3.26	136.99	10.64	12.19
Patrón	Seco	63	28.20	795.24	1,776.60	3,969.00	4.14	17.17	116.84	3.34	210.38	11.15	13.84
Patrón	Seco	91	22.01	484.44	2,002.91	8,281.00	4.51	20.35	99.28	3.09	281.33	9.56	13.95
sumatoria		266	155.56	3,592.44	6,381.20	15,484.00	23.35	82.61	538.24	21.56	842.32	66.72	72.87
10%-90%	Seco	7	18.17	330.15	127.19	49.00	1.95	3.79	35.36	2.90	20.30	8.41	5.64
10%-90%	Seco	14	19.43	377.52	272.02	196.00	2.64	6.96	51.28	2.97	41.54	8.80	7.83
10%-90%	Seco	21	18.64	347.45	391.44	441.00	3.04	9.27	56.75	2.93	61.43	8.56	8.91
10%-90%	Seco	28	20.65	426.42	578.20	784.00	3.33	11.10	68.81	3.03	84.78	9.17	10.09
10%-90%	Seco	42	23.39	547.09	982.38	1,764.00	3.74	13.97	87.42	3.15	132.40	9.94	11.78
10%-90%	Seco	63	25.42	646.18	1,601.46	3,969.00	4.14	17.17	105.32	3.24	203.84	10.47	13.41
10%-90%	Seco	91	24.98	624.00	2,273.18	8,281.00	4.51	20.35	112.68	3.22	292.84	10.36	14.52
sumatoria		266	150.68	3,298.81	6,225.87	15,484.00	23.35	82.61	517.62	21.43	837.12	65.70	72.17
20%-80%	Seco	7	14.60	213.16	102.20	49.00	1.95	3.79	28.41	2.68	18.77	7.19	5.22
20%-80%	Seco	14	18.15	329.42	254.10	196.00	2.64	6.96	47.90	2.90	40.58	8.40	7.65
20%-80%	Seco	21	15.05	226.50	316.05	441.00	3.04	9.27	45.82	2.71	56.94	7.35	8.25
20%-80%	Seco	28	20.27	410.87	567.56	784.00	3.33	11.10	67.54	3.01	84.26	9.05	10.03
20%-80%	Seco	42	26.94	725.76	1,131.48	1,764.00	3.74	13.97	100.69	3.29	138.33	10.85	12.31
20%-80%	Seco	63	23.04	530.84	1,451.52	3,969.00	4.14	17.17	95.46	3.14	197.65	9.84	13.00
20%-80%	Seco	91	22.14	490.18	2,014.74	8,281.00	4.51	20.35	99.87	3.10	281.86	9.59	13.97
sumatoria		266	140.19	2,926.74	5,837.65	15,484.00	23.35	82.61	485.69	20.83	818.38	62.28	70.43
30%-70%	Seco	7	12.50	156.25	87.50	49.00	1.95	3.79	24.32	2.53	17.68	6.38	4.91
30%-70%	Seco	14	14.29	204.20	200.06	196.00	2.64	6.96	37.71	2.66	37.23	7.07	7.02
30%-70%	Seco	21	11.96	143.04	251.16	441.00	3.04	9.27	36.41	2.48	52.11	6.16	7.56
30%-70%	Seco	28	16.86	284.26	472.08	784.00	3.33	11.10	56.18	2.82	79.10	7.98	9.41
30%-70%	Seco	42	13.32	177.42	559.44	1,764.00	3.74	13.97	49.79	2.59	108.75	6.70	9.68
30%-70%	Seco	63	18.84	354.95	1,186.92	3,969.00	4.14	17.17	78.06	2.94	184.97	8.62	12.16
30%-70%	Seco	91	19.18	367.87	1,745.38	8,281.00	4.51	20.35	86.52	2.95	268.80	8.73	13.32
sumatoria		266	106.95	1,688.00	4,502.54	15,484.00	23.35	82.61	368.99	18.97	748.64	51.64	64.07

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 26.13 B = 0.125 r = 0.649 $F'C = 26.13 + 0.125 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	27.01 27.89 28.76 29.64 31.39 34.02 37.53
PATRON	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 25.91 B = 0.004 r = 0.666 $F'C = 25.91 * \text{exponencial}(0.004 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	26.68 27.49 28.31 29.16 30.94 33.82 38.07
PATRON	HUMEDO	POTENCIAL	A = 16.57 B = 0.182 r = 0.848 $F'C = 16.57 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.182$	7 14 21 28 42 63 91	23.62 26.79 28.85 30.40 32.73 35.24 37.69
PATRON	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 12.95 B = 5.377 r = 0.824 $F'C = 12.95 + 5.38 * \text{Ln}(EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	23.42 27.14 29.32 30.87 33.05 35.23 37.21
10%-90%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 23.16 B = 0.067 r = 0.545 $F'C = 23.16 + 0.067 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	23.63 24.10 24.57 25.04 25.98 27.39 29.28
10%-90%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 22.97 B = 0.003 r = 0.560 $F'C = 22.97 * \text{exponencial}(0.003 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63	23.41 23.87 24.33 24.80 25.76 27.28

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				91	29.45
10%-90%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 16.66 B = 0.127 r = 0.773 $F'C = 16.66 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.127$	7 14 21 28 42 63 91	21.34 23.32 24.55 25.47 26.82 28.24 29.60
10%-90%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 15.26 B = 3.134 r = 0.751 $F'C = 15.26 + 3.134 * Ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	21.36 23.53 24.80 25.70 26.97 28.24 29.39
20%-80%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 19.82 B = 0.115 r = 0.699 $F'C = 19.82 + 0.115 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	20.63 21.43 22.23 23.03 24.64 27.05 30.26
20%-80%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 19.79 B = 0.005 r = 0.686 $F'C = 19.79 * exponencial (0.005 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	20.46 21.16 21.88 22.63 24.20 26.76 30.61
20%-80%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 12.99 B = 0.181 r = 0.764 $F'C = 12.99 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.181$	7 14 21 28 42 63 91	18.47 20.93 22.52 23.72 25.53 27.47 29.36
20%-80%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 10.07 B = 4.231 r = 0.762 $F'C = 10.07 + 4.231 * Ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42	18.30 21.23 22.95 24.16 25.88

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				63 91	27.60 29.15
30%-70%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 14.59 B= 0.101 r= 0.875 $F'C = 14.59 + 0.101 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	15.29 16.00 16.70 17.41 18.82 20.94 23.76
30%-70%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 14.87 B= 0.005 r= 0.851 $F'C = 14.87 * \text{exponencial} (0.005 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	15.42 16.00 16.60 17.22 18.53 20.69 23.96
30%-70%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 10.09 B= 0.176 r= 0.844 $F'C = 10.09 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.176$	7 14 21 28 42 63 91	14.21 16.05 17.24 18.14 19.48 20.92 22.31
30%-70%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 7.48 B= 3.278 r= 0.842 $F'C = 7.48 + 3.278 * \ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	13.86 16.13 17.46 18.40 19.73 21.06 22.27

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 18.90 B= 0.087 r= 0.551 F'C = 18.90 + 0.087 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	19.51 20.13 20.74 21.35 22.57 24.41 26.86
PATRON	SECO	EXPONENCIAL	A = 18.51 B= 0.004 r= 0.573 F'C = 18.51 * exponencial (0.004* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	19.07 19.65 20.25 20.86 22.14 24.22 27.29
PATRON	SECO	POTENCIAL	A = 11.20 B= 0.199 r= 0.792 F'C = 11.20 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.199	7 14 21 28 42 63 91	16.50 18.95 20.54 21.75 23.58 25.56 27.50
PATRON	SECO	LOGARITMICA	A = 8.54 B= 4.101 r= 0.764 F'C = 8.54 + 4.101 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	16.52 19.36 21.03 22.21 23.87 25.53 27.04
10%-90%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 17.99 B= 0.093 r= 0.917 F'C = 17.99 + 0.093 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	18.64 19.29 19.94 20.60 21.90 23.85 26.46
10%-90%	SECO	EXPONENCIAL	A = 18.15 B= 0.004	7 14	18.70 19.27

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			$r = 0.912$ $F'C = 18.15 * \text{exponencial} (0.004 * \text{EDAD EN DIAS})$	21 28 42 63 91	19.85 20.45 21.71 23.75 26.76
10%-90%	SECO	POTENCIAL	$A = 13.06$ $B = 0.147$ $r = 0.930$ $F'C = 13.06 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ ELEVADO } 0.147$	7 14 21 28 42 63 91	17.39 19.26 20.45 21.33 22.64 24.04 25.38
10%-90%	SECO	LOGARITMICA	$A = 10.93$ $B = 3.177$ $r = 0.926$ $F'C = 10.93 + 3.177 * \text{Ln} (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	17.11 19.31 20.60 21.51 22.80 24.09 25.26
20%-80%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	$A = 16.42$ $B = 0.095$ $r = 0.638$ $F'C = 16.42 + 0.095 * (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	17.08 17.75 18.41 19.08 20.41 22.40 25.06
20%-80%	SECO	EXPONENCIAL	$A = 16.21$ $B = 0.005$ $r = 0.664$ $F'C = 16.21 * \text{exponencial} (0.005 * \text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	16.78 17.38 18.00 18.64 20.00 22.21 25.55
20%-80%	SECO	POTENCIAL	$A = 10.04$ $B = 0.200$ $r = 0.786$ $F'C = 10.04 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ ELEVADO } 0.20$	7 14 21 28 42	14.83 17.04 18.49 19.58 21.24

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				63	23.04
				91	24.80
20%-80%	SECO	LOGARITMICA	A = 7.24 B= 3.831 r= 0.761 $F'C = 7.24 + 3.831 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	14.70 17.36 18.91 20.01 21.57 23.12 24.53
30%-70%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 12.18 B= 0.082 r= 0.814 $F'C = 12.18 + 0.082 * (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	12.75 13.32 13.89 14.46 15.60 17.32 19.60
30%-70%	SECO	EXPONENCIAL	A = 12.35 B= 0.005 r= 0.794 $F'C = 12.35 * \text{exponencial}(0.005 * \text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	12.81 13.28 13.77 14.28 15.34 17.10 19.76
30%-70%	SECO	POTENCIAL	A = 8.65 B= 0.166 r= 0.753 $F'C = 8.65 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ELEVADO } 0.166$	7 14 21 28 42 63 91	11.94 13.39 14.32 15.02 16.06 17.18 18.26
30%-70%	SECO	LOGARITMICA	A = 6.62 B= 2.595 r= 0.765 $F'C = 6.62 + 2.595 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	11.67 13.47 14.52 15.27 16.32 17.37 18.33

Por los resultados obtenidos de las regresiones de los datos de laboratorio de la resistencia a la compresión de las distintas muestras (varios porcentajes de cal en reemplazo del cemento 10%, 20% y 30%) y de los modos de curado. Se observa que la fórmula de regresión que más se ajusta a la ecuación es la que presenta el "r" más representativo: Regresión potencial de los que se obtienen los datos corregidos.

CUADRO N° 6.6.1

CURADO HUMEDO

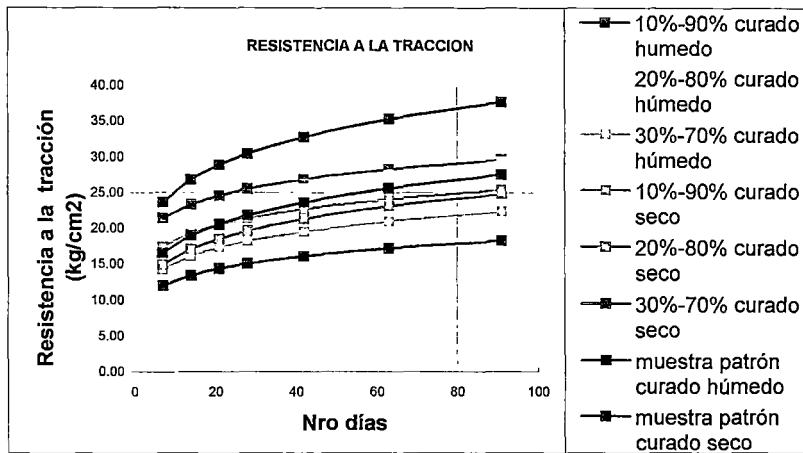
X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	23.62	21.34	18.47	14.21
14	26.79	23.32	20.93	16.05
21	28.85	24.55	22.52	17.24
28	30.40	25.47	23.72	18.14
42	32.73	26.82	25.53	19.48
63	35.24	28.24	27.47	20.92
91	37.69	29.60	29.36	22.31

CUADRO N° 6.6.2

CURADO SECO

X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	16.50	17.39	14.83	11.94
14	18.95	19.26	17.04	13.39
21	20.54	20.45	18.49	14.32
28	21.75	21.33	19.58	15.02
42	23.58	22.64	21.24	16.06
63	25.56	24.04	23.04	17.18
91	27.50	25.38	24.80	18.26

GRÁFICO N° 6.5

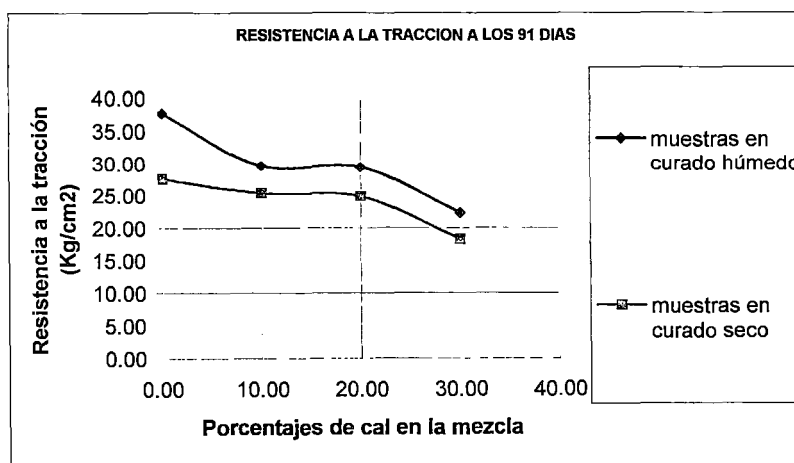


Del gráfico 6.5 se nota que la resistencia a la tracción alcanzada por las muestras patrones están por encima de las resistencias que obtienen las muestras que presentan cal ya sea en curado húmedo como en curado seco.

También se observa que el aumento de la resistencia a la tracción de las muestras que tiene 20% de cal en reemplazo del cemento se realiza de manera más ascendente, es decir, que a medida que aumente la edad de las muestras se apreciará un aumento de la resistencia a la tracción.

En las muestras con 10% y 30% de cal no se aprecia el mismo crecimiento en la resistencia, por el contrario se observa una curva más suave, por lo tanto estas muestras no alcanzarán las mayores resistencias a la tracción de las muestras que presentan cal como reemplazo parcial del cemento.

GRÁFICO N° 6.6



También se observa que las muestras que han sido curadas presentan una decreción más marcada de la resistencia a la tracción a medida que se aumenta el porcentaje de cal respecto a la curva mostrada de las muestras sin curar.

6.2.3.- RESISTENCIA A LA FLEXION

En el cuadro que se presenta continuación se muestra el cálculo de los tipos de regresiones para determinar la regresión que se ajusta mejor a la ecuación de la curva más representativa. Este cálculo es necesario para hallar una tendencia en el comportamiento de la resistencia a la flexión del concreto estudiado.

CUADRO N° 6.7

DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION (LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Húmedo	7	24.00	576.00	168.00	49.00	1.95	3.79	46.70	3.18	22.25	10.10	6.18
Patrón	Húmedo	14	26.47	700.66	370.58	196.00	2.64	6.96	89.86	3.28	45.86	10.73	8.65
Patrón	Húmedo	28	28.47	810.54	797.16	784.00	3.33	11.10	94.87	3.35	93.77	11.21	11.16
Patrón	Húmedo	42	34.67	1,202.01	1,456.14	1,764.00	3.74	13.97	129.59	3.55	148.93	12.57	13.25
Patrón	Húmedo	91	42.00	1,764.00	3,822.00	8,281.00	4.51	20.35	189.46	3.74	340.13	13.97	16.86
sumatoria		182	155.61	5,053.21	6,613.88	11,074.00	16.17	56.17	530.47	17.09	650.93	58.59	56.10
10%-90%	Húmedo	7	22.32	498.18	156.24	49.00	1.95	3.79	43.43	3.11	21.74	9.64	6.04
10%-90%	Húmedo	14	30.93	956.66	433.02	196.00	2.64	6.96	81.63	3.43	48.04	11.78	9.06
10%-90%	Húmedo	28	29.69	881.50	831.32	784.00	3.33	11.10	98.93	3.39	94.94	11.50	11.30
10%-90%	Húmedo	42	28.82	830.59	1,210.44	1,764.00	3.74	13.97	107.72	3.36	141.16	11.30	12.56
10%-90%	Húmedo	91	38.03	1,446.28	3,460.73	8,281.00	4.51	20.35	171.55	3.64	331.09	13.24	16.41
sumatoria		182	149.79	4,613.22	6,091.75	11,074.00	16.17	56.17	503.26	16.93	636.98	57.45	55.37
20%-80%	Húmedo	7	18.36	337.09	128.52	49.00	1.95	3.79	35.73	2.91	20.37	8.47	5.66
20%-80%	Húmedo	14	27.19	739.30	380.66	196.00	2.64	6.96	71.76	3.30	46.24	10.91	8.72
20%-80%	Húmedo	28	25.09	629.51	702.52	784.00	3.33	11.10	83.61	3.22	90.23	10.38	10.74
20%-80%	Húmedo	42	27.48	755.15	1,154.16	1,764.00	3.74	13.97	102.71	3.31	139.17	10.98	12.38
20%-80%	Húmedo	91	31.70	1,004.89	2,884.70	8,281.00	4.51	20.35	142.99	3.46	314.52	11.95	15.59
sumatoria		182	129.82	3,465.93	5,250.58	11,074.00	16.17	56.17	436.79	16.21	610.53	52.69	53.09
30%-70%	Húmedo	7	20.43	417.38	143.01	49.00	1.95	3.79	39.75	3.02	21.12	9.10	5.87
30%-70%	Húmedo	14	20.24	409.66	283.36	196.00	2.64	6.96	53.41	3.01	42.11	9.05	7.94
30%-70%	Húmedo	28	24.43	596.82	684.04	784.00	3.33	11.10	81.41	3.20	89.48	10.21	10.65
30%-70%	Húmedo	42	28.28	799.76	1,187.76	1,764.00	3.74	13.97	105.70	3.34	140.37	11.17	12.49
30%-70%	Húmedo	91	27.14	736.58	2,469.74	8,281.00	4.51	20.35	122.42	3.30	300.39	10.90	14.89
sumatoria		182	120.52	2,960.21	4,767.91	11,074.00	16.17	56.17	402.70	15.86	593.47	50.43	51.84

**DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION
(LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA A LA FLEXION**

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Seco	7	25.81	666.16	180.67	49.00	1.95	3.79	50.22	3.25	22.76	10.57	6.33
Patrón	Seco	14	24.62	606.14	344.68	196.00	2.64	6.96	64.97	3.20	44.85	10.26	8.45
Patrón	Seco	28	25.87	669.26	724.36	784.00	3.33	11.10	86.20	3.25	91.09	10.58	10.84
Patrón	Seco	42	30.70	942.49	1,289.40	1,764.00	3.74	13.97	114.75	3.42	143.82	11.73	12.80
Patrón	Seco	91	38.16	1,456.19	3,472.56	8,281.00	4.51	20.35	172.13	3.64	331.40	13.26	16.43
sumatoria		182	145.16	4,340.23	6,011.67	11,074.00	16.17	56.17	488.28	16.77	633.91	56.40	54.85
10%-90%	Seco	7	20.11	404.41	140.77	49.00	1.95	3.79	39.13	3.00	21.01	9.01	5.84
10%-90%	Seco	14	22.12	489.29	309.68	196.00	2.64	6.96	58.38	3.10	43.35	9.59	8.17
10%-90%	Seco	28	21.65	468.72	606.20	784.00	3.33	11.10	72.14	3.08	86.10	9.46	10.25
10%-90%	Seco	42	24.30	590.49	1,020.60	1,764.00	3.74	13.97	90.83	3.19	134.00	10.18	11.92
10%-90%	Seco	91	32.16	1,034.27	2,926.56	8,281.00	4.51	20.35	145.07	3.47	315.84	12.05	15.66
sumatoria		182	120.34	2,987.18	5,003.81	11,074.00	16.17	56.17	405.55	15.83	600.30	50.28	51.84
20%-80%	Seco	7	18.50	342.25	129.50	49.00	1.95	3.79	36.00	2.92	20.42	8.51	5.68
20%-80%	Seco	14	13.64	186.05	190.96	196.00	2.64	6.96	36.00	2.61	36.58	6.83	6.90
20%-80%	Seco	28	20.05	402.00	561.40	784.00	3.33	11.10	66.81	3.00	83.95	8.99	9.99
20%-80%	Seco	42	20.93	438.06	879.06	1,764.00	3.74	13.97	78.23	3.04	127.73	9.25	11.37
20%-80%	Seco	91	23.36	545.69	2,125.76	8,281.00	4.51	20.35	105.37	3.15	286.74	9.93	14.21
sumatoria		182	96.48	1,914.06	3,886.68	11,074.00	16.17	56.17	322.41	14.72	555.43	43.51	48.15
30%-70%	Seco	7	15.93	253.76	111.51	49.00	1.95	3.79	31.00	2.77	19.38	7.66	5.39
30%-70%	Seco	14	12.37	153.02	173.18	196.00	2.64	6.96	32.65	2.52	35.21	6.33	6.64
30%-70%	Seco	28	17.78	316.13	497.84	784.00	3.33	11.10	59.25	2.88	80.59	8.28	9.59
30%-70%	Seco	42	16.02	256.64	672.84	1,764.00	3.74	13.97	59.88	2.77	116.50	7.69	10.37
30%-70%	Seco	91	23.55	554.60	2,143.05	8,281.00	4.51	20.35	106.23	3.16	287.48	9.98	14.25
sumatoria		182	85.65	1,534.15	3,598.42	11,074.00	16.17	56.17	289.00	14.09	539.16	39.95	46.23

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 23.35 B= 0.213 r= 0.982 $F'C = 23.35 + 0.213 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	24.85 26.34 27.83 29.33 32.32 36.80 42.78
PATRON	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 24.05 B= 0.007 r= 0.969 $F'C = 24.05 * \text{exponencial} (0.007 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	25.17 26.35 27.58 28.86 31.62 36.26 43.51
PATRON	HUMEDO	POTENCIAL	A = 14.97 B= 0.220 r= 0.970 $F'C = 14.97 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.22$	7 14 21 28 42 63 91	22.97 26.75 29.25 31.16 34.06 37.24 40.38
PATRON	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 8.48 B= 7.003 r= 0.954 $F'C = 8.48 + 7.003 * \text{Ln} (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	22.11 26.96 29.80 31.82 34.65 37.49 40.07
10%-90%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 24.73 B= 0.144 r= 0.855 $F'C = 24.73 + 0.144 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	25.73 26.74 27.74 28.75 30.76 33.78 37.80
10%-90%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 24.91 B= 0.005 r= 0.819 $F'C = 24.91 * \text{exponencial} (0.0050 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	25.74 26.59 27.48 28.39 30.32 33.45 38.13

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
10%-90%	HUMEDO	POTENCIAL	$A = 17.33$ $B = 0.165$ $r = 0.856$ $F'C = 17.33 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.165$	7 14 21 28 42 63 91	23.88 26.78 28.63 30.02 32.09 34.31 36.46
10%-90%	HUMEDO	LOGARITMICA	$A = 14.26$ $B = 4.855$ $r = 0.856$ $F'C = 14.26 + 4.855 * Ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	23.71 27.07 29.04 30.44 32.41 34.38 36.16
20%-80%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	$A = 21.67$ $B = 0.118$ $r = 0.806$ $F'C = 21.67 + 0.118 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	22.49 23.32 24.15 24.97 26.62 29.10 32.41
20%-80%	HUMEDO	EXPONENCIAL	$A = 21.59$ $B = 0.005$ $r = 0.762$ $F'C = 21.59 * exponencial (0.005 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	22.30 23.04 23.80 24.58 26.23 28.92 32.94
20%-80%	HUMEDO	POTENCIAL	$A = 14.33$ $B = 0.179$ $r = 0.870$ $F'C = 14.33 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.179$	7 14 21 28 42 63 91	20.30 22.98 24.71 26.02 27.98 30.08 32.13
20%-80%	HUMEDO	LOGARITMICA	$A = 11.84$ $B = 4.369$ $r = 0.885$ $F'C = 11.84 + 4.369 * Ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	20.34 23.37 25.14 26.40 28.17 29.94 31.55

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
30%-70%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 20.99 B= 0.086 r= 0.769 $F'C = 20.99 + 0.086 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	21.59 22.19 22.79 23.38 24.58 26.38 28.78
30%-70%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 20.94 B= 0.004 r= 0.771 $F'C = 20.94 * \text{exponencial} (0.004 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	21.47 22.02 22.58 23.16 24.36 26.27 29.06
30%-70%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 15.14 B= 0.141 r= 0.893 $F'C = 15.14 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.141$	7 14 21 28 42 63 91	19.91 21.96 23.25 24.21 25.63 27.14 28.58
30%-70%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = 13.31 B= 3.339 r= 0.888 $F'C = 13.31 + 3.339 * \text{Ln} (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	19.81 22.12 23.47 24.43 25.79 27.14 28.37

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 23.08 B= 0.164 r= 0.972 F'C = 23.08 + 0.164* (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	24.22 25.37 26.51 27.66 29.95 33.38 37.96
PATRON	SECO	EXPONENCIAL	A = 23.66 B= 0.005 r= 0.967 F'C = 23.66 * exponencial (0.005* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	24.54 25.46 26.41 27.40 29.49 32.93 38.14
PATRON	SECO	POTENCIAL	A = 17.21 B= 0.158 r= 0.860 F'C = 17.21 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.158	7 14 21 28 42 63 91	23.38 26.08 27.80 29.09 31.01 33.05 35.02
PATRON	SECO	LOGARITMICA	A = 13.34 B= 4.853 r= 0.855 F'C = 13.34 + 4.853 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	22.79 26.15 28.12 29.51 31.48 33.45 35.23
10%-90%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 18.97 B= 0.140 r= 0.981 F'C = 18.97 + 0.14 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	19.95 20.93 21.91 22.89 24.85 27.80 31.72
10%-90%	SECO	EXPONENCIAL	A = 19.51 B= 0.005	7 14	20.26 21.04

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			r= 0.982 F'C = 19.51 * exponencial (0.0050* EDAD EN DIAS)	21 28 42 63 91	21.84 22.68 24.46 27.38 31.84
10%-90%	SECO	POTENCIAL	A = 13.90 B= 0.165 r= 0.894 F'C = 13.9 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.165	7 14 21 28 42 63 91	19.18 21.51 23.00 24.12 25.80 27.59 29.31
10%-90%	SECO	LOGARITMICA	A = 10.44 B= 4.215 r= 0.874 F'C = 10.44 + 4.215 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	18.64 21.56 23.27 24.49 26.19 27.90 29.45
20%-80%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 16.23 B= 0.084 r= 0.776 F'C = 16.23 + 0.084 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	16.82 17.41 18.00 18.59 19.77 21.54 23.90
20%-80%	SECO	EXPONENCIAL	A = 16.18 B= 0.004 r= 0.721 F'C = 16.18 * exponencial (0.004* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	16.69 17.21 17.75 18.31 19.47 21.36 24.16
20%-80%	SECO	POTENCIAL	A = 12.06 B= 0.141 r= 0.683 F'C = 12.06 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.141	7 14 21 28 42	15.85 17.47 18.50 19.26 20.39

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				63	21.59
				91	22.73
20%-80%	SECO	LOGARITMICA	A = 10.63 B = 2.682 F = 0.732 $F'C = 10.63 + 2.682 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	15.84 17.70 18.79 19.56 20.65 21.74 22.72
30%-70%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 13.20 B = 0.108 F = 0.881 $F'C = 13.20 + 0.108 * (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	13.95 14.71 15.47 16.22 17.74 20.00 23.03
30%-70%	SECO	EXPONENCIAL	A = 13.53 B = 0.006 F = 0.842 $F'C = 13.53 * \text{exponencial}(0.006 * \text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	14.10 14.69 15.31 15.95 17.32 19.59 23.09
30%-70%	SECO	POTENCIAL	A = 9.68 B = 0.170 F = 0.722 $F'C = 9.68 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ ELEVADO } 0.17$	7 14 21 28 42 63 91	13.47 15.15 16.23 17.04 18.26 19.56 20.82
30%-70%	SECO	LOGARITMICA	A = 7.13 B = 3.092 F = 0.747 $F'C = 7.13 + 3.092 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	13.15 15.29 16.55 17.44 18.69 19.94 21.08

Por los resultados obtenidos de las regresiones de los datos de laboratorio de la resistencia a la compresión de las distintas muestras (varios porcentajes de cal en reemplazo del cemento 10%, 20% y 30%) y de los modos de curado.

Se observa que la fórmula de regresión que más se ajusta a la ecuación es la que presenta el "r" más representativo: Mínimos cuadrados de los que se obtienen los datos corregidos.

CUADRO 6.8.1

CURADO HUMEDO

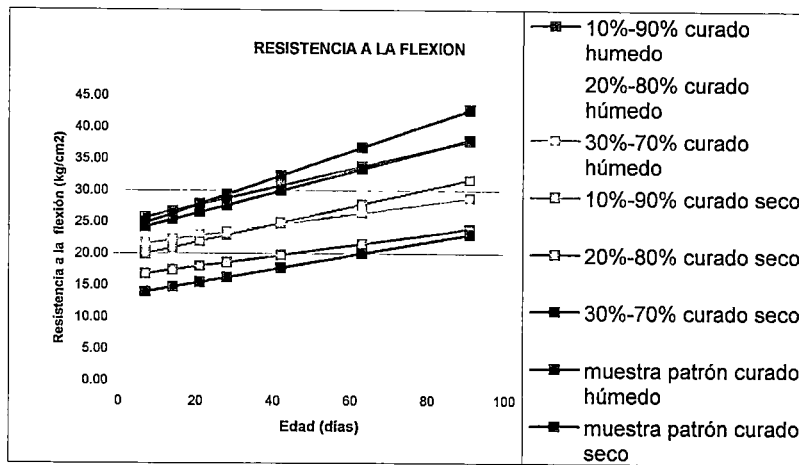
X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	24.85	25.73	22.49	21.59
14	26.34	26.74	23.32	22.19
21	27.83	27.74	24.15	22.79
28	29.33	28.75	24.97	23.38
42	32.32	30.76	26.62	24.58
63	36.80	33.78	29.10	26.38
91	42.78	37.80	32.41	28.78

CUADRO 6.8.2

CURADO SECO

X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	24.22	19.95	16.82	13.95
14	25.37	20.93	17.41	14.71
21	26.51	21.91	18.00	15.47
28	27.66	22.89	18.59	16.22
42	29.95	24.85	19.77	17.74
63	33.38	27.80	21.54	20.00
91	37.96	31.72	23.90	23.03

GRÁFICO 6.7

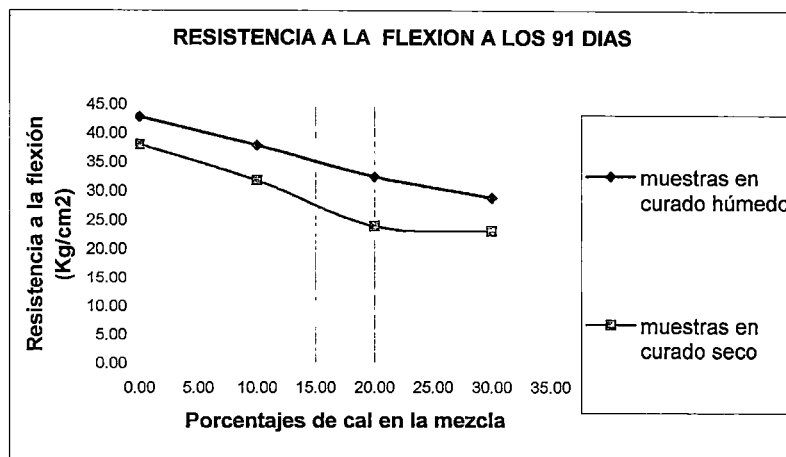


Se puede notar del gráfico 6.7 que las muestras en curado húmedo presentan un crecimiento de la resistencia a la flexión vs la edad de manera más paulatina que la muestra patrón en curado húmedo.

La muestra con 10% de cal en reemplazo del cemento presenta una resistencia inicial a la flexión mayor que la muestra patrón en curado húmedo.

Las muestras con cal en curado seco muestran la misma tendencia de ascenso que la muestra patrón en curado seco. Sin embargo se denota en estas curvas que ninguna de las muestras con cal llegarán a obtener la resistencia a la flexión que poseen las muestras patrones.

GRÁFICO 6.8



Se muestra en el gráfico 6.8 que a medida que aumenta el porcentaje de cal en reemplazo del cemento en el concreto la resistencia disminuye. Estos datos son los que corresponden a una edad de 91 días. En el caso de la gráfica de las muestras en curado húmedo se verifica una relación en los resultados, sin embargo en las muestras en curado seco se puede observar que cuando presenta 20% de cal en reemplazo del cemento se produce la menor resistencia a la flexión.

6.2.4 MODULO ELASTICO

Se detalla el presente cuadro comparativo con variaciones porcentuales de las diversas muestras y dos sistemas de curado.

CUADRO N° 6.9

Descripción	Tipo de Curado	7 días	28 días	63 días
Patrón	Húmedo	100	100	100
10%-90%	Húmedo	120.99	76.87	77.75
20%-80%	Húmedo	144.34	97.18	120.52
30%-70%	Húmedo	89.54	76.48	63.22
Patrón	Seco	100	100	100
10%-90%	Seco	140.11	64.32	164.59
20%-80%	Seco	119.01	60.70	134.02
30%-70%	Seco	106.32	66.59	109.14

En el caso de curado húmedo, el que obtiene mayor módulo elástico estático es el de 20%-80% y los demás están por debajo del resultado de la muestra patrón a los 63 días.

En el caso de curado seco, todos obtienen mayor módulo elástico estático a los 63 días.

En base a los resultados obtenidos se deduce que la cal no permite que el concreto presente mayores deformaciones antes de la rotura.

En este caso no se ha realizado una aproximación de la grafica debido a que no tenemos la cantidad suficiente de datos para realizar una regresión. Por tipo de muestra sólo se tiene 1 o 2 datos de laboratorio como máximo.

6.2.5 PERMEABILIDAD

Se observa que la permeabilidad de la muestra disminuye con la adición de cal hasta el de 20%-80% cuando se sobrepasa esta cantidad de cal en reemplazo del cemento obtenemos que la permeabilidad ya es mayor a la de la muestra patrón.

Cuadro Porcentual de las Constante de Permeabilidad de las Diversas Muestras**CUADRO N° 6.10**

Descripción de Muestra	Coficiente de Permeabilidad Promedio %
Muestra Patrón	100
10% - 90%	31.49
20% - 80%	52.10
30% - 70%	172.17

La consecuencia de disminuir la permeabilidad del concreto con la presencia de la cal es porque al ser un material fino que unifica la mezcla hace que estas partículas se introduzcan en los espacios vacíos que pueda presentar el concreto dificultando por lo tanto el paso de líquidos al interior del concreto.

6.2.6 RETRACCION

De acuerdo a los resultados mostrados en el capítulo 5 del presente estudio se observa que el concreto patrón posee variaciones de volumen menores a los concretos que presentan cal como un reemplazo del cemento. Pero las diferencias entre las muestras patrones y las que poseen cal se podría tomar como no significativas.

Con respecto al volumen inicial:

- En las muestra patrón los rangos de variación son de 99% a 101%.
- En las muestras con 10% de cal en reemplazo del cemento 96.50% a 101.50%.
- En las muestras con 20% de cal en reemplazo del cemento 96.8% a 100%.
- En las muestras con 30% de cal en reemplazo del cemento 93% a 100%.

6.2.7.- ENSAYO DE IMPACTO

En el cuadro que se presenta continuación se muestra el cálculo de los tipos de regresiones para determinar la regresión que se ajusta mejor a la ecuación de la curva más representativa . Este cálculo es necesario para hallar una tendencia en el comportamiento de la resistencia al impacto del concreto estudiado.

CUADRO N° 6.11

**DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION (LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA AL IMPACTO**

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Húmedo	7	21.00	441.00	147.00	49.00	1.95	3.79	40.86	3.04	21.31	9.27	5.92
Patrón	Húmedo	14	23.00	529.00	322.00	196.00	2.64	6.96	60.70	3.14	43.90	9.83	8.27
Patrón	Húmedo	21	46.00	2,116.00	966.00	441.00	3.04	9.27	140.05	3.83	80.40	14.66	11.66
Patrón	Húmedo	28	52.00	2,704.00	1,456.00	784.00	3.33	11.10	173.27	3.95	110.63	15.61	13.17
Patrón	Húmedo	42	61.00	3,721.00	2,562.00	1,764.00	3.74	13.97	228.00	4.11	172.66	16.90	15.37
sumatoria		112	203.00	9,511.00	5,453.00	3,234.00	14.70	45.09	642.88	18.07	428.90	66.27	54.39
10%-90%	Húmedo	7	9.00	81.00	63.00	49.00	1.95	3.79	17.51	2.20	15.38	4.83	4.28
10%-90%	Húmedo	14	14.00	196.00	196.00	196.00	2.64	6.96	36.95	2.64	36.95	6.96	6.96
10%-90%	Húmedo	21	15.00	225.00	315.00	441.00	3.04	9.27	45.67	2.71	56.87	7.33	8.24
10%-90%	Húmedo	28	23.00	529.00	644.00	784.00	3.33	11.10	76.64	3.14	87.79	9.83	10.45
10%-90%	Húmedo	42	29.00	841.00	1,218.00	1,764.00	3.74	13.97	108.39	3.37	141.43	11.34	12.59
sumatoria		112	90.00	1,872.00	2,436.00	3,234.00	14.70	45.09	285.16	14.05	338.42	40.30	42.52
20%-80%	Húmedo	7	6.00	36.00	42.00	49.00	1.95	3.79	11.68	1.79	12.54	3.21	3.49
20%-80%	Húmedo	14	17.00	289.00	238.00	196.00	2.64	6.96	44.86	2.83	39.66	8.03	7.48
20%-80%	Húmedo	21	27.00	729.00	567.00	441.00	3.04	9.27	82.20	3.30	69.21	10.86	10.03
20%-80%	Húmedo	28	29.00	841.00	812.00	784.00	3.33	11.10	96.63	3.37	94.28	11.34	11.22
20%-80%	Húmedo	42	37.00	1,369.00	1,554.00	1,764.00	3.74	13.97	138.29	3.61	151.66	13.04	13.50
sumatoria		112	116.00	3,264.00	3,213.00	3,234.00	14.70	45.09	373.67	14.90	367.36	46.48	45.71
30%-70%	Húmedo	7	6.00	36.00	42.00	49.00	1.95	3.79	11.68	1.79	12.54	3.21	3.49
30%-70%	Húmedo	14	8.00	64.00	112.00	196.00	2.64	6.96	21.12	1.79	25.08	3.21	4.73
30%-70%	Húmedo	21	14.00	196.00	252.00	441.00	3.04	9.27	42.62	2.64	55.42	6.96	8.03
30%-70%	Húmedo	28	20.00	400.00	560.00	784.00	3.33	11.10	66.64	3.00	83.88	8.97	9.98
30%-70%	Húmedo	42	29.00	841.00	1,218.00	1,764.00	3.74	13.97	108.39	3.37	141.43	11.34	12.59
sumatoria		112	75.00	1,509.00	2,198.00	3,234.00	14.70	45.09	245.17	12.59	318.35	33.70	38.82

**DATOS PARA CALCULOS DE REGRESION
(LINEAL, EXPONENCIAL, POTENCIAL Y LOGARITMICA)
CURVA DE RESISTENCIA AL IMPACTO**

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO MUESTRA	TIPO CURADO	X EDAD	Y f _c	Y ²	X*Y	X ²	Ln X	(LnX) ²	Y*LnX	LnY	X*LnY	(LnY) ²	LnX*LnY
Patrón	Seco	7	5.00	25.00	35.00	49.00	1.95	3.79	9.73	1.61	11.27	2.59	3.13
Patrón	Seco	14	6.00	36.00	84.00	196.00	2.64	6.96	15.83	1.79	25.08	3.21	4.73
Patrón	Seco	21	13.00	169.00	273.00	441.00	3.04	9.27	39.58	2.56	53.86	6.58	7.81
Patrón	Seco	28	16.00	256.00	448.00	784.00	3.33	11.10	53.32	2.77	77.63	7.69	9.24
Patrón	Seco	42	18.00	324.00	756.00	1,764.00	3.74	13.97	67.28	2.89	121.40	8.35	10.80
sumatoria		112	58.00	810.00	1,596.00	3,234.00	14.70	45.09	185.74	11.63	289.24	28.42	35.71
10%-90%	Seco	7	7.00	49.00	49.00	49.00	1.95	3.79	13.62	1.95	13.62	3.79	3.79
10%-90%	Seco	14	8.00	64.00	112.00	196.00	2.64	6.96	21.11	2.08	29.11	4.32	5.49
10%-90%	Seco	21	11.00	121.00	231.00	441.00	3.04	9.27	33.49	2.40	50.36	5.75	7.30
10%-90%	Seco	28	12.00	144.00	336.00	784.00	3.33	11.10	39.99	2.48	69.58	6.17	8.28
10%-90%	Seco	42	13.00	169.00	546.00	1,764.00	3.74	13.97	48.59	2.56	107.73	6.58	9.59
sumatoria		112	51.00	547.00	1,274.00	3,234.00	14.70	45.09	156.80	11.47	270.39	26.61	34.44
20%-80%	Seco	7	5.00	25.00	35.00	49.00	1.95	3.79	9.73	1.61	11.27	2.59	3.13
20%-80%	Seco	14	6.00	36.00	84.00	196.00	2.64	6.96	15.83	1.79	25.08	3.21	4.73
20%-80%	Seco	21	9.00	81.00	189.00	441.00	3.04	9.27	27.40	2.20	46.14	4.83	6.69
20%-80%	Seco	28	11.00	121.00	308.00	784.00	3.33	11.10	36.65	2.40	67.14	5.75	7.99
20%-80%	Seco	42	13.00	169.00	546.00	1,764.00	3.74	13.97	48.59	2.56	107.73	6.58	9.59
sumatoria		112	44.00	432.00	1,162.00	3,234.00	14.70	45.09	138.21	10.56	257.36	22.96	32.13
30%-70%	Seco	7	4.00	16.00	28.00	49.00	1.95	3.79	7.78	1.39	9.70	1.92	2.70
30%-70%	Seco	14	5.00	25.00	70.00	196.00	2.64	6.96	13.20	1.61	22.53	2.59	4.25
30%-70%	Seco	21	7.00	49.00	147.00	441.00	3.04	9.27	21.31	1.95	40.86	3.79	5.92
30%-70%	Seco	28	7.00	49.00	196.00	784.00	3.33	11.10	23.33	1.95	54.49	3.79	6.48
30%-70%	Seco	42	7.00	49.00	294.00	1,764.00	3.74	13.97	26.16	1.95	81.73	3.79	7.27
sumatoria		112	30.00	188.00	735.00	3,234.00	14.70	45.09	91.78	8.83	209.31	15.87	26.63

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 12.62 B= 1.249 r= 0.944 $F'C = 12.62 + 1.249 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	21.36 30.11 38.85 47.59 65.08 91.31 126.28
PATRON	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 17.62 B= 0.033 r= 0.914 $F'C = 17.62 * \text{exponencial} (0.0033 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	22.24 28.07 35.43 44.72 71.23 143.21 363.37
PATRON	HUMEDO	POTENCIAL	A = 5.16 B= 0.671 r= 0.939 $F'C = 5.16 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.671$	7 14 21 28 42 63 91	19.05 30.34 39.82 48.30 63.40 83.21 106.50
PATRON	HUMEDO	LOGARITMICA	A = -31.48 B= 24.518 r= 0.944 $F'C = -31.48 + 24.518 * \text{Ln} (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	16.23 33.22 43.17 50.22 60.16 70.10 79.12
10%-90%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 5.03 B= 0.579 r= 0.982 $F'C = 5.03 + 0.579 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	9.08 13.14 17.19 21.24 29.35 41.51 57.73
10%-90%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 7.97 B= 0.033 r= 0.968	7 14 21	10.02 12.61 15.86

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
			F'C = 7.97 * exponencial (0.033* EDAD EN DIAS)	28 42 63 91	19.94 31.55 62.78 157.13
10%-90%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 2.45 B= 0.650 r= 0.977 F'C = 2.45 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.650	7 14 21 28 42 63 91	8.70 13.65 17.77 21.42 27.89 36.30 46.10
10%-90%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = -14.17 B= 10.944 r= 0.945 F'C = -14.17 + 10.944 * Ln (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	7.12 14.71 19.15 22.29 26.73 31.17 35.19
20%-80%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = 4.22 B= 0.847 r= 0.954 F'C = 4.22 + 0.847 * (EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	10.15 16.08 22.01 27.95 39.81 57.61 81.34
20%-80%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 6.97 B= 0.046 r= 0.865 F'C = 6.97 * exponencial (0.046* EDAD EN DIAS)	7 14 21 28 42 63 91	9.64 13.33 18.45 25.52 48.84 129.32 473.67
20%-80%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 0.99 B= 1.018 r= 0.967 F'C = 0.99 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 1.018	7 14 21 28 42 63 91	7.16 14.49 21.90 29.35 44.34 67.00 97.42

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
20%-80%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = -27.85 B= 17.366 r= 0.995 $F'C = -27.85 + 17.366 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	5.94 17.98 25.02 30.01 37.05 44.10 50.48
30%-70%	HUMEDO	MINIMOS CUADRADOS	A = -1.00 B= 0.714 r= 0.982 $F'C = -1 + 0.714 * (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	4.00 9.00 14.00 19.00 29.00 44.00 64.00
30%-70%	HUMEDO	EXPONENCIAL	A = 4.02 B= 0.050 r= 0.952 $F'C = 4.02 * \text{exponencial}(0.05 * \text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	5.72 8.13 11.55 16.42 33.18 95.30 389.09
30%-70%	HUMEDO	POTENCIAL	A = 0.72 B= 0.967 r= 0.933 $F'C = 0.72 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ ELEVADO } 0.967$	7 14 21 28 42 63 91	4.74 9.26 13.71 18.11 26.81 39.68 56.62
30%-70%	HUMEDO	LOGARITMICA	A = -23.60 B= 13.129 r= 0.919 $F'C = -23.60 + 13.129 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	1.95 11.05 16.37 20.15 25.47 30.80 35.62

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
PATRON	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 2.43 B= 0.409 r= 0.941 $F'C = 2.43 + 0.409 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	5.30 8.16 11.03 13.89 19.62 28.22 39.68
PATRON	SECO	EXPONENCIAL	A = 4.21 B= 0.040 r= 0.911 $F'C = 4.21 * \text{exponencial} (0.004 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	5.56 7.34 9.68 12.78 22.26 51.18 155.32
PATRON	SECO	POTENCIAL	A = 0.94 B= 0.810 r= 0.948 $F'C = 0.94 * (EDAD EN DIAS) \text{ ELEVADO } 0.81$	7 14 21 28 42 63 91	4.57 8.02 11.14 14.07 19.54 27.14 36.58
PATRON	SECO	LOGARITMICA	A = -12.21 B= 8.098 r= 0.948 $F'C = -12.21 + 8.098 * \text{Ln} (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	3.55 9.16 12.45 14.78 18.06 21.34 24.32
10%-90%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 6.14 B= 0.181 r= 0.944 $F'C = 6.14 + 0.181 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	7.41 8.68 9.95 11.22 13.76 17.57 22.65
10%-90%	SECO	EXPONENCIAL	A = 6.56 B= 0.018 r= 0.927 $F'C = 6.56 * \text{exponencial} (0.018 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42	7.46 8.49 9.67 11.00 14.25

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'C)
				63	21.00
				91	35.23
10%-90%	SECO	POTENCIAL	A = 3.26 B= 0.379 r= 0.969 $F'C = 3.26 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.379$	7 14 21 28 42 63 91	6.81 8.85 10.32 11.51 13.42 15.65 17.99
10%-90%	SECO	LOGARITMICA	A = -0.54 B= 3.653 r= 0.967 $F'C = -0.54 + 3.653 * Ln (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	6.57 9.10 10.58 11.63 13.11 14.60 15.94
20%-80%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 3.35 B= 0.243 r= 0.979 $F'C = 3.35 + 0.243 * (EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	5.05 6.76 8.46 10.16 13.57 18.68 25.49
20%-80%	SECO	EXPONENCIAL	A = 4.35 B= 0.029 r= 0.958 $F'C = 4.35 * exponencial (0.029 * EDAD EN DIAS)$	7 14 21 28 42 63 91	5.32 6.50 7.94 9.71 14.50 26.47 59.07
20%-80%	SECO	POTENCIAL	A = 1.53 B= 0.574 r= 0.976 $F'C = 1.53 * (EDAD EN DIAS) ELEVADO 0.574$	7 14 21 28 42 63 91	4.67 6.96 8.78 10.35 13.06 16.49 20.36
20%-80%	SECO	LOGARITMICA	A = -5.05 B= 4.710 r= 0.965	7 14 21	4.12 7.38 9.29

MUESTRAS EN CURADO SECO

TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CURADO	TIPO DE ECUACION DE AJUSTE	ECUACION DE AJUSTE	X (EDAD)	Y (F'c)
			$F'c = -5.05 + 4.71 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	28 42 63 91	10.65 12.56 14.47 16.20
30%-70%	SECO	MINIMOS CUADRADOS	A = 4.05 B = 0.087 r = 0.827 $F'c = 4.05 + 0.087 * (\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	4.66 5.27 5.88 6.49 7.70 9.53 11.96
30%-70%	SECO	EXPONENCIAL	A = 4.11 B = 0.016 r = 0.824 $F'c = 4.11 * \text{exponencial}(0.016 * \text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	4.59 5.13 5.72 6.39 7.97 11.11 17.28
30%-70%	SECO	POTENCIAL	A = 2.09 B = 0.350 r = 0.930 $F'c = 2.09 * (\text{EDAD EN DIAS}) \text{ ELEVADO } 0.35$	7 14 21 28 42 63 91	4.13 5.27 6.07 6.71 7.73 8.91 10.14
30%-70%	SECO	LOGARITMICA	A = 0.40 B = 1.906 r = 0.924 $F'c = 0.40 + 1.906 * \ln(\text{EDAD EN DIAS})$	7 14 21 28 42 63 91	4.11 5.43 6.20 6.75 7.52 8.29 8.99

Por los resultados obtenidos de las regresiones de los datos de laboratorio de la resistencia a la compresión de las distintas muestras (varios porcentajes de cal en reemplazo del cemento 10%, 20% y 30%) y de los modos de curado. Se observa que la fórmula de regresión que más se ajusta a la ecuación es la que presenta el "r" más representativo: Regresión potencial de los que se obtienen los datos corregidos.

CUADRO N°6.11.1

CURADO HUMEDO

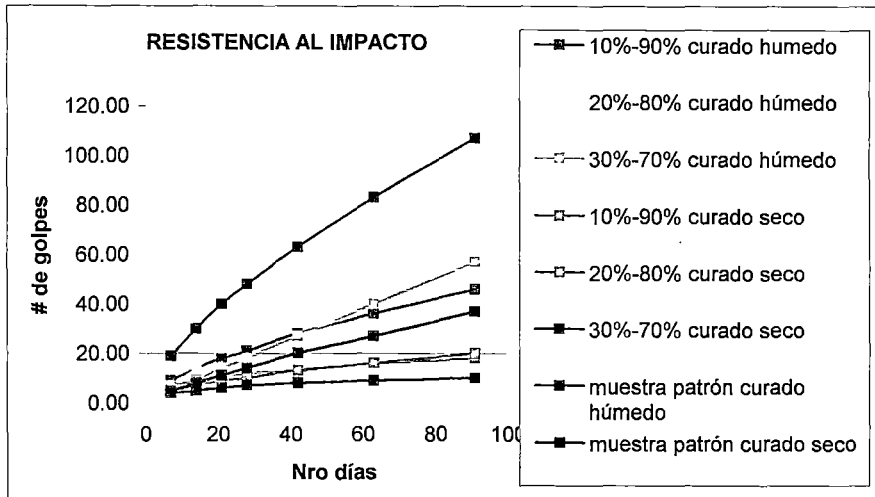
X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	19.00	9.00	7.00	5.00
14	30.00	14.00	14.00	9.00
21	40.00	18.00	22.00	14.00
28	48.00	21.00	29.00	18.00
42	63.00	28.00	44.00	27.00
63	83.00	36.00	67.00	40.00
91	107.00	46.00	97.00	57.00

CUADRO N°6.11.2

CURADO SECO

X (DÍAS) EDAD	PATRON Y CORREG (F'C Kg/cm²)	10%-90% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	20%-80% Y CORREG (F'C Kg/cm²)	30%-70% Y CORREG (F'C Kg/cm²)
7	5.00	7.00	5.00	4.00
14	8.00	9.00	7.00	5.00
21	11.00	10.00	9.00	6.00
28	14.00	12.00	10.00	7.00
42	20.00	13.00	13.00	8.00
63	27.00	16.00	16.00	9.00
91	37.00	18.00	20.00	10.00

GRÁFICO N°6.9

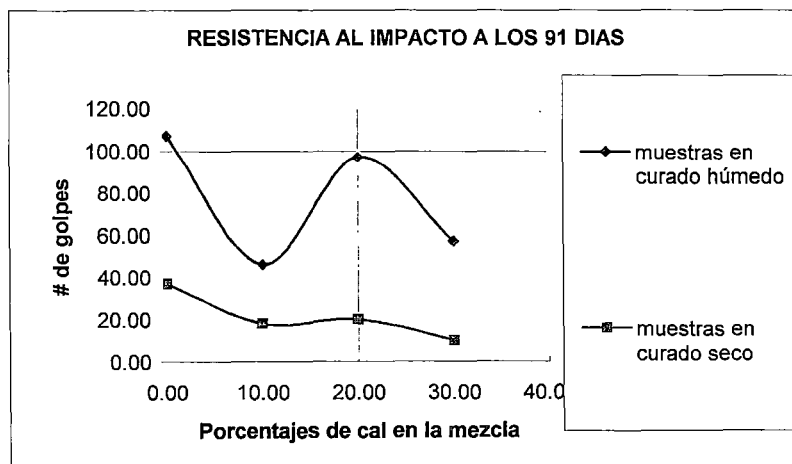


Se observa que la muestra con 20% de cal en curado húmedo después de los 91 días igualará o sobrepasará el valor de resistencia al impacto de la muestra patrón en curado húmedo.

También se denota que la tendencia de aumento de resistencia al impacto de muestras con 10% de cal es menor a las muestras con 30% de cal en curado húmedo sin llegar estas a igualar la resistencia al impacto de la muestra patrón.

En el caso de las muestras en curado seco, las que contienen cal presentan un aumento muy paulatino de la resistencia al impacto que tampoco igualarán a la resistencia al impacto de la muestra patrón en curado seco.

GRÁFICO N°6.10



En la propiedad de resistencia al impacto del concreto se denota que las menores valores se obtienen cuando el concreto posee 10% de cal en reemplazo del cemento.

6.2.8 CORROSION A LOS SULFATOS

Cuando se realizó el presente ensayo se observó :

- Engrosamientos de los poros del concreto y deformaciones en la superficie de las todas las muestras.
- En la muestra 30%-70% se produce más rápidamente despostillamiento en las esquinas y aparición de manchas blancas y formación de escamas.
- En las muestras patrones y con 20% de cal se observó que las muestras se hicieron más permeables (engrosamiento de poros) como consecuencia de la acción del sulfato de magnesio.

CAPITULO VII

COSTOS COMPARATIVOS

En el presente estudio se realiza el análisis de costos comparativos teniendo en cuenta que los materiales se encuentran en Lima.

A continuación se muestra un cuadro de precios considerados para la elaboración del análisis de costos unitarios. Estos precios son considerando que los insumos se encuentran en Lima.

Materiales	Unidades	Precio Unitario (S/.)
Cemento Sol Tipo I	Bolsa	13.98
Arena Gruesa Trapiche	m ³	16.95
Piedra Chancada La Gloria	m ³	39.85
Cal Viva	Bolsa (50 kg)	13.98

Nota : Los Precios han sido tomados como referencia de la Revista Costos del mes de Enero del 2002 y se ha considerado como tipo de cambio S/. 3.50. Estos precios NO INCLUYEN IGV

COSTO POR 1 m³ DE CONCRETO
FABRICADO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLAS

Tipo de Mezcla	Relación agua/aglomer.	COSTO DE CONCRETO POR m ³										% RESPECTO AL PATRON
		Cemento		Cal		Arena		Piedra		Total (S/m ³)	DIFERENCIA (S/m ³)	
		peso kg	Costo S/.	peso kg	Costo S/.	peso kg	Costo S/.	peso kg	Costo S/.			
PATRON	0.65	300.00	98.68	0.00	0.00	950.35	9.61	950.70	23.79	132.08	0.00	100.00%
10%-90%	0.65	268.70	88.39	31.30	8.75	948.09	9.58	951.06	23.80	130.52	1.56	98.82%
20%-80%	0.65	238.85	78.57	61.15	17.10	948.09	9.58	951.06	23.80	129.05	3.03	97.71%
30%-70%	0.65	208.99	68.75	91.00	25.44	948.09	9.58	951.06	23.80	127.57	4.51	96.59%

Asumiendo lo siguiente :

- La mano de obra que se necesita para la adición de cal en reemplazo parcial del cemento no es especializada. Por lo tanto no es necesaria la capacitación del personal obrero para poder aplicarlo en nuestra realidad.

El rendimiento del personal obrero en producción de concretos con cal debe ser la misma que con el concreto patrón.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GENERALIDADES

La presente tesis tiene como objetivo el estudio de los efectos de la adición de la cal en el comportamiento del concreto tanto en el fresco, como en el endurecido en curado húmedo y/o seco, hasta un máximo de 91 días.

Las relaciones de cal-cemento a ensayar fueron: 10%-90%, 20 %-80% y 30%-70%. Se usó cemento Portland Tipo I-Sol, fabricado por Cemento Lima SA.

A continuación se muestra un cuadro comparativo, en el cual se puede observar los resultados de la investigación.

PROPIEDAD	OBSERVACION	MEZCLA PATRÓN	MEZCLA (CAL-CEM) 10%-90%	MEZCLA (CAL-CEM) 20%-80%	MEZCLA (CAL-CEM) 30%-70%
Asentamiento		31/2"	21/2"	2"	11/2"
Fluidez		100%	80.4%	69.32%	63.35%
Exudación		100%	65.67%	52.04%	51.44%
Peso unitario		No hay variación significativa	No hay variación significativa	No hay variación significativa	No hay variación significativa
Contenido de aire		100%	137.22%	159.12%	234.30%
Tiempo de fragua		100%	107.36%	Mayor que 10%-90%	Mayor que 20%-80%
Resistencia a la compresión	Curado húmedo	Posee valores máximos	Tiene tendencia a ascenso	No alcanzará valores patrones	No alcanzará valores patrones
Resistencia a la compresión	Curado seco	Posee valores máximos	Tiene tendencia a ascenso	No alcanzará valores patrones	No alcanzará valores patrones
Resistencia a tracción diametral	Curado húmedo	Posee los valores mayores	No alcanzará valores de patrón	No alcanzará valores patrones	No alcanzará valores patrones
Resistencia a	Curado seco	Posee los	No alcanzará	No alcanzará	No alcanzará

tracción diametral		valores mayores	válcores de patrón	valores patrones	valores patrones
Resistencia a la flexión	Curado húmedo	Posee los valores mayores	No alcanzará valores de patrón	No alcanzará valores patrones	No alcanzará valores patrones
Resistencia a la flexión	Curado seco	Posee los valores mayores	No alcanzará valores de patrón	No alcanzará valores patrones	No alcanzará valores patrones
Permeabilidad	Curado húmedo	Posee los valores mayores	Menor que patrón	Menor que mezcla patrón	Mayor que patrón
Retracción		Posee las menores diferencias de volumen	Mayor que patrón	Mayor que patrón	Mayor que patrón
Resistencia al impacto	Curado húmedo	Valores de resistencias iniciales mayores	Con el tiempo alcanzará valores similares o mayores a patrón	Menor que mezcla patrón	Menor que mezcla patrón
Resistencia a la corrosión			Posee mayor resistencia a la corrosión que patrón	Resistencia a la corrosión similar a patrón	Menor resistencia a corrosión que patrón

Luego de obtener los resultados arriba mencionados, se permite señalar lo siguiente:

CONCLUSIONES:

- De acuerdo al uso que se le da al concreto se puede deducir que el concreto de baja resistencia adicionado con cal que posee mejores propiedades es el que posee 20% de cal en reemplazo del cemento debido a que se mejora la propiedad de permeabilidad, resistencia a la corrosión y aumenta el contenido de aire del concreto. A este concreto se le podría dar un buen uso en cimentaciones. Sólo presenta la restricción de no utilizarlo en cimentaciones que van a presentar vibraciones debido a que la resistencia al impacto disminuye considerablemente.
- Se puede deducir que la mejor combinación es cal-cemento: 10%-90% debido a que es una mezcla más trabajable, disminuye notoriamente la exudación y esta conclusión es

muy útil para poder conseguir un concreto de mejor uso estructural, es más liviano sin producir una disminución en su resistencia a la compresión. El comportamiento descrito es para concreto con 10% de cal en reemplazo del cemento y curado en agua.

- La utilización de la cal es beneficiosa en el concreto porque disminuye la exudación, permite un mayor tiempo de traslado en la mezcla, haciéndola más trabajable y de mayor durabilidad, sin restarle resistencia a la compresión.
- Es muy importante tener presente que para mejoras de propiedades físicas del concreto tan solo se debe reemplazar cal por cemento en un rango de porcentaje de 0 a 20% en esta Tesis se determina un 10% como óptimo.
- De **acuerdo** a lo obtenido en los ensayos la trabajabilidad del concreto con cal aumenta con 10% y 20% y llegando a ser una mezcla seca cuando se le añade 30% de cal en reemplazo del cemento. Se puede observar que la trabajabilidad de los concretos con cal aumenta aún teniendo menores asentamientos que en el concreto patrón.
- Al brindar la cal al concreto los finos de los que carece la arena, se logra una mezcla más consistente y disminuyendo el asentamiento, por lo cual ésta puede ser utilizada en acabados, por ser más trabajable que el concreto patrón.
- Debido a que la cal incorpora aire a la mezcla, retardando, por lo tanto el proceso del fraguado, resulta positiva su utilización de climas cálidos y con cambios bruscos de temperatura.
- Como se ha observado el concreto con cal hace que se retarde el tiempo de fraguado debido a que la cal acomoda mejor las partículas en la mezcla haciendo que se produzca lentamente el calor de hidratación. Esta propiedad también se puede aprovechar para cuando se realizan vacados masivos, para evitar que se creen juntas frías de canales, represas, etc
- En zonas de climas fríos propensos a congelamiento se puede utilizar la alternativa del uso de concretos con cal pero en mayores proporciones para poder obtener de 5% a 7% de aire incorporado que se necesita. Pero se debe tomar en cuenta que se ajusta al diseño de mezclas debido a la disminución de las resistencias que originan del aumento de % de aire incorporado.

- Es factible usar concretos con cal en cimentaciones debido a que la mezcla es más impermeable que el patrón y con mayor resistencia la acción de los sulfatos y soluciones dañinas que pudiese presentar el terreno al cual podría estar expuesto el concreto.
- De estos datos se pueden deducir que la temperatura ambiente influye enormemente en los resultados. Esto ha sido observado en todo el trabajo de investigación debido a que los tiempos de fraguado aumentan conforme se incrementa mayor cantidad de cal en las mezclas de concreto. En estos resultados se debería hacer una corrección por temperatura para obtener resultados acorde con lo observado en el desencofrado de muestras.
- A pesar que el análisis de costos no refleja aparentemente un ahorro económico significativo (s/ 1.56) en la utilización de concretos con cal en un 10%, es necesario incidir en el beneficio que su aplicación produce en la mejora de las propiedades físicas del concreto en el estado fresco como al endurecido.

RECOMENDACIONES :

- Si se fomentara la utilización masiva de la cal en las provincias del interior del país se desarrollaría una actividad económica en ellas, ya que permitirían aprovechar los materiales propios de cada región, disminuyendo por lo tanto el costo de producción y al mismo tiempo facilitaría la logística de las obras en provincias.
- Dentro del fomento del uso de materiales naturales en el interior del país no sería necesario realizar una capacitación del personal debido a que lo único que se debe realizar es una mixtura entre el cemento y la cal antes de añadirlo a la mezcla de componentes del concreto.
- Recomiendo ahondar las investigaciones de concretos o mezclas en las que presente como aglomerantes a productos disponibles en el mercado nacional como cal, debido a que estas pueden realizar un mejor trabajo añadidos al aglomerante conocido que es el cemento.

- Existiendo en el Perú una gran variedad de pequeños y medianos productores de cal es recomendable realizar estudios de calidad de producción como de standardizar procesos.
- Debe continuarse con las investigaciones para el fomento de uso de material locales como reemplazo del cemento e identificar productos naturales que puedan reemplazar a los aditivos convencionales: reductores de agua, plastificantes e incorporadores de aire.
- No es recomendable el uso de cales en concretos que necesitan tener un buen comportamiento de tracción diametral, flexión y módulo elástico. En este caso es recomendable el uso de concreto patrones.
- Es recomendable utilizar arena con modos de finura menores al utilizado en este estudio para aumentar su pastocidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Título : "Cales, Cementos y Hormigones"
Autor : Ricardo Ferrer
Biblioteca : SENCICO
Edición : Editorial Sintés
Año : 1984
- [2] Título : "Atlas de Minería y Energía en el Perú 2000"
Autor : Ministerio de Energía y Minas
Biblioteca : Ministerio de Energía y Minas
Edición : Firmac SAC
Año : 2000
- [3] Título : "Atlas de la pequeña minería en el Perú 2000"
Autor : Ministerio de Energía y Minas
Biblioteca : Ministerio de Energía y Minas
Edición : Firmac SAC
Año : 2000
- [4] Título : "Aditivos y tratamiento de morteros y hormigones"
Autor : Michael Venuat
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Editores Técnicos Asociados S.A.
Año : 1972
- [5] Título : "Norma ININVI E-060"
Autor : ININVI
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1989

- [6] Título : "Tecnología del Concreto"
Autor : Ing. Flavio Abanto Castillo
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
- [7] Título : "Diseño de Mezclas"
Autor : Ing. Rafael Cachay Huamán
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1999
- [8] Tesis : "Estudio Experimental entre la relación de agua/cemento (0.55 a 0.70) y la resistencia a la comprensión del concreto, utilizando cemento Pórtland Tipo I Andino"
Autor : Carlos Enrique Gaona Montenegro
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 2000
- [9] Tesis : "Estudio de las características del concreto en estado fresco y endurecido con aditivo plastificante, reductor de agua y entrapador de aire utilizando cemento Pórtland Tipo IP – Supercemento Atlas"
Autor : Wilfredo Rodríguez Rodríguez
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1997
- [10] Tesis : "Puesta a punto de método de medición de la permeabilidad del concreto"
Autor : Rubén Jesús Melo Laguna
Biblioteca : UNI-FIC
Edición : Perú
Año : 1991

ANEXOS

Unidad	Empresa	Distrito	Provincia	Distrito	Cantidad (TM/año)
Santa Virginia	SMRL Santa Virginia de Huaraz	Ancash	Santa	Caceres del Perú	6 000 000
Luisa de la Torre de Humay	SMRL. Luisa de la Torre de Humay	Ancash	Santa	Caceres del Perú	10 000
San Rafael de Jimbe	Moreno Guzmán Rolando	Ancash	Santa	Caceres del Perú	10 000
Fray Martin de Porres N°2	SMRL Fray Martin de Porres N°2	Ancash	Yungay	Matacoto	7 400
San Judas Tadeo 4	Zuñiga y Guzmán Emilio	Ancash	Casma	Casma	105 589
Calera dos	SUC. Torres Mendez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	15 000
Calera	SUC. Torres Mendez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	12 000
Calera Cinco	SUC. Torres Mendez Arturo	Ancash	Yungay	Quillo	17 000

La Nieve	SMRL La Nieve	Ancash	Yungay	Mancos	5 500
Leonor	SMRL Leonor	Ancash	Santa	Moro	200 000
Rey de Reyes Aeta	Distribuciones y promociones SRL	Ancash	Yungay	Quillo	55 000
Ena	Villalva salaverry Ysidora Leonor	Ancash	Santa	Moro	200 000
Don Jose 20	Cia. Minera Santa Herminia SAC	Ancash	Santa	Moro	100 000
SATF-I	Torres Flores Sergio Alberto	Ancash	Carhuaz	Carhuaz	100 000
San Antonio F. S.A	Cruz Cochachin Alicia	Ancash	Carhuaz	Marcara	18 000
San Gerónimo 2	SMRL San Geronimo 2	Ancash	Carhuaz	Marcara	7 400
La Inmaculada ENR	Navas Rodriguez Eduardo	Ancash	Carhuaz	Carhuaz	7 400
San Judas Tadeo N°1	Zuñiga Ingenieros S.A	Ancash	Casma	Casma	1 250 000

Ysidora	SMRL Ysidora	Ancash	Casma	Yautan	300 000
Katia-94	Marmoles y Granitos S.A	Ancash	Huaraz	Pira	10 000
Demasia Inducal N°3	Inducal SRL	Ancash	Recuay	Ticapampa	7 200
Inducal N°2	Inducal SRL	Ancash	Recuay	Ticapampa	8 200
Medalla Milagrosa N°15	Endo Endo Masataka	Arequipa	Arequipa	Pocsi	4 047
Chacolla	Quispe de la cruz Leopoldo	Ayacucho	Cangallo	Chuschi	100
Pedregal 40	Heredia Cubas Jorge Ramon	Cajamarca	Hualgayoc	Bambamarca	10 000 000
Los chancas I	SMRL Los chancas I	Cajamarca	Hualgayoc	Bambamarca	100 000
Lorencito	Araujo Vargas Jhony Edgar	Cajamarca	Cajamarca	Los Baños del Inca	5 000
Cordillera Sekai	SOC.MRA WV.Coordillera Sekai SR. LTDA	Cajamarca	Cajamarca	Los Baños del Inca	1 000 000
U.P.Calera California	Calizas ascope S.A	Cajamarca	Contumaza	San Benito	60 000

Calera California I	Calizas Ascope S.A	Cajamarca	Contumaza	San benito	10 000
Victor Raul	Casapino del Castillo Victor	Cusco	Urubamba	Chincheru	1 400 000
Victor Raul Ingenieros	Casapino castillo Victor	Cusco	Urubamba	Chincheru	600 000
Nueva Nora Sofia	No metálicos Nacionales	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	8 000 000
Azulina 1	Corp. Aceros Arequipa SA	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 3	Corp. Aceros Arequipa SA	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 2	Corp. Aceros Arequipa SA	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Azulina 4	Corp. Aceros Arequipa SA	Ica	Ica	Ocucaje	20 000
Fabio Uno	Marmoles y Granitos SA	Junin	Junin	Ondores	50 000
La Mona	Cia Minera Lafayette	Junin	Yauli	Santa Barbara de Carhuacayan	660 000
Blanca Nieves IV	Marmoles y Granitos S.A	Junin	Yauli	Marcapomacocha	25 000

Cantera Charo	Cía Minera Bunyac	Junin	Tarma	Tarma	120 000
MYGSA 94	Marmoles y Granitos SA	Junin i	Yauli	Marcapomacocha	10 000
UP Los Anónimos	Cía Minera Roxana SA	Junin	Yauli	La Oroya	30 600
Caudalosa	Mármoles y granitos SA	Junin	Tarma	La Unión	10 000
Yurac Rumi	Colca Barrera Marcelo	Junin	Yauli	Chacapalpa	2 000
Albertino	Cía. Nac. Marmoles de Perú SA	Junin	Jauja	Tunanmarca	58 545
Don Pedro N°15	SMRL Don Pedro N°15	Junin	Jauja	Curicaca	400
San Francisco N°2-A	Cervantes Robladillo Pedro A	Junin	Jauja	Curicaca	2 600
San Francisco N°1	Cervantes Robladillo Pedro A	Junin	Jauja	Curicaca	2 500
San Francisco	SMRL San Francisco de Huancayo	Junin	Jauja	Curicaca	

El Señor de Luren	SMRL El Señor de Luren de Huancayo	Junin	Jauja	Curicaca	5 500
El Señor de Yanahuanca	Cervantes Robladillo Pedro A	Junin	Jauja	Curicac	2 800
Dedon	Mármoles y Granitos SA	Junin	Jauja	Parco	10 000
Conchoc I	Comunid. Campes. De Llocllapampa	Junin	Jauja	Llocllapampa	250 000
La Calera Susanita	Baltazar Jimenez Lucas Edmundo	Junin	Jauja	Canchayllo	5 000
Dedazo	Mármoles y Granitos SA	Junin	Jauja	Paccha	10 000
Dedo	Mármoles y Granitos SA	Junin	Jauja	Canchayllo	10 000
Beatriche Uno	Mármoles y Granitos SA	Junin	Jauja	Canchayllo	10 000
Beatriche	Mármoles y Granitos SA	Junin	Jauja	Canchayllo	10 000
Jose Alberto	SMRL José Alberto 1	Junin	Jauja	Paccha	1 000

Capi uno	Fiestas Palomina Carmen Rosa	Junin	Jauja	Paccha	50 000
Porvenir XSJ	Mra. Centro SA	Junin	Huancayo	Huancayo	2 000
Porvenir	Mra. Centro SA	Junin	Huancayo	Huancayo	90 000
Roger Angel 97	Casachagua Molina Eduardo Marcelino	Junin	Jauja	Canchaylo	12 000
La Luz	Roman Salazar Luis Alberto	Junin	Huancayo	Huancayo	30 000
Roger Angel N°3	Quispe Orhuela Silvia	Junin	Concepción	San José de Quero	26 000
Roger Angel 2000	Quispe Orihuela Silvia	Junin	Concepción	San José de Quero	25 000
La Nacional 50	CNM Export SA	Junin	Chupaca	Yanacancha	30 000
16 de Junio JVA	SMRL 16 de Junio JVA de Trujillo	La Libertad	Ascope	Chicama	5 500
Señor de la Piedad	UEA Señor de la Piedad	La Libertad	Trujillo	Simbal	600 280

UEA La Milagrosa	Cía Minera Milagrosa SRL	La Libertad	Trujillo	Simbal	10 500
Socavonera N°1	SMRL Halcon de Gorgor N°20 de Lima	Lima	Cajatambo	Gorgor	1 200
Antonio	Abdhala Rizabal Antonio	Lima	Alto Huaral	Atavillos	15 000
Natalia I	Premix SA	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives	18 000
Ariana I	Premix SA	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives	12 000
MYGSA 19	Marmoles y Granitos SA	Lima	Huachochiri	Chicla	10 000
Eduardo Segundo Augusta	Cía Inv.Mras. Agrics. Lurin SA	Lima	Huachochiri	San Mateo	
EI AS	SMRL EI As de Lima	Lima	Huachochiri	Matucana	8 000
Los dos paisanos	SMRL Los dos paisanos de Lima	Lima	Huachochiri	Matucana	200 000
Huancho I	Tejada Zavala German Alejandro	Lima	Huachochiri	San Mateo	100 000

Mina Cuarzo	SMRL Mina Cuarzo de Lima	Lima	Lima	Ate	4 600
Mussa 3	Inversiones Portland SA	Lima	Lima	Pachacamac	22 300
Nicolas N°1	Premix SA	Lima	Lima	Pachacamac	9 000
Nicolas N°18	Premix SA	Lima	Lima	Pachacamac	12 000
Soledad de Lima	SMRL Soledad de Lima	Lima	Lima	Lurin	300 000
San Cassinao dos	Marmoles y granitos SA	Lima	Yauyos	Alis	10 000
San Cassiano uno	Marmoles y granitos SA	Lima	Yauyos	Alis	10 000
Flor de Nieve N°2	Cia. Nac. De marmoles SA	Lima	Lima	Lurin	303 400
San Felipe	Marmoles y granitos SA	Lima	Cañete	Chilca	50 000
Mercedes	Marmoles y granitos SA	Lima	Cañete	Chilca	50 000
Maria Uno	Suc. Amadeo Tomás Vicente Chinchay	Lima	Cañete	Chilca	14 000

El Ferrol N°10016	Cia. Mra. El Ferrol SA	Lima	Cafete	Chilca	15 000
15 de Agosto	Mauricio Carhuamaca Lorenzo	Pasco	Pasco	Simon Bolivar	10 000
María Pía	Rodriguez Lichtenheldt Jose Raul	Piura	Piura	Castilla	40 000
Ana Maria	Rodriguez Lichtenheldt Jose H.	Piura	Piura	Castilla	45 997
Jose Abel I	Vergara Araoz Wilber	Tacna	Tacna	Pachia	40 000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N° 21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU – Aptdo 1301, Teléfono 3813867 Anexo 37 Telefax 481-7919

INFORME N°020-L21-02

SOLICITANTE : **TESISTAS DE LABORATORIO DE MATERIALES**
MUESTRA : **CAL AEREA HIDRATADA**
AGUA
Muestras proporcionadas por el solicitante
ENSAYO : **ANALISIS FISICOQUIMICO**
FECHA : **19-03-02**

REPORTE DE RESULTADOS

MUESTRA	CAL		
OMg,		5,79	%
MgO + CaO, (*)		79,11	%
HUMEDAD, %		3,03	%
CaO + MgO (libre)		7,91	%
CO ₂ ,		4,88	%

MUESTRA	AGUA		
PH		7,59	
CLORUROS,ppm		170,1	
SULFATOS,ppm		581,8	
S.DISUELTOS,ppm		12,1	
ACEITES-GRASAS,ppm		2,1	

OBSERVACION:

Se uso el método de A.ATOMICA .

Los resultados nos presenta un producto que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas en lo referente a CAL CALCICA.

(*) = CAL ANHIDRA.

Sin otro particular, quedamos de Uds.,

Atentamente,

ING. ABEL F. VERGARA SOTOMAYOR
Jefe del Laboratorio N° 21

Jefe

Jefe

ROTURA A LA COMPRESION DE MUESTRAS PATRON SIN CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS PATRON SIN CAL EN CURADO HUMEDO:

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'C Kg/cm2	F'C PROMEDIO
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.7	170	31,900.00	187.65	207.68
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.8	172	37,000.00	215.12	
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.8	172	35,000.00	203.49	
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.8	172	37,400.00	217.44	
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	15	177	38,000.00	214.69	
06/06/2001	0.65	20/06/2001	14 días	51/49	14.8	172	42,200.00	245.35	252.27
06/06/2001	0.65	20/06/2001	14 días	51/49	14.8	172	42,700.00	248.26	
06/06/2001	0.65	20/06/2001	14 días	51/49	14.9	174	45,800.00	263.22	
22/08/2001	0.65	13/09/2001	21 días	51/49	14.8	172	38,700.00	225.00	226.62
22/08/2001	0.65	13/09/2001	21 días	51/49	15	177	40,400.00	228.25	
06/06/2001	0.65	04/07/2001	28 días	51/49	15	177	46,200.00	261.02	269.59
06/06/2001	0.65	04/07/2001	28 días	51/49	14.9	174	49,500.00	284.48	
06/06/2001	0.65	04/07/2001	28 días	51/49	15	177	46,600.00	263.28	
07/06/2001	0.65	19/07/2001	42 días	51/49	14.8	172	52,500.00	305.23	no promedia 310.47
07/06/2001	0.65	19/07/2001	42 días	51/49	14.8	172	44,700.00	259.88	
07/06/2001	0.65	19/07/2001	42 días	51/49	14.8	172	54,300.00	315.70	
09/08/2001	0.65	07/06/2001	63 días	51/49	14.9	174	52,400.00	301.15	309.77
09/08/2001	0.65	07/06/2001	63 días	51/49	14.9	174	55,400.00	318.39	
13/06/2001	0.65	06/09/2001	91 días	51/49	14.9	174	45,400.00	260.92	272.41
13/06/2001	0.65	06/09/2001	91 días	51/49	14.9	174	49,400.00	283.91	

MUESTRAS PATRON SIN CAL EN CURADO SECO:

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'C Kg/cm2	F'C PROMEDIO
12/06/2001	0.65	19/06/2001	7 días	51/49	14.8	172	32,800.00	190.70	192.29
12/06/2001	0.65	19/06/2001	7 días	51/49	14.8	172	33,700.00	195.93	
12/06/2001	0.65	19/06/2001	7 días	51/49	14.9	174	33,100.00	190.23	
12/06/2001	0.65	26/06/2001	14 días	51/49	14.9	174	37,800.00	217.24	221.99
12/06/2001	0.65	26/06/2001	14 días	51/49	14.8	172	39,000.00	226.74	
12/06/2001	0.65	03/07/2001	21 días	51/49	15	177	43,400.00	245.20	240.83
12/06/2001	0.65	03/07/2001	21 días	51/49	15.2	181	42,800.00	236.46	
12/06/2001	0.65	10/07/2001	28 días	51/49	14.9	174	43,900.00	252.30	253.41
12/06/2001	0.65	10/07/2001	28 días	51/49	15	177	43,700.00	246.89	
12/06/2001	0.65	10/07/2001	28 días	51/49	14.8	172	44,900.00	261.05	
12/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	14.9	174	46,200.00	265.52	255.92
12/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	15	177	43,600.00	246.33	
12/06/2001	0.65	14/08/2001	63 días	51/49	15	177	49,000.00	276.84	273.50
12/06/2001	0.65	14/08/2001	63 días	51/49	15.2	181	48,900.00	270.17	
13/06/2001	0.65	11/09/2001	91 días	51/49	14.9	174	46,000.00	264.37	258.93
13/06/2001	0.65	11/09/2001	91 días	51/49	14.8	172	43,600.00	253.49	

**ROTURA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CON DISTINTAS
PROPORCIONES CAL-CEMENTO**

1.-MUESTRAS CON CAL EN CURADO HUMEDO

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglome	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. cal/cemento	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'C Kg/cm2	F'C PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	14.9	174	29,400.00	168.97	no promedia
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	15.1	179	33,000.00	184.36	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	15.05	178	32,500.00	182.58	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	10%-90%	14.9	174	34,400.00	197.70	198.28
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	10%-90%	14.9	174	34,600.00	198.85	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	10%-90%	14.8	172	41,000.00	238.37	225.12
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	10%-90%	15	177	37,500.00	211.86	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	10%-90%	14.7	170	45,200.00	265.88	254.86
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	10%-90%	15	177	42,800.00	241.81	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	10%-90%	14.9	174	44,700.00	256.90	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	10%-90%	14.8	172	50,200.00	291.86	281.24
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	10%-90%	15	177	47,900.00	270.62	
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	10%-90%	15	177	45,800.00	258.76	258.74
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	10%-90%	14.8	172	44,500.00	258.72	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	14.9	174	51,200.00	294.25	295.75
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	15	177	51,800.00	292.66	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	14.9	174	52,000.00	298.85	
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	20%-80%	14.8	172	25,200.00	146.51	144.77
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	20%-80%	14.8	172	24,200.00	140.70	
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	20%-80%	14.8	172	25,300.00	147.09	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	20%-80%	14.8	172	27,800.00	161.63	163.37
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	20%-80%	14.8	172	28,400.00	165.12	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	20%-80%	14.9	174	32,580.00	187.24	182.07
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	20%-80%	14.9	174	30,780.00	176.90	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	14.90	174	40,300.00	231.61	no promedia
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	14.80	172	34,210.00	198.90	

**ROTURA A LA COMPRESION DE MUESTRAS CON DISTINTAS
PROPORCIONES CAL-CEMENTO**

1.-MUESTRAS CON CAL EN CURADO HUMEDO

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglome	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. cal/cemento	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'C Kg/cm2	F'C PROMEDIO
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	15.00	177	30,800.00	174.01	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	20%-80%	15	177	35,800.00	202.26	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	20%-80%	14.8	172	36,200.00	210.47	206.36
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	20%-80%	14.9	174	38,000.00	218.39	
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	20%-80%	14.9	174	40,000.00	229.89	224.14
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	15	177	45,000.00	254.24	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	15	177	38,600.00	218.08	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	14.9	174	44,000.00	252.87	235.48
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	30%-70%	14.8	172	14,200.00	82.56	no promedia
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	30%-70%	14.8	172	22,600.00	131.40	
06/07/2001	0.65	13/07/2001	7 días	30%-70%	14.8	172	21,500.00	125.00	128.20
06/07/2001	0.65	20/07/2001	14 días	30%-70%	14.9	174	26,600.00	152.87	
06/07/2001	0.65	20/07/2001	14 días	30%-70%	14.8	172	25,000.00	145.35	149.11
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	30%-87%	14.9	174	29,500.00	169.54	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	30%-70%	14.8	172	29,000.00	168.60	169.07
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	14.7	170	33,000.00	194.12	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	15.0	177	35,000.00	197.74	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	14.9	174	30,500.00	175.29	189.05
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	30%-70%	14.9	174	27,400.00	157.47	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	30%-70%	15	177	30,400.00	171.75	164.61
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	30%-70%	14.9	174	31,200.00	179.31	
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	30%-70%	14.9	174	32,000.00	183.91	181.61
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.7	170	37,400.00	220.00	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.9	174	37,800.00	217.24	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.9	174	37,400.00	214.94	216.09

2.-MUESTRAS CON CAL EN CURADO SECO

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. cal/cemento	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'C Kg/cm2	F'C PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	15	177	29,800.00	168.36	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	14.9	174	31,100.00	178.74	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	10%-90%	14.9	174	29,000.00	166.67	171.25
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	10%-90%	14.8	172	28,200.00	163.95	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	10%-90%	15	177	29,800.00	168.36	166.16
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	10%-90%	14.8	172	33,000.00	191.86	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	10%-90%	14.9	174	33,600.00	193.10	192.48
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	10%-90%	14.9	174	36,900.00	212.07	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	10%-90%	14.9	174	38,100.00	218.97	215.52
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	10%-90%	15	177	40,200.00	227.12	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	10%-90%	14.8	172	41,300.00	240.12	233.62
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	10%-90%	14.9	174	39,600.00	227.59	
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	10%-90%	14.8	172	35,600.00	206.98	217.28
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	15	177	42,200.00	238.42	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	14.9	174	44,400.00	255.17	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	10%-90%	14.9	174	46,200.00	265.52	260.34
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	20%-80%	15.2	181	21,600.00	119.34	no promedia
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	20%-80%	14.9	174	25,400.00	145.98	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	20%-80%	14.9	174	25,900.00	148.85	147.41
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	20%-80%	14.9	174	29,600.00	170.11	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	20%-80%	14.8	172	27,400.00	159.30	164.71
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	20%-80%	14.8	172	30,600.00	177.91	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	20%-80%	14.8	172	30,200.00	175.58	176.74
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	14.80	172	30,000.00	174.42	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	14.90	174	31,600.00	181.61	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	20%-80%	14.90	174	31,100.00	178.74	178.25
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	20%-80%	14.9	174	32,000.00	183.91	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	20%-80%	14.8	172	32,200.00	187.21	185.56
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	20%-80%	14.9	174	34,000.00	195.40	

2.-MUESTRAS CON CAL EN CURADO SECO

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. cal/cemento	DIAMETRO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	F'c Kg/cm2	F'c PROMEDIO
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	20%-80%	14.7	170	33,000.00	194.12	194.76
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	14.9	174	37,000.00	212.64	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	14.9	174	37,400.00	214.94	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	20%-80%	14.9	174	38,200.00	219.54	217.24
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	30%-70%	14.8	172	18,800.00	109.30	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	30%-70%	14.9	174	18,200.00	104.60	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	30%-70%	14.8	172	20,200.00	117.44	110.45
06/07/2001	0.65	20/07/2001	14 días	30%-70%	14.8	172	21,400.00	124.42	
06/07/2001	0.65	20/07/2001	14 días	30%-70%	14.9	174	21,400.00	122.99	123.70
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	30%-70%	14.9	174	24,000.00	137.93	
20/07/2001	0.65	10/08/2001	21 días	30%-70%	15	177	23,400.00	132.20	135.07
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	15	177	24,000.00	135.59	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	14.8	172	22,800.00	132.56	
11/07/2001	0.65	08/08/2001	28 días	30%-70%	15	177	25,500.00	144.07	137.41
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	30%-70%	15.1	179	26,800.00	149.72	
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	30%-70%	14.7	179	24,200.00	135.20	142.46
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	30%-70%	14.8	172	28,600.00	166.28	
17/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	30%-70%	14.8	172	26,600.00	154.65	160.47
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.7	170	28,400.00	167.06	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.9	174	29,800.00	171.26	
18/07/2001	0.65	17/10/2001	91 días	30%-70%	14.7	170	31,600.00	185.88	176.47

TRACCION DIAMETRAL DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49
MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.9	29.8	174	17,050.00	24.45	
06/06/2001	0.65	13/06/2001	7 días	51/49	14.8	29.6	172	15,000.00	21.80	23.12
06/06/2001	0.65	20/06/2001	14 días	51/49	14.8	29.6	172	17,250.00	25.07	25.07
22/08/2001	0.65	13/09/2001	21 días	51/49	15	30.1	177	20,600.00	29.05	29.05
06/06/2001	0.65	04/07/2001	28 días	51/49	15	30.2	177	22,825.00	32.08	
06/06/2001	0.65	04/07/2001	28 días	51/49	15	30	177	21,450.00	30.35	31.21
07/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	14.9	29.9	174	25,700.00	36.72	
07/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	14.9	30	174	26,900.00	38.31	37.52
07/06/2001	0.65	09/08/2001	63 días	51/49	14.9	30.2	174	27,200.00	38.48	38.48
07/06/2001	0.65	06/09/2001	91 días	51/49	14.9	30.3	174	22,550.00	31.80	31.80

MUESTRAS EN CURADO SECO:

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/cemento	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
12/06/2001	0.65	19/06/2001	7 días	51/49	14.90	30.10	174	11,000.00	15.61	
12/06/2001	0.65	19/06/2001	7 días	51/49	14.90	30.20	174	10,900.00	15.42	15.52
12/06/2001	0.65	26/06/2001	14 días	51/49	15.00	30.80	177	12,767.00	17.59	17.59
12/06/2001	0.65	03/07/2001	21 días	51/49	15.10	30.20	179	11,350.00	15.84	no promedia
12/06/2001	0.65	03/07/2001	21 días	51/49	15.10	30.20	179	14,450.00	20.17	20.17
12/06/2001	0.65	10/07/2001	28 días	51/49	14.90	30.10	174	18,300.00	25.98	25.98
12/06/2001	0.65	10/07/2001	28 días	51/49	15.00	30.20	177	13,650.00	19.18	no promedia
12/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	14.90	30.00	174	17,400.00	24.78	
12/06/2001	0.65	24/07/2001	42 días	51/49	15.00	30.20	177	19,500.00	27.40	26.09
12/06/2001	0.65	14/08/2001	63 días	51/49	15	30.4	177	20,200.00	28.20	28.20
13/06/2001	0.65	11/09/2001	91 días	51/49	14.8	30	172	15,350.00	22.01	22.01

TRACCION DIAMETRAL DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION CAL/CEMENTO 10%-90%

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15.1	30.4	179	14,025.00	19.45	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30	177	15,025.00	21.26	20.35
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	15	30.1	177	16,300.00	22.98	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.9	30.2	174	15,400.00	21.79	22.39
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	14.9	30.3	174	17,450.00	24.61	24.61
20/07/2001	0.65	16/08/2001	28 días	51/49	15	30	177	21,200.00	29.99	
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	14.8	30.1	172	19,600.00	28.01	29.00
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	15	30.1	177	19,200.00	27.07	27.07
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	14.9	30.1	174	21,850.00	31.02	31.02
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	14.9	30.1	174	18,000.00	25.55	25.55

PROPORCION CAL/CEMENTO 20%-80%

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	14.9	30.1	174	12,850.00	18.24	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30.3	177	11,800.00	16.53	17.38
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.9	30	174	14,800.00	21.08	
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.9	30.2	174	15,200.00	21.50	21.29
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	15.1	30.2	179	17,100.00	23.87	23.87
20/07/2001	0.65	16/08/2001	28 días	51/49	14.9	30.2	174	18,550.00	26.24	
20/07/2001	0.65	16/08/2001	28 días	51/49	15	30.2	177	21,400.00	30.07	28.16
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	14.9	30	174	13,900.00	19.80	19.80
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	14.9	29.9	174	21,000.00	30.01	30.01
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	15	30.1	177	20,400.00	28.76	28.76

PROPORCION CAL/CEMENTO

30%-70%

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30	177	10,050.00	14.22	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30	177	9,850.00	13.93	14.08
09/07/2001	0.65	23/07/2001	14 días	51/49	15	30.1	177	11,200.00	15.79	
09/07/2001	0.65	23/07/2001	14 días	51/49	14.8	30	172	11,800.00	16.92	16.36
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	14.8	29.9	172	13,000.00	18.70	18.70
20/07/2001	0.65	16/08/2001	28 días	51/49	15	30	177	13,000.00	18.39	
20/07/2001	0.65	16/08/2001	28 días	51/49	15.1	30.2	179	13,300.00	18.57	18.48
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	15	30.6	177	11,350.00	15.74	15.74
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	14.9	30.2	174	15,250.00	21.58	21.58
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	14.9	31	174	17,400.00	23.98	23.98

MUESTRAS EN CURADO SECO:**PROPORCION CAL/CEMENTO****10%-90%**

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30.3	177	12,850.00	18.00	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30.3	177	13,100.00	18.35	18.17
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.8	30	172	13,550.00	19.43	19.43
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	14.9	29.8	174	13,000.00	18.64	18.64
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	14.8	30.1	172	13,850.00	19.79	
20/07/2001	0.65	17/07/2001	28 días	51/49	14.8	30	172	15,000.00	21.51	20.65
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	15.1	30.1	179	16,700.00	23.39	23.39
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	15.2	30.15	181	18,300.00	25.42	25.42
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	15	29.9	177	17,600.00	24.98	24.98

PROPORCION CAL/CEMENTO**20%-80%**

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30.1	177	9,025.00	12.73	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	14.7	30.1	170	11,450.00	16.47	14.60
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.8	30.1	172	12,700.00	18.15	18.15
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	14.9	29.8	174	10,500.00	15.05	15.05
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	14.9	30	174	14,200.00	20.22	
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	15	30.2	177	14,450.00	20.31	20.27
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	14.8	30.1	172	18,850.00	26.94	26.94
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	15	30.3	177	16,450.00	23.04	23.04
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	15	29.9	177	15,600.00	22.14	22.14

MUESTRAS EN CURADO SECO:**PROPORCION CAL/CEMENTO****30%-70%**

FECHA DE VACEADO	RELACION agua/aglom	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ROTURA	PROPOR. A/P.	DIAMETRO CMS	LARGO CMS	SECCION NORMAL	CARGA kgs	T Esf. De tracc.	T PROMEDIO
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	14.9	30	174	9,450.00	13.46	
09/07/2001	0.65	16/07/2001	7 días	51/49	15	30.5	177	8,300.00	11.55	12.50
07/07/2001	0.65	21/07/2001	14 días	51/49	14.9	30.5	174	10,200.00	14.29	14.29
11/07/2001	0.65	01/08/2001	21 días	51/49	14.90	30.00	174.00	8,400.00	11.96	11.96
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	14.8	30.3	172	12000	17.04	
20/07/2001	0.65	17/08/2001	28 días	51/49	14.9	30.1	174	11750	16.68	16.86
16/07/2001	0.65	27/08/2001	42 días	51/49	15	30.1	177	9450	13.32	13.32
18/07/2001	0.65	18/09/2001	63 días	51/49	15	30.3	177	13450	18.84	18.84
	0.65	22/10/2002	91 días	51/49	15	30.1	177	13600	19.18	19.18

FLEXION DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

EDAD : 7 dias relación a/c : 0.65

L: 76.40 cms
ancho : 15.40
altura : 15 cms

CARGA DE ROTURA : 1840 Kgs
MR 40.5702742

EDAD : 14 dias relación a/c : 0.65

L: 71.20 cms
ancho : 15.60
altura : 16 cms

CARGA DE ROTURA : 1485 Kgs
MR 26.4753606

EDAD : 28 dias relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.4
altura : 15.1

CARGA DE ROTURA : 1400 KG
MR 28.4676509

EDAD : 42 dias relación a/c : 0.65

L: 71 cms
ancho : 15.20
altura : 15.20 cms

CARGA DE ROTURA : 1715 Kgs
MR 34.6730231

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

10%-90%

EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.6

ancho : 14.7

altura : 15.1

Mr= 22.32

CARGA DE ROTURA : 1045 KG

10%-90%

EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71

ancho : 15

altura : 15.1

Mr= 30.93

CARGA DE ROTURA : 1490 KG

10%-90%

EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4

ancho : 15.4

altura : 15.1

Mr= 29.69

CARGA DE ROTURA : 1460 KG

10%-90%

EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.5

ancho : 15.7

altura : 15.7

Mr= 28.82

CARGA DE ROTURA : 1560 KG

10%-90%

EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4

ancho : 15.6

altura : 15.3

Mr= 38.03

CARGA DE ROTURA : 1945 KG

20%-80%

EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4

ancho : 15.5

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

altura : 15.6

CARGA DE ROTURA : 970 KG Mr= 18.36

20%-80%

EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71

ancho : 15

altura : 15.1

CARGA DE ROTURA : 1310 KG Mr= 27.19

20%-80%

EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4

ancho : 15.9

altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1325 KG Mr= 25.09

20%-80%

EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.5

ancho : 15.8

altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1440 KG Mr= 27.48

20%-80%

EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4

ancho : 15.3

altura : 15.3

CARGA DE ROTURA : 1590 KG Mr= 31.70

30%-70%

EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.3

ancho : 15.6

altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1060 KG Mr= 20.43

30%-70%

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71
ancho : 15.6
altura : 15.8

CARGA DE ROTURA : 1110 KG Mir= 20.24

30%-70%

EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.2
altura : 15

CARGA DE ROTURA : 1170 KG Mir= 24.43

30%-70%

EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.6
ancho : 15.8
altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1480 KG Mir= 28.28

30%-70%

EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.3
ancho : 15.6
altura : 15.6

CARGA DE ROTURA : 1445 KG Mir= 27.14

FLEXION DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

EDAD : 7 dias relación a/c : 0.65

L: 71.20 cms
ancho : 15.40
altura : 15.20 cms

MR 25.8143864

CARGA DE ROTURA : 1290 Kgs

EDAD : 14 dias relación a/c : 0.65

L: 71 cms
ancho : 15.40
altura : 15.90 cms

MR 24.619382

CARGA DE ROTURA : 1350 Kgs

EDAD : 28 dias relación a/c : 0.65

L: 71.5
ancho : 15.3
altura : 15.5

MR 25.2868404

CARGA DE ROTURA : 1300

EDAD : 42 dias relación a/c : 0.65

L: 71 cms
ancho : 15.30
altura : 15.60 cms

CARGA DE ROTURA : 1610 Kgs

MR 30.7003691

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO

10%-90%

EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.3
ancho : 15.1
altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1010 KG Mr= 20.11

10%-90%

EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71
ancho : 15.5
altura : 15.5

CARGA DE ROTURA : 1160 KG Mr= 22.12

10%-90%

EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.5
altura : 15.3

CARGA DE ROTURA : 1100 KG Mr= 21.65

10%-90%

EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.9
altura : 15.5

CARGA DE ROTURA : 1300 KG Mr= 24.30

10%-90%

EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.6
altura : 15.6

CARGA DE ROTURA : 1710 KG Mr= 32.16

20%-80%

EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO

L: 71.2
ancho : 15.5
altura : 15.6

CARGA DE ROTURA : 980 KG Mr= 18.50

20%-80%
EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71
ancho : 15.2
altura : 15.7

CARGA DE ROTURA : 720 KG Mr= 13.64

20%-80%
EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.1
ancho : 15.3
altura : 15.3

CARGA DE ROTURA : 1010 KG Mr= 20.05

20%-80%
EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.5
ancho : 15.7
altura : 15.4

CARGA DE ROTURA : 1090 KG Mr= 20.93

20%-80%
EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.4
ancho : 15.7
altura : 15.6

CARGA DE ROTURA : 1250 KG Mr= 23.36

30%-70%
EDAD : 7 DIAS relación a/c : 0.65

L: 71.1
ancho : 16
altura : 15.4

ENSAYO DE FLEXION DE MUESTRAS PATRON CON CAL
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO

CARGA DE ROTURA : 850 KG Mr= 15.93

30%-70%

EDAD : 14 DIAS relación a/c : 0.65

**L: 71
ancho : 15.6
altura : 15.7**

CARGA DE ROTURA : 670 KG Mr= 12.37

30%-70%

EDAD : 28 DIAS relación a/c : 0.65

**L: 71.5
ancho : 15.9
altura : 15.5**

CARGA DE ROTURA : 950 KG Mr= 17.78

30%-70%

EDAD : 42 DIAS relación a/c : 0.65

**L: 71.4
ancho : 15.6
altura : 15.4**

CARGA DE ROTURA : 830 KG Mr= 16.02

30%-70%

EDAD : 91 DIAS relación a/c : 0.65

**L: 71.4
ancho : 15.7
altura : 15.6**

CARGA DE ROTURA : 1260 KG Mr= 23.55

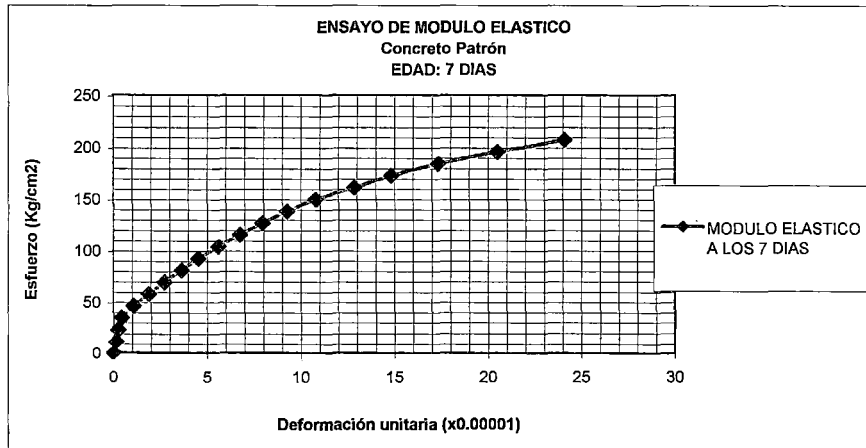
MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49
MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

EDAD	relación a/c :		0.65		0.5	
	0.5		-0.2			
CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA	0.0001
0	0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.1	0.2	0.15	0.15	0.15
4000	22.9885057	0.2	0.3	0.25	0.25	0.25
6000	34.4827586	0.4	0.5	0.45	0.45	0.45
8000	45.9770115	0.9	1.3	1.1	1.1	1.1
10000	57.4712644	1.7	2.1	1.9	1.9	1.9
12000	68.9655172	2.4	3.1	2.75	2.75	2.75
14000	80.4597701	3.2	4.1	3.65	3.65	3.65
16000	91.954023	4	5.1	4.55	4.55	4.55
18000	103.448276	4.9	6.3	5.6	5.6	5.6
20000	114.942529	5.9	7.6	6.75	6.75	6.75
22000	126.436782	6.9	9	7.95	7.95	7.95
24000	137.931034	8	10.5	9.25	9.25	9.25
26000	149.425287	9.5	12.1	10.8	10.8	10.8
28000	160.91954	11.3	14.4	12.85	12.85	12.85
30000	172.413793	13.1	16.6	14.85	14.85	14.85
32000	183.908046	15.3	19.4	17.35	17.35	17.35
34000	195.402299	18.3	22.7	20.5	20.5	20.5
36000	206.896552	21.8	26.4	24.1	24.1	24.1

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	39	kg/cm2
CARGA MAXIMA	36,600.00	D2 :	4	0.0001
ROTURA F'C :	210.34	M.E.F :	128965.517	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	84.14			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

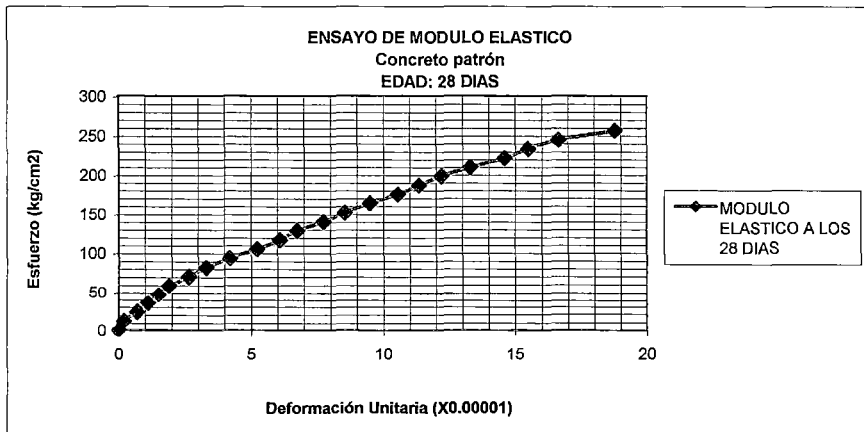
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

EDAD : 28 dias relación a/c : 0.65
-0.3 0.2

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.627907	0.2	0.2	0.2	0.2
4000	23.255814	0.8	0.6	0.7	0.7
6000	34.8837209	1.2	1	1.1	1.1
8000	46.5116279	1.7	1.3	1.5	1.5
10000	58.1395349	2.2	1.6	1.9	1.9
12000	69.7674419	3	2.3	2.65	2.65
14000	81.3953488	3.8	2.8	3.3	3.3
16000	93.0232558	4.8	3.6	4.2	4.2
18000	104.651163	6	4.5	5.25	5.25
20000	116.27907	6.9	5.3	6.1	6.1
22000	127.906977	7.7	5.8	6.75	6.75
24000	139.534884	8.9	6.6	7.75	7.75
26000	151.162791	9.8	7.3	8.55	8.55
28000	162.790698	10.7	8.3	9.5	9.5
30000	174.418605	11.8	9.3	10.55	10.55
32000	186.046512	12.4	10.3	11.35	11.35
34000	197.674419	13.1	11.3	12.2	12.2
36000	209.302326	14	12.6	13.3	13.3
38000	220.930233	14.9	14.3	14.6	14.6
40000	232.55814	16.2	14.8	15.5	15.5
42000	244.186047	18	15.3	16.65	16.65
44000	255.813953	18.3	19.3	18.8	18.8

DIAMETRO : 14.8 D1 : 0.5 0.0001
 AREA : 172 E1 : 20 kg/cm2
 CARGA MAXIMA 45600 D2 : 5.25 0.0001
 ROTURA F'C : 265.116279 M.E.F : 181150.551 kg/cm2
 E2: 0.4 F'C: 106.046512 MEET= (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

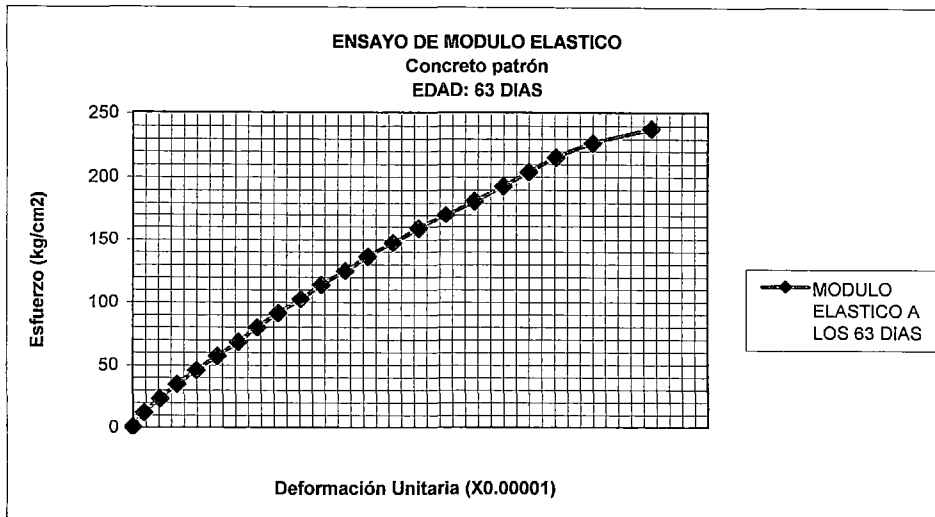
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

EDAD : 63 dias relación a/c : 0.65
0.4 -0.2

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.299435	0.3	0.4	0.35	0.35
4000	22.5988701	0.7	1	0.85	0.85
6000	33.8983051	1.1	1.7	1.4	1.4
8000	45.1977401	1.5	2.5	2	2
10000	56.4971751	2	3.3	2.65	2.65
12000	67.7966102	2.5	4.1	3.3	3.3
14000	79.0960452	3	4.8	3.9	3.9
16000	90.3954802	3.5	5.6	4.55	4.55
18000	101.694915	4	6.5	5.25	5.25
20000	112.99435	4.5	7.3	5.9	5.9
22000	124.293785	5	8.3	6.65	6.65
24000	135.59322	5.6	9.1	7.35	7.35
26000	146.892655	6.3	10	8.15	8.15
28000	158.19209	6.9	11	8.95	8.95
30000	169.491525	7.5	12.1	9.8	9.8
32000	180.79096	8.1	13.3	10.7	10.7
34000	192.090395	8.7	14.5	11.6	11.6
36000	203.389831	9.2	15.6	12.4	12.4
38000	214.689266	9.6	16.9	13.25	13.25
40000	225.988701	10.2	18.6	14.4	14.4
42000	237.288136	10.9	21.6	16.25	16.25

DIAMETRO :	15	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	177	E1 :	18.3 kg/cm2	
CARGA MAXIMA	42000	D2 :	4.9	0.0001
ROTURA F'C :	237.288136	M.E.F :	174125.578 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	94.9152542	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION

10%-90%

EDAD :

7 dias

relación a/c :

0.65

0.1 0.7

CARGA

ESFUERZO

LECTURA

LECTURA

PROMEDIO

DEFORMACION

IZQUIERDA

DERECHA

CORREGIDC

UNITARIA 0.0001

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0	0.1	0.05	0.05
4000	22.9885057	0.3	0.3	0.3	0.3
6000	34.4827586	0.3	0.4	0.35	0.35
8000	45.9770115	0.4	0.5	0.45	0.45
10000	57.4712644	0.5	0.7	0.6	0.6
12000	68.9655172	0.7	0.8	0.75	0.75
14000	80.4597701	0.8	1.1	0.95	0.95
16000	91.954023	1.6	2	1.8	1.8
18000	103.448276	2.7	3.5	3.1	3.1
20000	114.942529	3.9	5.1	4.5	4.5
22000	126.436782	5.6	7	6.3	6.3
24000	137.931034	7.7	9.9	8.8	8.8
26000	149.425287	10.3	12.6	11.45	11.45
28000	160.91954	14.9	18.5	16.7	16.7

DIAMETRO : 14.90

D1 : 0.5 0.0001

AREA : 174.00

E1 : 42 kg/cm2

CARGA MAXIMA: 29,100.00

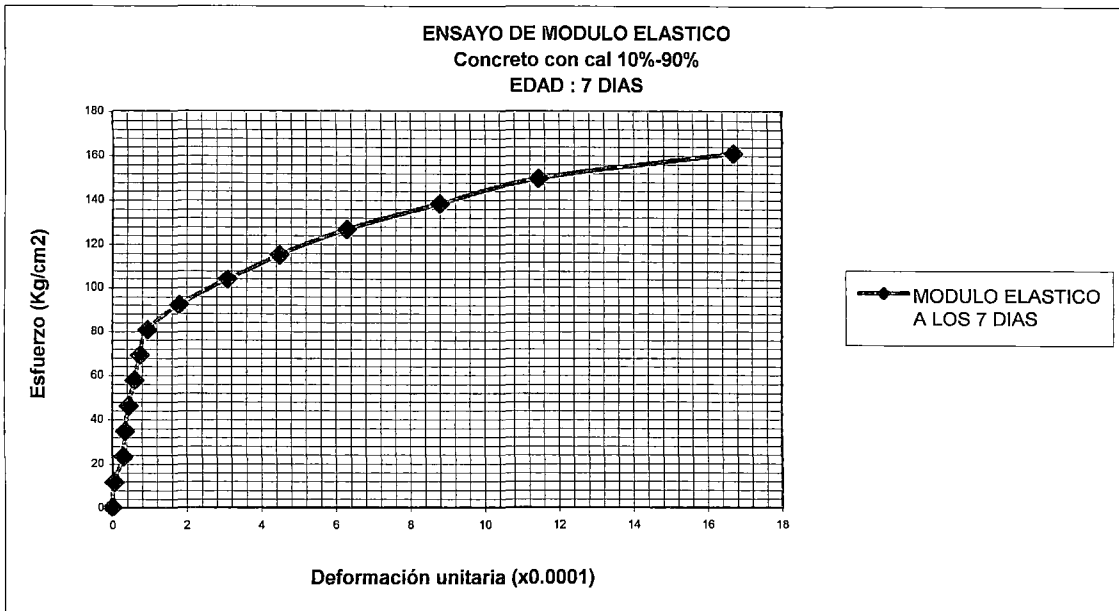
D2 : 0.66 0.0001

ROTURA F'C : 167.24

M.E.E : 1556034.48 kg/cm2

E2: 0.4 F'C: 66.90

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION : 10%-90%

EDAD : 28 días

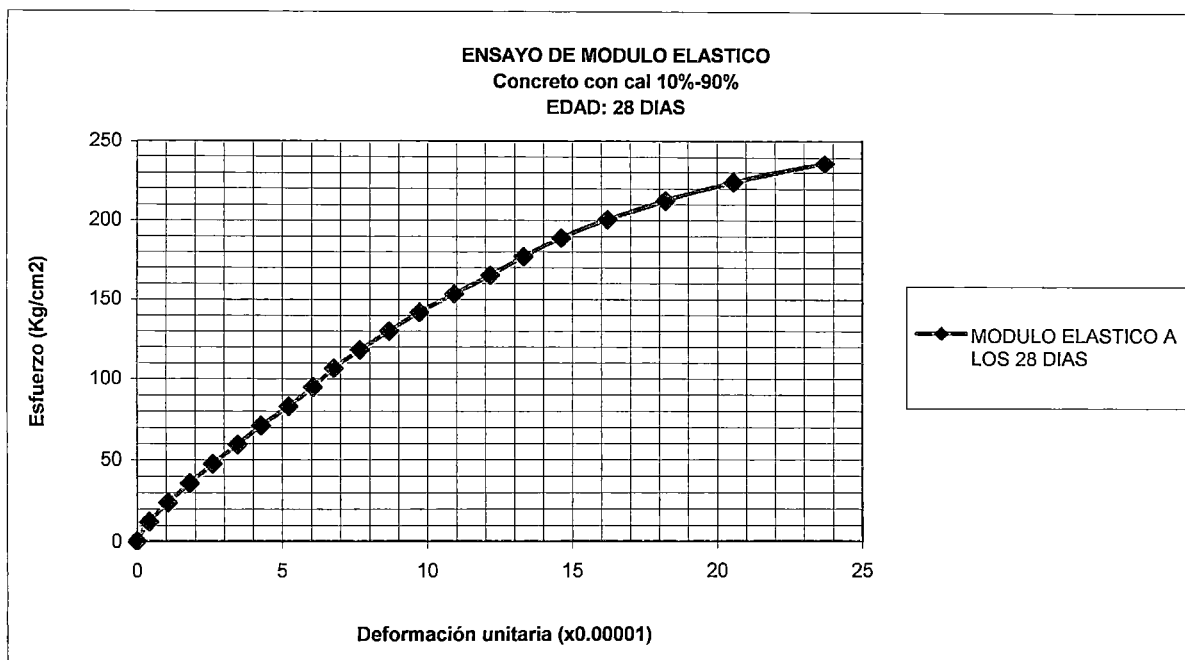
relación a/c : 0.65

0.5 0.05

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
	0	0	0	0	0
2000	11.7647059	0.6	0.25	0.425	0.425
4000	23.5294118	1.4	0.75	1.075	1.075
6000	35.2941176	2.3	1.35	1.825	1.825
8000	47.0588235	3.3	1.95	2.625	2.625
10000	58.8235294	4.2	2.75	3.475	3.475
12000	70.5882353	5.2	3.35	4.275	4.275
14000	82.3529412	6.3	4.15	5.225	5.225
16000	94.1176471	7.2	4.95	6.075	6.075
18000	105.882353	7.9	5.65	6.775	6.775
20000	117.647059	8.9	6.45	7.675	7.675
22000	129.411765	9.9	7.45	8.675	8.675
24000	141.176471	11	8.45	9.725	9.725
26000	152.941176	12.3	9.55	10.925	10.925
28000	164.705882	13.8	10.55	12.175	12.175
30000	176.470588	15.1	11.55	13.325	13.325
32000	188.235294	16.4	12.85	14.625	14.625
34000	200	18.3	14.15	16.225	16.225
36000	211.764706	20.5	15.95	18.225	18.225
38000	223.529412	23	18.15	20.575	20.575
40000	235.294118	26.3	21.15	23.725	23.725

DIAMETRO :	14.70	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	170.00	E1 :	15	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	40,700.00	D2 :	6.3	0.0001
ROTURA F'C :	239.41	M.E.F :	139249.493	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	95.76			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

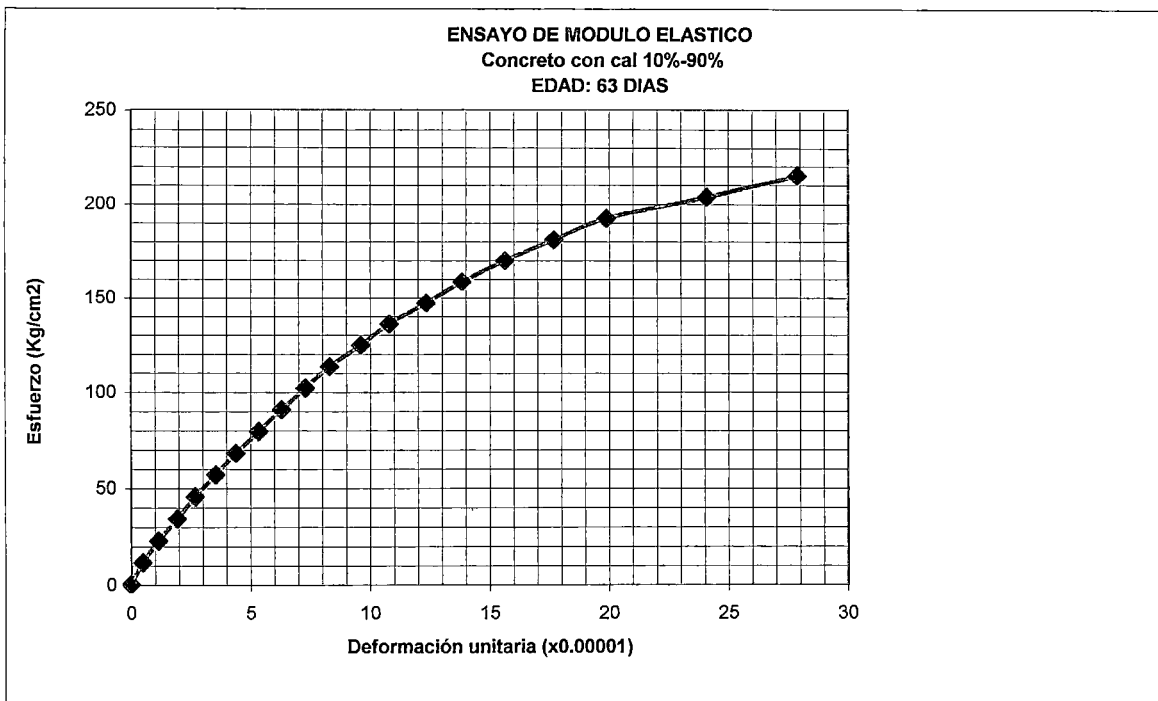
PROPORCION 10%-90%

EDAD : 63 días relación a/c : 0.65

CARGA	ESFUERZO	relación a/c :		PROMEDIO	DEFORMACION
		0.1	0.4		
		LECTURA	LECTURA	CORREGIDO	UNITARIA 0.0001
		IZQUIERDA	DERECHA		
0	0	0	0	0	0
2000	11.49	0.5	0.5	0.5	0.5
4000	22.99	1.3	1.1	1.2	1.2
6000	34.48	2	1.6	1.8	1.8
8000	45.98	2.8	2.2	2.5	2.5
10000	57.47	3.6	2.7	3.15	3.15
12000	68.97	4.1	3.4	3.75	3.75
14000	80.46	5.6	4	4.8	4.8
16000	91.95	6.6	4.6	5.6	5.6
18000	103.45	7.8	5.3	6.55	6.55
20000	114.94	9.1	5.9	7.5	7.5
22000	126.44	10.5	6.6	8.55	8.55
24000	137.93	11.7	-0.4	5.65	5.65
26000	149.43	13.5	-0.4	6.55	6.55
28000	160.92	-0.1	9.1	4.5	4.5
30000	172.41	-0.1	9.9	4.9	4.9
32000	183.91	-0.1	11.2	5.55	5.55
34000	195.40	-0.1	12.6	6.25	6.25
36000	206.90	-0.1	13.6	6.75	6.75
38000	218.39	-0.1	14.7	7.3	7.3
40000	229.89	-0.1	16.1	8	8
42000	241.38	-0.1	18.6	9.25	9.25

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	11.49 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	42,100.00	D2 :	6.8	0.0001
ROTURA F'C :	241.95	M.E.F :	135383.507 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	96.78			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION : 20%-80%

EDAD : 7 dias

relación a/c : 0.65

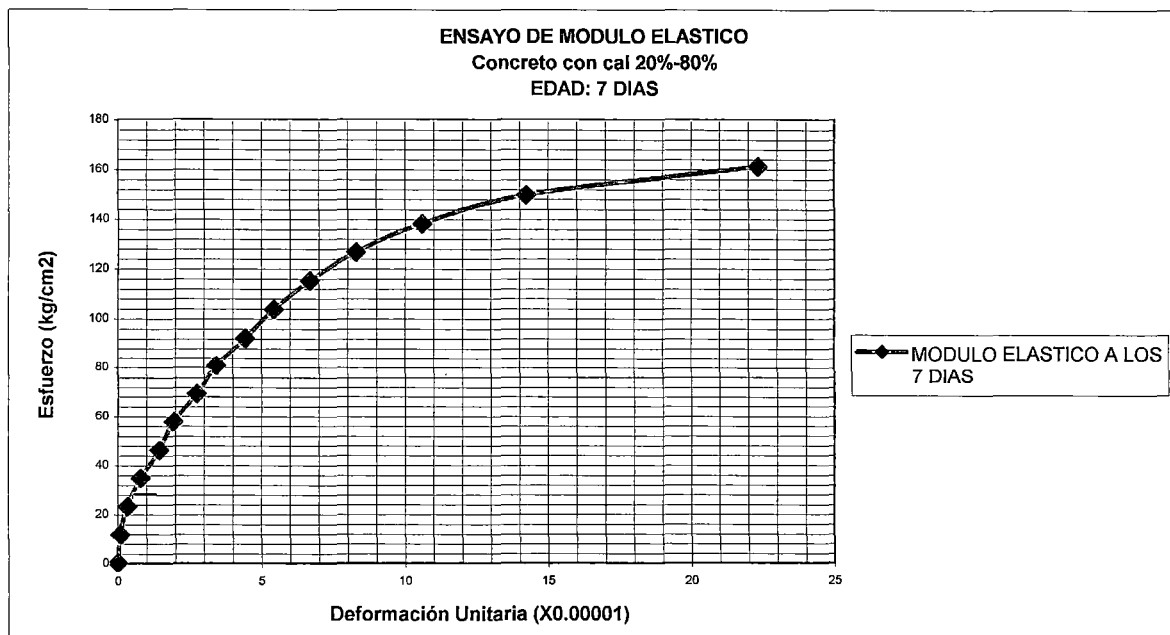
-0.2 0.5

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.1	0.1	0.1	0.1
4000	22.9885057	0.4	0.3	0.35	0.35
6000	34.4827586	1.1	0.5	0.8	0.8
8000	45.9770115	1.9	1	1.45	1.45
10000	57.4712644	2.6	1.3	1.95	1.95
12000	68.9655172	3.6	1.9	2.75	2.75
14000	80.4597701	4.6	2.3	3.45	3.45
16000	91.954023	5.9	3	4.45	4.45
18000	103.448276	7.4	3.5	5.45	5.45
20000	114.942529	9	4.4	6.7	6.7
22000	126.436782	11.6	5	8.3	8.3
24000	137.931034	15.2	6	10.6	10.6
26000	149.425287	21.2	7.3	14.25	14.25
28000	160.91954	35.2	9.5	22.35	22.35

DIAMETRO : 14.9
 AREA : 174
 CARGA MAXIMA: 28000
 ROTURA F'C : 160.91954
 E2: 0.4 F'C: 64.3678161

D1 : 0.5 0.0001
 E1 : 29 kg/cm2
 D2 : 2.4 0.0001
 M.E.F : 186146.4 kg/cm2

MEET= (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION : 20%-80%

EDAD : 28 días

relación a/c : 0.65

0.6 -0.4

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.7647059	0.5	0.4	0.45	0.45
4000	23.5294118	0.9	1	0.95	0.95
6000	35.2941176	1.3	1.7	1.5	1.5
8000	47.0588235	1.8	2.5	2.15	2.15
10000	58.8235294	2.4	3.3	2.85	2.85
12000	70.5882353	2.5	4.2	3.35	3.35
14000	82.3529412	3.7	5.1	4.4	4.4
16000	94.1176471	4.4	6	5.2	5.2
18000	105.882353	5.1	6.9	6	6
20000	117.647059	6	8.2	7.1	7.1
22000	129.411765	7	9.4	8.2	8.2
24000	141.176471	8.2	10.9	9.55	9.55
26000	152.941176	9.3	12.1	10.7	10.7
28000	164.705882	10.3	13.2	11.75	11.75
30000	176.470588	11.2	14.2	12.7	12.7
32000	188.235294	12.5	15.5	14	14
34000	200	13.7	17.1	15.4	15.4
36000	211.764706	15.6	19.3	17.45	17.45

DIAMETRO : 14.7

AREA : 170

CARGA MAXIMA: 37800

ROTURA F'C : 222.352941

E2: 0.4 F'C: 88.9411765

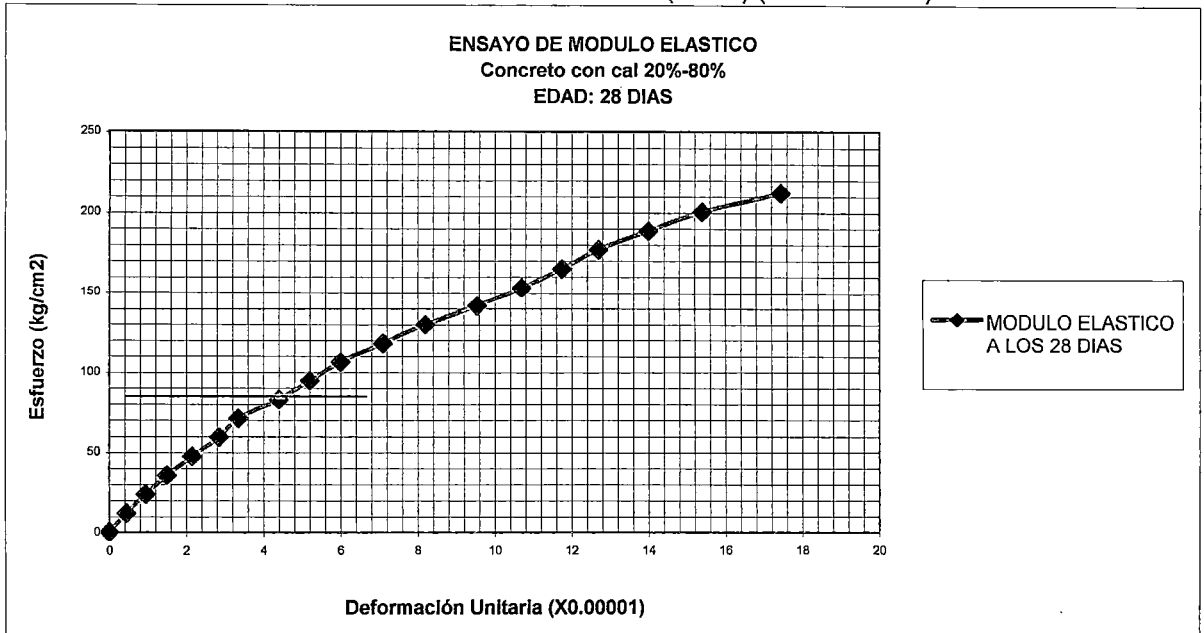
D1 : 0.5 0.0001

E1 : 15 kg/cm2

D2 : 4.7 0.0001

M.E.F : 176050.42 kg/cm2

MEET= (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION : 20%-80%

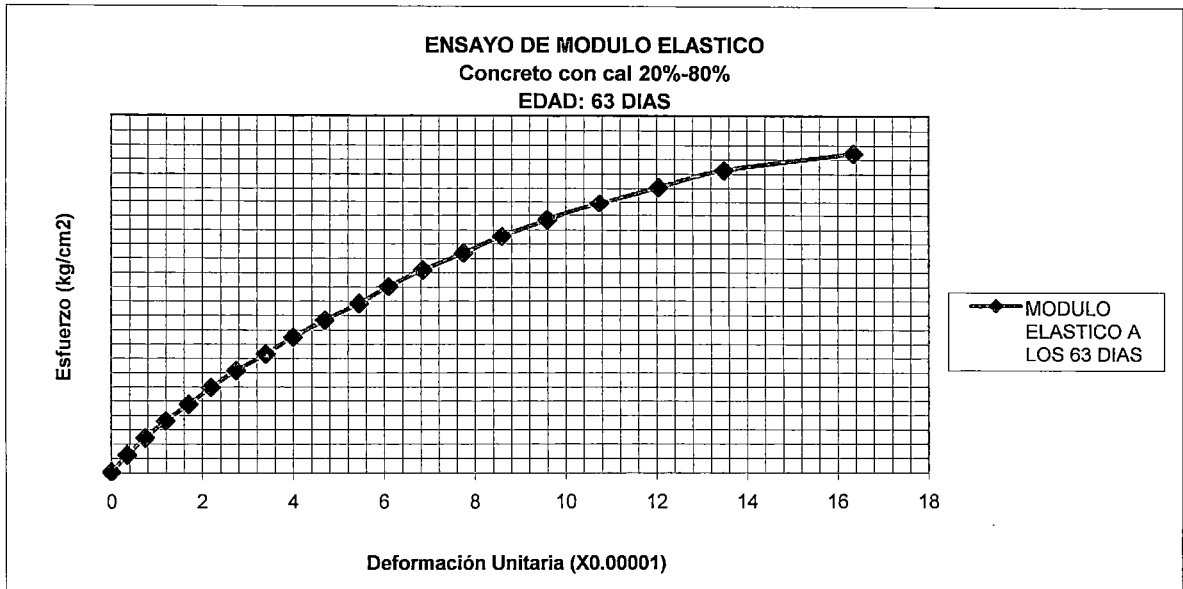
EDAD : 63 días

relación a/c : 0.65

0 0.2

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.7647059	0.4	0.3	0.35	0.35
4000	23.5294118	0.8	0.7	0.75	0.75
6000	35.2941176	1.2	1.2	1.2	1.2
8000	47.0588235	1.7	1.7	1.7	1.7
10000	58.8235294	2.2	2.2	2.2	2.2
12000	70.5882353	2.6	2.9	2.75	2.75
14000	82.3529412	3.2	3.6	3.4	3.4
16000	94.1176471	3.7	4.3	4	4
18000	105.882353	4.3	5.1	4.7	4.7
20000	117.647059	5	5.9	5.45	5.45
22000	129.411765	5.6	6.6	6.1	6.1
24000	141.176471	6.2	7.5	6.85	6.85
26000	152.941176	7	8.5	7.75	7.75
28000	164.705882	7.8	9.4	8.6	8.6
30000	176.470588	8.6	10.6	9.6	9.6
32000	188.235294	9.6	11.9	10.75	10.75
34000	200	10.6	13.5	12.05	12.05
36000	211.764706	11.8	15.2	13.5	13.5
38000	223.529412	13.2	19.5	16.35	16.35

DIAMETRO :	14.7	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	170	E1 :	19 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	38400	D2 :	3.9	0.0001
ROTURA F'C :	225.882353	M.E.F :	209861.592 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	90.3529412	MEET= (E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)		



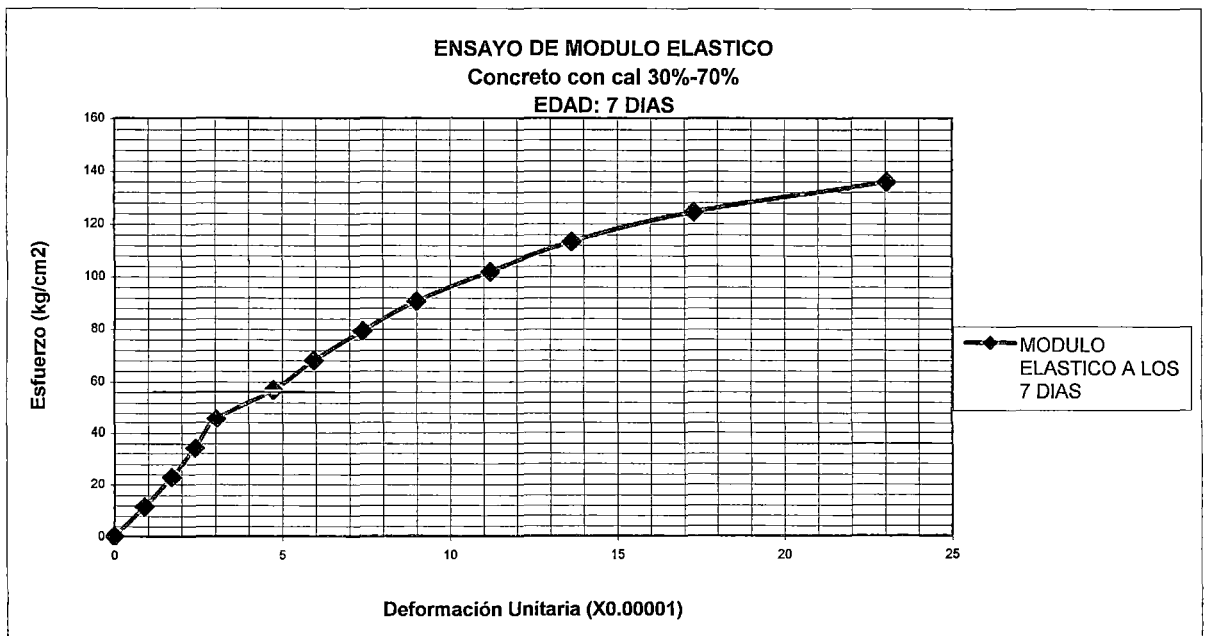
MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION	30%-70%		relación a/c :			
EDAD :	7 dias		-0.3	0.9		
CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001	
	0	0	0	0	0	0
	2000	11.299435	1.7	0.1	0.9	0.9
	4000	22.5988701	2.8	0.6	1.7	1.7
	6000	33.8983051	3.9	0.9	2.4	2.4
	8000	45.1977401	5	1.1	3.05	3.05
	10000	56.4971751	7.5	2	4.75	4.75
	12000	67.7966102	9	2.9	5.95	5.95
	14000	79.0960452	10.9	3.9	7.4	7.4
	16000	90.3954802	13.1	4.9	9	9
	18000	101.694915	15.8	6.6	11.2	11.2
	20000	112.99435	18.7	8.6	13.65	13.65
	22000	124.293785	23.5	11.1	17.3	17.3
	24000	135.59322	30.5	15.6	23.05	23.05

DIAMETRO :	15	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	177	E1 :	8 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	25000	D2 :	4.7	0.0001
ROTURA F'C :	141.242938	M.E.F :	115469.465 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	56.4971751	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

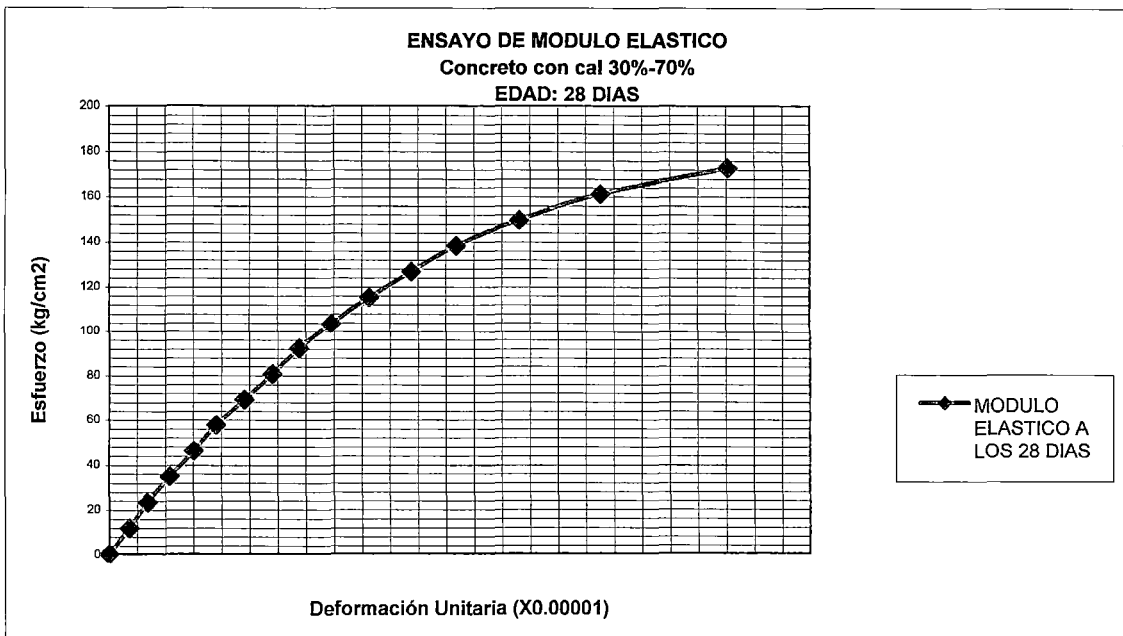
MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION 30%-70%

EDAD : 28 dias relación a/c : 0.65
0.3 0.35

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	1.1	0.35	0.725	0.725
4000	22.9885057	1.9	0.85	1.375	1.375
6000	34.4827586	2.9	1.45	2.175	2.175
8000	45.9770115	3.9	2.15	3.025	3.025
10000	57.4712644	4.7	2.95	3.825	3.825
12000	68.9655172	5.7	3.95	4.825	4.825
14000	80.4597701	6.8	4.85	5.825	5.825
16000	91.954023	7.7	5.85	6.775	6.775
18000	103.448276	8.8	7.05	7.925	7.925
20000	114.942529	10.2	8.35	9.275	9.275
22000	126.436782	11.5	10.05	10.775	10.775
24000	137.931034	12.9	11.85	12.375	12.375
26000	149.425287	14.9	14.35	14.625	14.625
28000	160.91954	17.7	17.35	17.525	17.525
30000	172.413793	21.7	22.45	22.075	22.075

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	8 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	30,600.00	D2 :	5	0.0001
ROTURA F'C :	175.86	M.E.F :	138544.061 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	70.34	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO HUMEDO:

PROPORCION 30%-70%

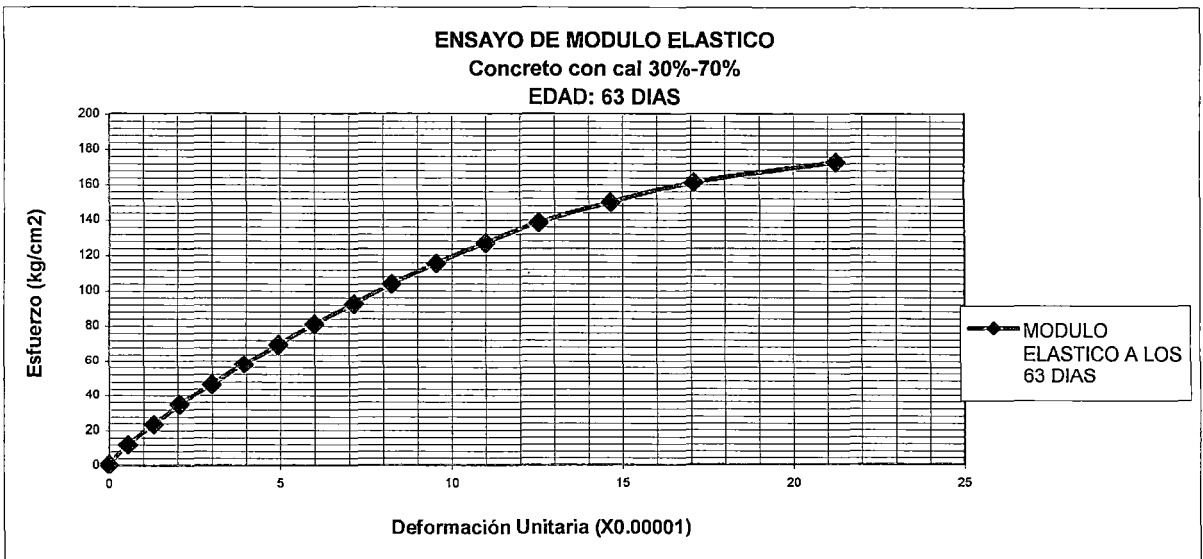
EDAD : 63 dias

relación a/c : 0.65

-0.1 0.2

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDC	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.7	0.4	0.55	0.55
4000	22.9885057	1.6	1	1.3	1.3
6000	34.4827586	2.4	1.7	2.05	2.05
8000	45.9770115	3.4	2.6	3	3
10000	57.4712644	4.4	3.5	3.95	3.95
12000	68.9655172	5.4	4.5	4.95	4.95
14000	80.4597701	6.4	5.6	6	6
16000	91.954023	7.6	6.7	7.15	7.15
18000	103.448276	8.8	7.7	8.25	8.25
20000	114.942529	10.4	8.7	9.55	9.55
22000	126.436782	12	10	11	11
24000	137.931034	13.9	11.2	12.55	12.55
26000	149.425287	16.6	12.7	14.65	14.65
28000	160.91954	20	14.2	17.1	17.1
30000	172.413793	26	16.5	21.25	21.25

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	12 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	30,600.00	D2 :	5.8	0.0001
ROTURA F'C :	175.86	M.E.F :	110084.58 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	70.34	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

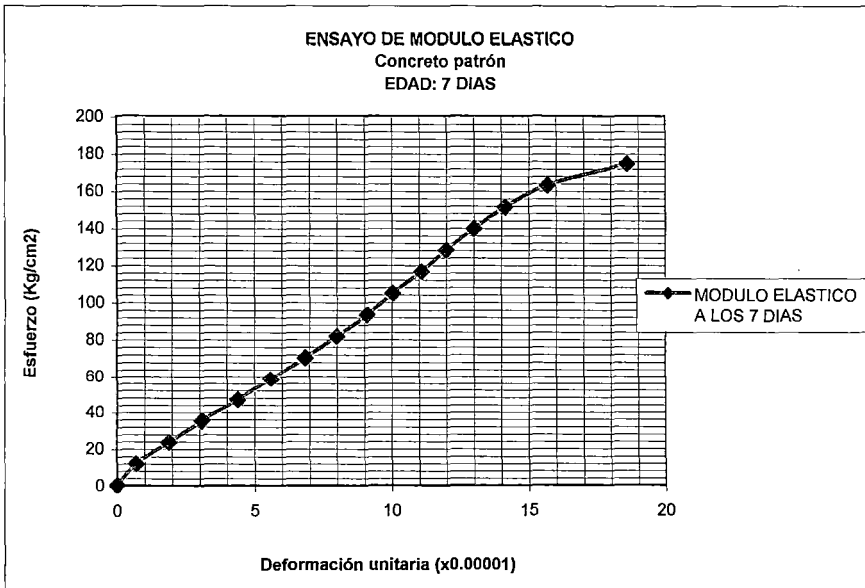
CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

CARGA	ESFUERZO	lectura		PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
		IZQUIERDA	DERECHA		
0	0	0	0	0	0
2000	11.627907	1.1	0.3	0.7	0.7
4000	23.255814	2.3	1.5	1.9	1.9
6000	34.8837209	3.3	2.9	3.1	3.1
8000	46.5116279	4.5	4.3	4.4	4.4
10000	58.1395349	5.5	5.7	5.6	5.6
12000	69.7674419	6.6	7.1	6.85	6.85
14000	81.3953488	7.5	8.5	8	8
16000	93.0232558	8.3	9.9	9.1	9.1
18000	104.651163	9.2	10.9	10.05	10.05
20000	116.27907	10.2	12	11.1	11.1
22000	127.906977	11.1	12.9	12	12
24000	139.534884	12	14	13	13
26000	151.162791	13	15.3	14.15	14.15
28000	162.790698	14.4	17	15.7	15.7
30000	174.418605	17.3	19.9	18.6	18.6

DIAMETRO :	14.80	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	172.00	E1 :	8.05	kg/cm2
CARGA MAXIMA :	30,400.00	D2 :	6.9	0.0001
ROTURA F'C :	176.74	M.E.F :	97886.9913	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	70.70			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$

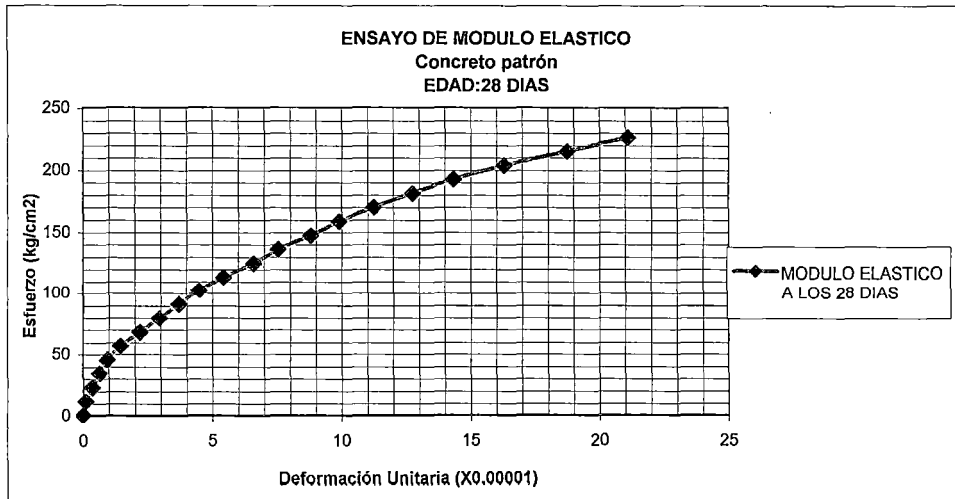


MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

EDAD	:	28 dias	relación a/c :		0.65	
			0.5	0.1		
CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA	0.0001
0	0	0	0	0	0	0
2000	11.299435	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4000	22.5988701	0.2	0.5	0.35	0.35	0.35
6000	33.8983051	0.3	1	0.65	0.65	0.65
8000	45.1977401	0.4	1.5	0.95	0.95	0.95
10000	56.4971751	0.9	2	1.45	1.45	1.45
12000	67.7966102	1.9	2.5	2.2	2.2	2.2
14000	79.0960452	2.9	3	2.95	2.95	2.95
16000	90.3954802	3.9	3.5	3.7	3.7	3.7
18000	101.694915	5	4	4.5	4.5	4.5
20000	112.99435	6.2	4.7	5.45	5.45	5.45
22000	124.293785	7.8	5.4	6.6	6.6	6.6
24000	135.59322	9.1	6	7.55	7.55	7.55
26000	146.892655	10.7	6.9	8.8	8.8	8.8
28000	158.19209	12.1	7.7	9.9	9.9	9.9
30000	169.491525	13.9	8.6	11.25	11.25	11.25
32000	180.79096	15.9	9.6	12.75	12.75	12.75
34000	192.090395	18	10.7	14.35	14.35	14.35
36000	203.389831	20.7	11.9	16.3	16.3	16.3
38000	214.689266	23.8	13.7	18.75	18.75	18.75
40000	225.988701	27.3	14.9	21.1	21.1	21.1

DIAMETRO :	15	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	177	E1 :	29 kg/cm2	
CARGA MAXIMA :	42000	D2 :	4.05	0.0001
ROTURA F'C :	237.288136	M.E.F :	185676.772 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C :	94.9152542	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	

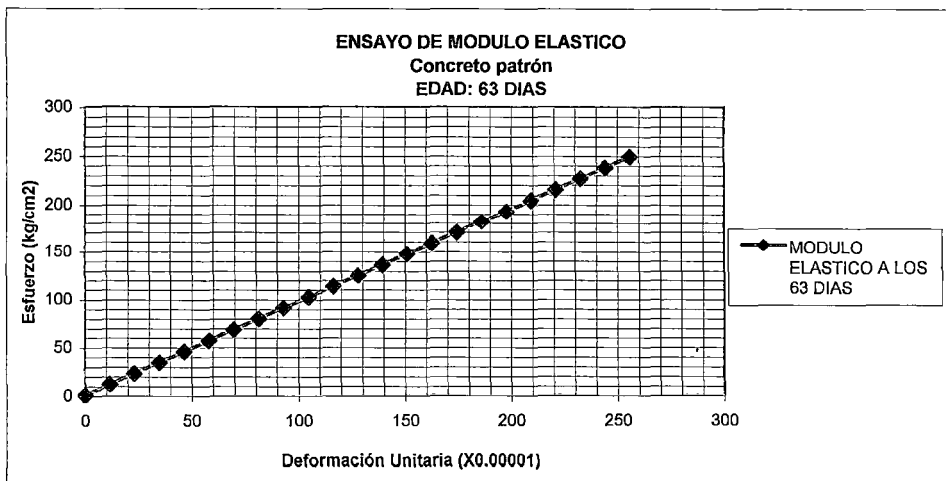


MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON SIN CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

EDAD	:		63 dias	relación a/c :	0.65	
			0.2			-0.3
CARGA	ESFUERZO	LECTURA	LECTURA	PROMEDIO	DEFORMACION	
		IZQUIERDA	DERECHA	CORREGIDO	UNITARIA 0.0001	
0	0	0	0	0	0	0
2000	11.627907	0.7	0.4	0.55	0.55	0.55
4000	23.255814	1.4	0.7	1.05	1.05	1.05
6000	34.8837209	2.1	1.1	1.6	1.6	1.6
8000	46.5116279	2.8	1.5	2.15	2.15	2.15
10000	58.1395349	3.5	1.9	2.7	2.7	2.7
12000	69.7674419	4.1	2.2	3.15	3.15	3.15
14000	81.3953488	4.9	2.6	3.75	3.75	3.75
16000	93.0232558	5.7	2.9	4.3	4.3	4.3
18000	104.651163	6.6	3.3	4.95	4.95	4.95
20000	116.27907	7.5	3.8	5.65	5.65	5.65
22000	127.906977	8.5	4.3	6.4	6.4	6.4
24000	139.534884	9.5	4.8	7.15	7.15	7.15
26000	151.162791	10.5	5.3	7.9	7.9	7.9
28000	162.790698	11.7	5.9	8.8	8.8	8.8
30000	174.418605	13	6.4	9.7	9.7	9.7
32000	186.046512	14.6	7.2	10.9	10.9	10.9
34000	197.674419	16.2	8.7	12.45	12.45	12.45
36000	209.302326	17	9.5	13.25	13.25	13.25
38000	220.930233	20.3	12.8	16.55	16.55	16.55
40000	232.55814	22.8	15.3	19.05	19.05	19.05
42000	244.186047	23.7	11.9	17.8	17.8	17.8
44000	255.813953	24.3	13	18.65	18.65	18.65
46000	267.44186	26	24.9	25.45	25.45	25.45
48000	279.069767	28.8	19.2	24	24	24

DIAMETRO :	14.8	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	172	E1 :	7.5 kg/cm2	
CARGA MAXIMA	48100	D2 :	10.4	0.0001
ROTURA F'C :	279.651163	M.E.F :	105414.611 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	111.860465	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION : 10%-90%

EDAD : 7 días

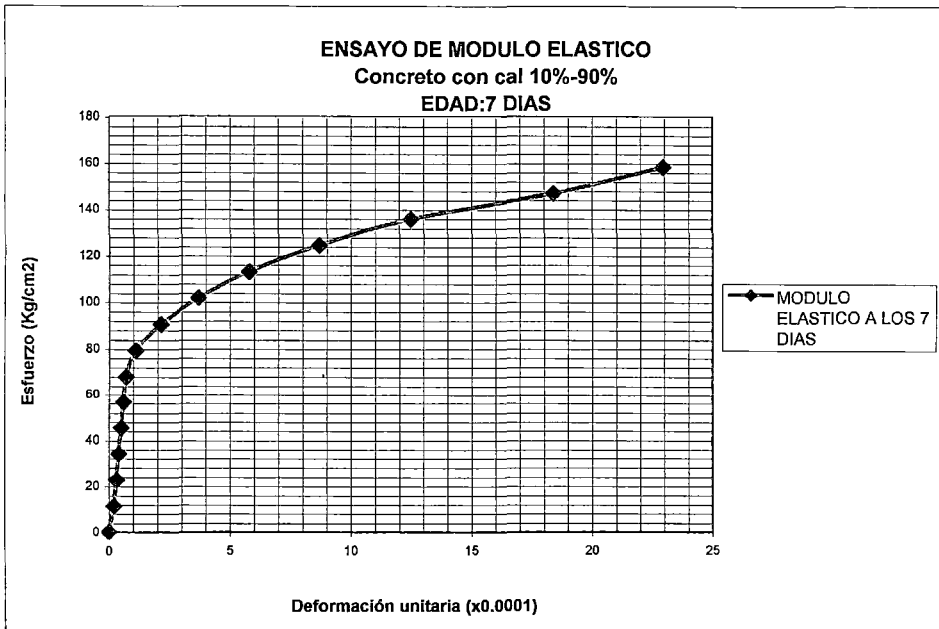
relación a/c : 0.65

0.8 0.5

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.299435	0.2	0.2	0.2	0.2
4000	22.5988701	0.3	0.3	0.3	0.3
6000	33.8983051	0.4	0.4	0.4	0.4
8000	45.1977401	0.5	0.5	0.5	0.5
10000	56.4971751	0.6	0.6	0.6	0.6
12000	67.7966102	0.7	0.7	0.7	0.7
14000	79.0960452	1.2	1	1.1	1.1
16000	90.3954802	2.5	1.8	2.15	2.15
18000	101.694915	4.5	2.9	3.7	3.7
20000	112.99435	7.3	4.3	5.8	5.8
22000	124.293785	11.1	6.3	8.7	8.7
24000	135.59322	16.2	8.8	12.5	12.5
26000	146.892655	24	12.8	18.4	18.4
28000	158.19209	29.2	16.7	22.95	22.95

DIAMETRO :	15.00	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	177.00	E1 :	45.19	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	29,100.00	D2 :	0.65	0.0001
ROTURA F'C :	164.41	M.E.F :	1371514.12	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	65.76			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

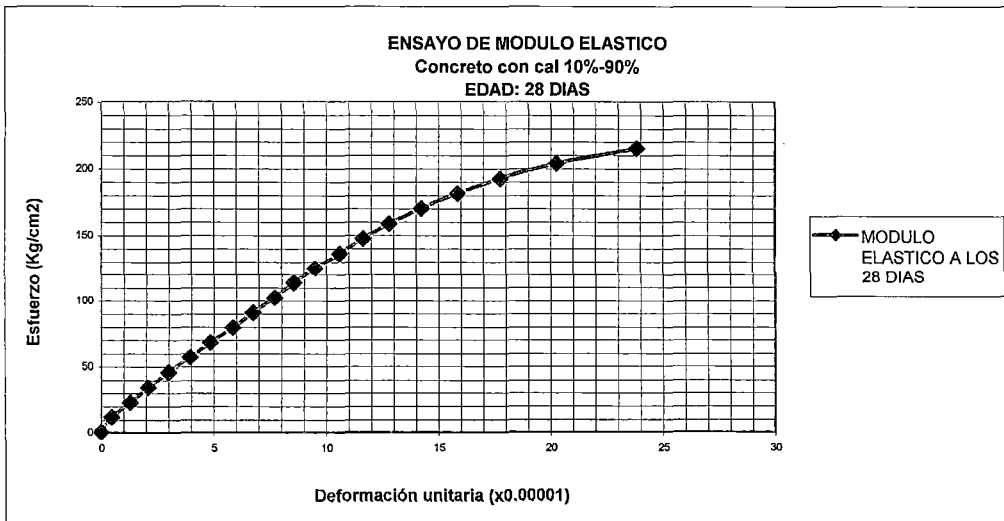
PROPORCION 10%-90%

EDAD : 28 días relación a/c : 0.65
0.5 0.2

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.299435	0.9	0.05	0.475	0.475
4000	22.5988701	2	0.6	1.3	1.3
6000	33.8983051	3	1.2	2.1	2.1
8000	45.1977401	4.1	1.9	3	3
10000	56.4971751	5.2	2.7	3.95	3.95
12000	67.7966102	6.3	3.4	4.85	4.85
14000	79.0960452	7.3	4.4	5.85	5.85
16000	90.3954802	8.2	5.3	6.75	6.75
18000	101.694915	9	6.4	7.7	7.7
20000	112.99435	9.8	7.3	8.55	8.55
22000	124.293785	10.7	8.3	9.5	9.5
24000	135.59322	11.5	9.7	10.6	10.6
26000	146.892655	12.3	11	11.65	11.65
28000	158.19209	13.2	12.4	12.8	12.8
30000	169.491525	14.2	14.3	14.25	14.25
32000	180.79096	15.6	16.1	15.85	15.85
34000	192.090395	17.1	18.4	17.75	17.75
36000	203.389831	19	21.5	20.25	20.25
38000	214.689266	21.5	26.2	23.85	23.85

DIAMETRO : 15.00 D1 : 0.5 0.0001
 AREA : 177.00 E1 : 15 kg/cm2
 CARGA MAXIMA: 39,400.00 D2 : 6.7 0.0001
 ROTURA F'C : 222.60 M.E.F : 119418.626 kg/cm2
 E2: 0.4 F'C: 89.04

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

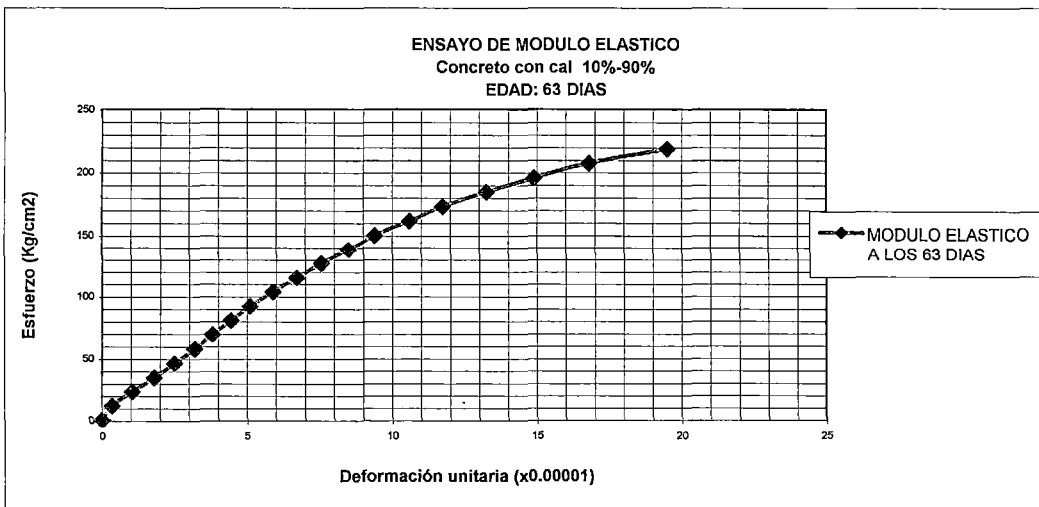
PROPORCION 10%-90%

EDAD : 63 dias relación a/c : 0.65

CARGA	ESFUERZO	lectura		PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
		IZQUIERDA	DERECHA		
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.4	0.3	0.35	0.35
4000	22.9885057	1.1	1	1.05	1.05
6000	34.4827586	1.9	1.7	1.8	1.8
8000	45.9770115	2.8	2.2	2.5	2.5
10000	57.4712644	3.7	2.7	3.2	3.2
12000	68.9655172	4.5	3.1	3.8	3.8
14000	80.4597701	5.5	3.4	4.45	4.45
16000	91.954023	6.4	3.8	5.1	5.1
18000	103.448276	7.5	4.3	5.9	5.9
20000	114.942529	8.6	4.8	6.7	6.7
22000	126.436782	9.8	5.3	7.55	7.55
24000	137.931034	11.1	5.9	8.5	8.5
26000	149.425287	12.4	6.4	9.4	9.4
28000	160.91954	14.1	7.1	10.6	10.6
30000	172.413793	15.6	7.9	11.75	11.75
32000	183.908046	17.6	8.9	13.25	13.25
34000	195.402299	19.9	9.9	14.9	14.9
36000	206.896552	22.4	11.2	16.8	16.8
38000	218.390805	26	13	19.5	19.5

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	12.5	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	39,400.00	D2 :	5	0.0001
ROTURA F'C :	226.44	M.E.F :	173499.361	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	90.57			

$$MEET = (E2 - E1) / (D2 - 0.5 * 0.0001)$$



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

MUESTRAS EN CURADO SECO:

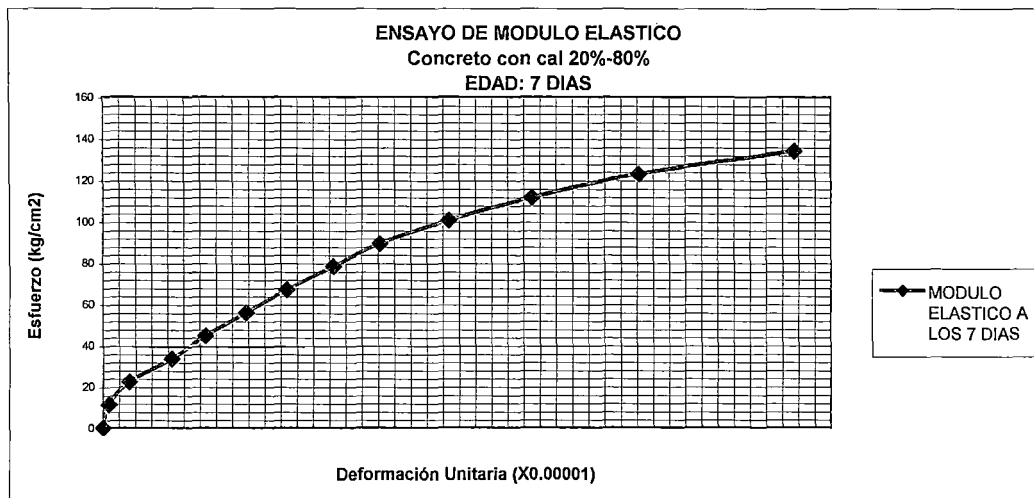
PROPORCION 20%-80%

EDAD : 7 días

relación a/c : 0.65

CARGA	ESFUERZO	lectura a/c :		PROMEDIO DEFORMACION CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
		-0.2 IZQUIERDA	0.3 DERECHA		
0	0	0	0	0	0
2000	11.1731844	0.2	0.1	0.15	0.15
4000	22.3463687	0.8	0.5	0.65	0.65
6000	33.5195531	2.3	1.1	1.7	1.7
8000	44.6927374	3.5	1.6	2.55	2.55
10000	55.8659218	5	2.1	3.55	3.55
12000	67.0391061	6.6	2.5	4.55	4.55
14000	78.2122905	8.4	3	5.7	5.7
16000	89.3854749	10.2	3.5	6.85	6.85
18000	100.558659	12.7	4.4	8.55	8.55
20000	111.731844	15.6	5.6	10.6	10.6
22000	122.905028	19.5	7	13.25	13.25
24000	134.078212	25.2	9	17.1	17.1

DIAMETRO :	15.1	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	179	E1 :	20.2 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	25,200.00	D2 :	3.6	0.0001
ROTURA F'C :	140.782123	M.E.F :	116493.062 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	56.3128492	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

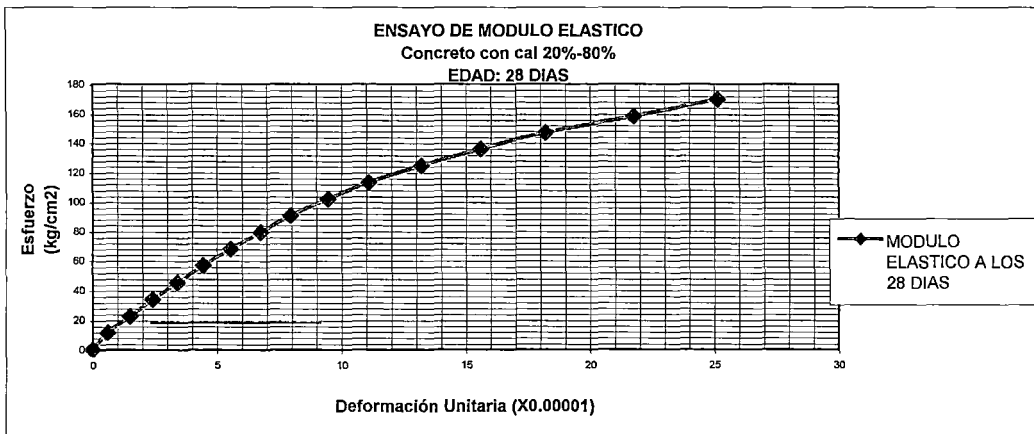
MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION 20%-80%

EDAD : 28 días relación a/c : 0.65
-0.3 0.1

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.299435	0.5	0.7	0.6	0.6
4000	22.5988701	1.5	1.5	1.5	1.5
6000	33.8983051	2.5	2.3	2.4	2.4
8000	45.1977401	3.6	3.2	3.4	3.4
10000	56.4971751	4.8	4.1	4.45	4.45
12000	67.7966102	6.1	5	5.55	5.55
14000	79.0960452	7.4	6.1	6.75	6.75
16000	90.3954802	8.7	7.2	7.95	7.95
18000	101.694915	10.3	8.6	9.45	9.45
20000	112.99435	12.1	10.1	11.1	11.1
22000	124.293785	14.5	11.9	13.2	13.2
24000	135.59322	17.4	13.8	15.6	15.6
26000	146.892655	20.5	15.9	18.2	18.2
28000	158.19209	24.6	18.9	21.75	21.75
30000	169.491525	28.6	21.7	25.15	25.15

DIAMETRO :	15	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	177	E1 :	11 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	31,800.00	D2 :	5.9	0.0001
ROTURA F'C :	179.661017	M.E.F :	112711.864 kg/cm2	
E2: 0.4 F'C:	71.8644068	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

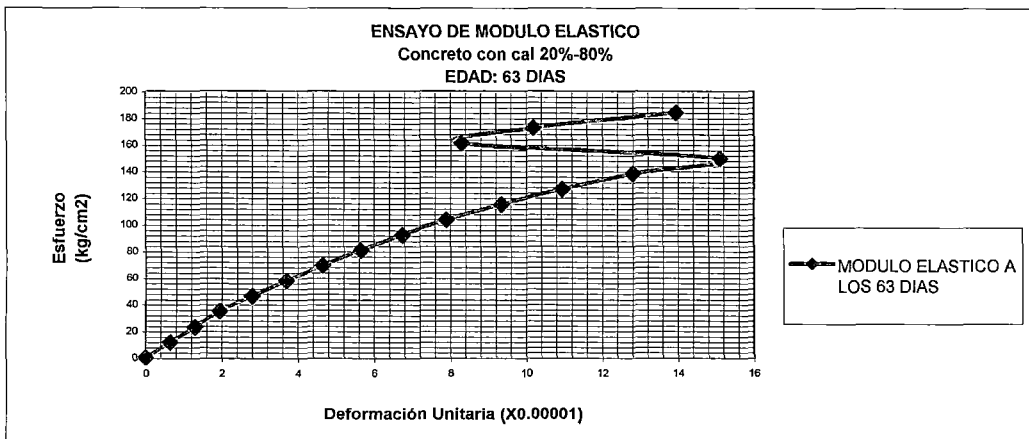
MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION : 20%-80%

EDAD : 63 dias relación a/c : 0.65

CARGA	ESFUERZO	relación a/c : 0.65		PROMEDIO DEFORMACION CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
		LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA		
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.8	0.5	0.65	0.65
4000	22.9885057	1.6	1	1.3	1.3
6000	34.4827586	2.3	1.6	1.95	1.95
8000	45.9770115	3.3	2.3	2.8	2.8
10000	57.4712644	4.2	3.2	3.7	3.7
12000	68.9655172	5.2	4.1	4.65	4.65
14000	80.4597701	6.3	5	5.65	5.65
16000	91.954023	7.5	6	6.75	6.75
18000	103.448276	8.7	7.1	7.9	7.9
20000	114.942529	10.2	8.5	9.35	9.35
22000	126.436782	11.8	10.1	10.95	10.95
24000	137.931034	13.8	11.8	12.8	12.8
26000	149.425287	16.1	14.1	15.1	15.1
28000	160.91954	-0.1	16.7	8.3	8.3
30000	172.413793	-0.1	20.5	10.2	10.2
32000	183.908046	-0.1	28	13.95	13.95

DIAMETRO :	14.9	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174	E1 :	9	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	32,800.00	D2 :	5.2	0.0001
ROTURA F'C :	188.505747	M.E.F :	141281.487	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	75.4022989	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

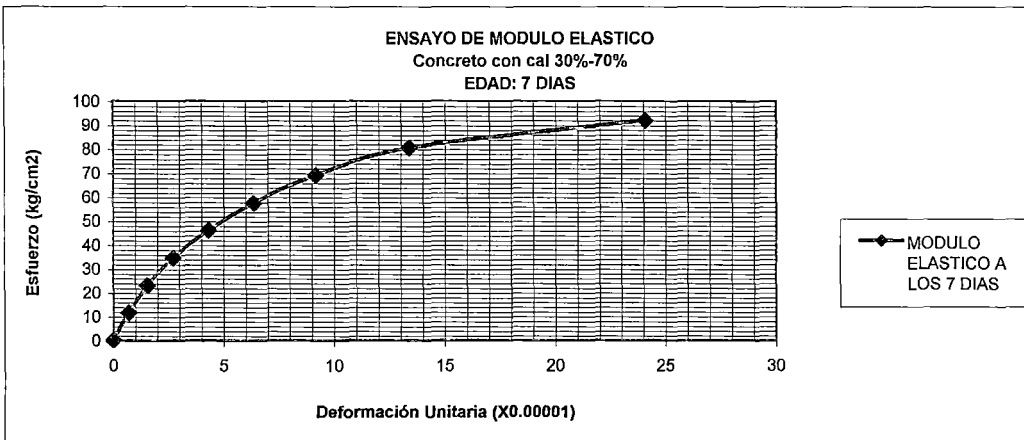
MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION **30%-70%**

EDAD : 7 dias relación a/c : 0.65
0.45 0.4

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.3	1.1	0.7	0.7
4000	22.9885057	0.7	2.4	1.55	1.55
6000	34.4827586	1.35	4.1	2.725	2.725
8000	45.9770115	2.45	6.2	4.325	4.325
10000	57.4712644	3.85	8.9	6.375	6.375
12000	68.9655172	5.85	12.5	9.175	9.175
14000	80.4597701	8.85	17.9	13.375	13.375
16000	91.954023	19.55	28.6	24.075	24.075

DIAMETRO :	14.9	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174	E1 :	8.9 kg/cm2	
CARGA MAXIMA:	17000	D2 :	3.4	0.0001
ROTURA F'c :	97.7011494	M.E.F :	104070.551 kg/cm2	
E2: 0.4 F'c:	39.0804598	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

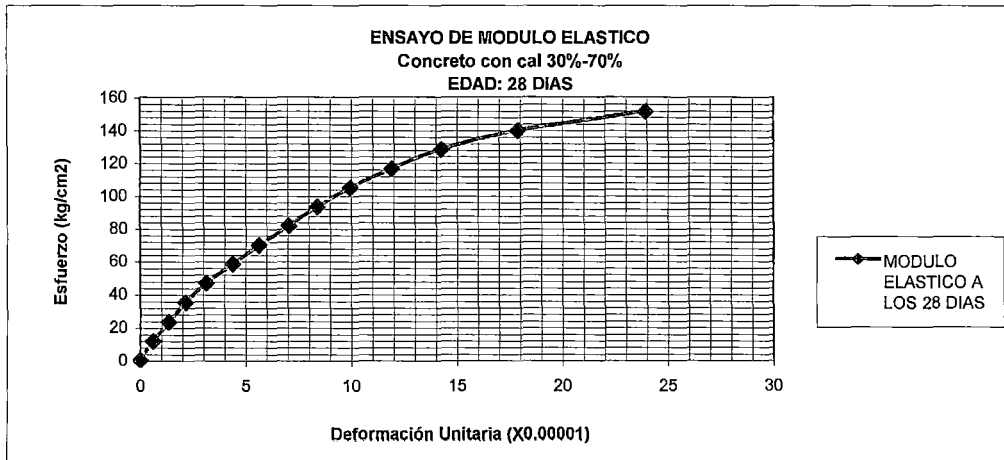
MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION 30%-70%

EDAD : 28 días relación a/c : 0.65
0.4 0.1

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.627907	0.7	0.5	0.6	0.6
4000	23.255814	1.5	1.2	1.35	1.35
6000	34.8837209	2.3	2	2.15	2.15
8000	46.5116279	3.3	3	3.15	3.15
10000	58.1395349	4.7	4.1	4.4	4.4
12000	69.7674419	6	5.3	5.65	5.65
14000	81.3953488	7.5	6.6	7.05	7.05
16000	93.0232558	8.7	8.1	8.4	8.4
18000	104.651163	10	9.9	9.95	9.95
20000	116.27907	11.5	12.3	11.9	11.9
22000	127.906977	13.2	15.3	14.25	14.25
24000	139.534884	15.7	20.1	17.9	17.9
26000	151.162791	18.9	29	23.95	23.95

DIAMETRO :	14.8	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	172	E1 :	9	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	26200	D2 :	4.7	0.0001
ROTURA F'C :	152.325581	M.E.F :	123643.411	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	60.9302326	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



MODULO ELASTICO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

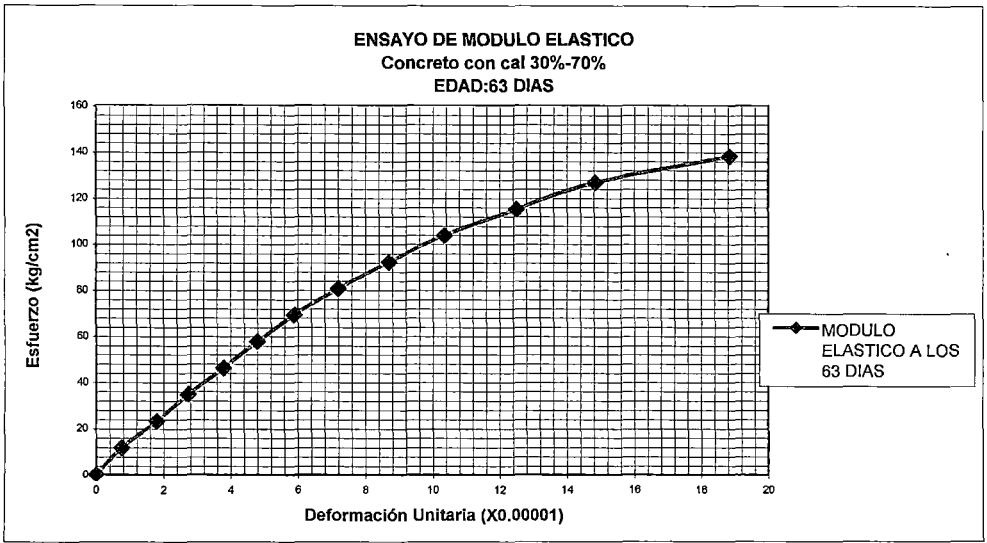
MUESTRAS EN CURADO SECO:

PROPORCION : 30%-70%

EDAD : 63 días relación a/c : 0.65

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNITARIA 0.0001
0	0	0	0	0	0
2000	11.4942529	0.5	1	0.75	0.75
4000	22.9885057	1.3	2.3	1.8	1.8
6000	34.4827586	2.1	3.4	2.75	2.75
8000	45.9770115	2.9	4.7	3.8	3.8
10000	57.4712644	3.8	5.8	4.8	4.8
12000	68.9655172	4.7	7.1	5.9	5.9
14000	80.4597701	5.7	8.7	7.2	7.2
16000	91.954023	6.7	10.7	8.7	8.7
18000	103.448276	7.4	13.3	10.35	10.35
20000	114.942529	8.3	16.7	12.5	12.5
22000	126.436782	9.3	20.4	14.85	14.85
24000	137.931034	10.9	26.8	18.85	18.85

DIAMETRO :	14.90	D1 :	0.5	0.0001
AREA :	174.00	E1 :	8	kg/cm2
CARGA MAXIMA:	26,000.00	D2 :	5	0.0001
ROTURA F'C :	149.43	M.E.F :	115044.7	kg/cm2
E2: 0.4 F'C:	59.77	MEET=	(E2-E1)/(D2-0.5*0.0001)	



ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

EDAD	DESCRIPCION		HORA DE	LEC PARC.	LEC ACUM	K1	LEC PARC.	LEC ACUM	K2	LEC PARC.	LEC ACUM	K3	presion	PRESION	Kprom	
ENSAYO	dosific.	curado	ENSAYO	H1(cm)	H1(cm)	cm/seg	H2(cm)	H2(cm)	cm/seg	H3(cm)	H3(cm)	cm/seg	psi	BARS	cm/seg	
DATOS DE MUESTRAS PATRON																
28 días	patrón	húmedo	02:25:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	42.05	29	0	
28 días	patrón	húmedo	02:55:00 p.m.	8.60	8.6	1.21372E-07	0	0	0	19.2	19.2	2.7097E-07	17.4	12	1.3078E-07	
28 días	patrón	húmedo	03:55:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	43.5	30	0	
28 días	patrón	húmedo	04:10:00 p.m.	7.60	7.6	6.07799E-08	4.2	4.2	6.99769E-08	9.9	9.9	7.9174E-08	43.5	30	6.99769E-08	
28 días	patrón	húmedo	04:12:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	37.7	26	0	
28 días	patrón	húmedo	04:42:00 p.m.	2.70	2.7	1.07964E-07	0	0	0	4.7	4.7	1.8794E-07	29	20	9.86341E-08	
28 días	patrón	húmedo	05:12:00 p.m.	0.90	3.6	5.39822E-08	0	0	0	0.2	4.9	1.1996E-08	23.2	16	2.19927E-08	
28 días	patrón	húmedo	06:15:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	43.5	30	0	
28 días	patrón	húmedo	06:45:00 p.m.	9.80	9.8	1.17561E-06	7.4	7.4	9.24695E-07	14	14	1.6794E-06	40.6	28	1.25992E-06	
28 días	patrón	húmedo	07:20:00 p.m.	5	14.8	2.57058E-07	3.6	11	1.92794E-07	9.2	23.2	4.7299E-07	34.8	24	3.07613E-07	
28 días	patrón	húmedo	07:50:00 p.m.	3.90	18.7	4.67846E-07	2.3	13.3	2.87405E-07	6.4	29.6	7.6775E-07	31.9	22	5.07666E-07	
28 días	patrón	húmedo	08:10:00 p.m.	1.10	19.8	1.97935E-07	1.1	14.4	2.06182E-07	3.6	33.2	6.4779E-07	29	20	3.50634E-07	
28 días	patrón	húmedo	08:55:00 p.m.	2.50	22.3	1.99934E-07	2.1	16.5	1.74942E-07	5	38.2	3.9987E-07	26.1	18	2.58248E-07	
28 días	patrón	húmedo	09:25:00 p.m.				0	0	0	0	0	0	26.1	18	0	
28 días	patrón	húmedo	09:55:00 p.m.				1.6	1.6	1.99934E-07	5.1	5.1	6.118E-07	23.2	16	2.70577E-07	
28 días	patrón	húmedo	10:25:00 p.m.				0.9	2.5	1.12463E-07	2.1	7.2	2.5192E-07	20.3	14	1.2146E-07	
28 días	patrón	húmedo													0	
															3.09E-07	
DATOS DE MUESTRAS 10% -90%																
28 días	10%-90%	húmedo	11:30:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	49.3	34	0	
28 días	10%-90%	húmedo	12:00 p.m.	20.00	20	6.96016E-08	24.2	24.2	1.54808E-07	19.2	19.2	6.4962E-08	49.3	34	9.6457E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	12:10:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	46.4	32	0	
28 días	10%-90%	húmedo	12:40:00 p.m.	12.10	12.1	4.47408E-08	12.5	12.5	8.49605E-08	11.5	11.5	4.1341E-08	46.4	32	5.70141E-08	
28 días	10%-90%	húmedo		0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	43.5	30	0	
28 días	10%-90%	húmedo	08:30:00 a.m.	5.9	5.9	2.32701E-08	7.4	7.4	5.36497E-08	7.2	7.2	2.7609E-08	43.5	30	3.48428E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	09:00:00 a.m.	0.10	6	4.22581E-10	0.2	7.6	2.17499E-08	0.1	7.3	1.1504E-08	40.6	28	1.12254E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	09:30:00 a.m.	3.4	9.4	1.43678E-08	4	11.6	3.10713E-08	3.9	11.2	1.6023E-08	40.6	28	2.04873E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	10:00:00 a.m.	3.2	12.6	1.35226E-08	3.5	15.1	1.35937E-08	3.4	14.6	1.3969E-08	40.6	28	1.3695E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	10:30:00 a.m.	3.1	15.7	1.35852E-08	3.3	18.4	7.17746E-07	3.5	18.1	8.0525E-07	39.15	27	5.12194E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	11:00:00 a.m.	3.1	18.8	1.41077E-08	3.4	21.8	7.39496E-07	3.3	21.4	7.5924E-07	37.7	26	5.0428E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	11:30:00 a.m.	2.5	21.3	1.13772E-08	2.7	24.5	1.12932E-08	2.2	23.6	9.7338E-09	37.7	26	1.06014E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	12:00:00 a.m.	1.8	23.1	8.19157E-09	2.1	26.6	8.78361E-09	2	25.6	8.6489E-09	37.7	26	8.60803E-09	
28 días	10%-90%	húmedo	12:30:00 a.m.	1.7	24.8	8.04595E-09	1.8	28.4	3.91498E-07	1.9	27.5	4.3714E-07	36.25	25	2.78894E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	01:00:00 p.m.	1.5	26.3	7.39517E-09	1.5	29.9	3.26248E-07	1.5	29	3.4511E-07	34.8	24	2.2625E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	01:30:00 p.m.	3.9	30.2	1.92274E-08	3.9	33.8	1.76718E-08	3.9	32.9	1.8693E-08	34.8	24	1.85309E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	02:00:00 p.m.	1.5	31.7	8.06746E-09	1.5	35.3	1.63124E-07	1.5	34.4	1.7255E-07	31.9	22	1.14582E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	02:00:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	31.9	22	0	
28 días	10%-90%	húmedo	03:00:00 p.m.	5.00	5	1.34458E-08	5	5	1.23579E-08	5	5	1.3072E-08	31.9	22	1.29586E-08	
28 días	10%-90%	húmedo	03:30:00 p.m.	1.70	6.7	1.00574E-08	1.9	6.9	2.06624E-07	2	7	2.3007E-07	29	20	1.48918E-07	
28 días	10%-90%	húmedo	04:00:00 p.m.	1.50	8.2	8.87421E-09	1.5	8.4	8.15621E-09	1.2	8.2	6.9022E-09	29	20	7.97752E-09	
28 días	10%-90%	húmedo	04:30:00 p.m.	1.80	10	1.12095E-08	1.8	10.2	3.91498E-07	1.7	9.9	3.9112E-07	27.55	19	2.6461E-07	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

EDAD	DESCRIPCION		HORA DE ENSAYO	LEC PARC. H1(cm)	LEC ACUM H1(cm)	K1 cm/seg	LEC PARC. H2(cm)	LEC ACUM H2(cm)	K2 cm/seg	LEC PARC. H3(cm)	LEC ACUM H3(cm)	K3 cm/seg	presion psi	PRESION BARS	Kprom Kprom cm/seg
ENSAYO	dosific.	curado													
28 días	10%-90%	húmedo	05:00:00 p.m.	1.20	11.2	7.47302E-09	1.3	11.5	7.44075E-09	1.3	11.2	7.8709E-09	27.55	19	7.59488E-09
28 días	10%-90%	húmedo	05:30:00 p.m.	1.50	12.7	9.86023E-09	1.4	12.9	3.04498E-07	1.5	12.7	3.4511E-07	26.1	18	2.19822E-07
28 días	10%-90%	húmedo	05:30:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	24.65	17	0
28 días	10%-90%	húmedo	06:30:00 p.m.	3.80	3.8	1.32243E-08	3.9	3.9	1.24742E-08	3.8	3.8	1.2857E-08	24.65	17	1.28518E-08
28 días	10%-90%	húmedo	07:00:00 p.m.	0.70	4.5	4.87211E-09	0.6	4.5	3.83821E-09	0.7	4.5	4.7368E-09	24.65	17	4.48237E-09
28 días	10%-90%	húmedo	07:30:00 p.m.	1.30	5.8	9.61372E-09	1.3	5.8	2.82748E-07	1.3	5.8	2.9909E-07	23.2	16	1.97152E-07
28 días	10%-90%	húmedo	08:00:00 p.m.	1.20	7	8.87421E-09	1.2	7	8.15621E-09	0.7	6.5	5.0328E-09	23.2	16	7.35441E-09
28 días	10%-90%	húmedo	08:30:00 p.m.	0.90	7.9	7.60646E-09	1	8	1.08749E-07	1.6	8.1	1.8406E-07	20.3	14	1.00138E-07
28 días	10%-90%	húmedo	09:00:00 p.m.	1.00	8.9	8.45162E-09	0.9	8.9	6.99103E-09	0.8	8.9	6.5735E-09	20.3	14	7.33871E-09
28 días	10%-90%	húmedo	09:30:00 p.m.	0.70	9.6	5.91614E-09	0.7	9.6	5.43747E-09	0.7	9.6	5.7518E-09	20.3	14	5.7018E-09
28 días	10%-90%	húmedo	10:00:00 p.m.	0.80	10.4	6.7613E-09	0.6	10.2	4.66069E-09	0.8	10.4	6.5735E-09	20.3	14	5.99849E-09
28 días	10%-90%	húmedo	10:30:00 p.m.	0.60	11	5.07097E-09	0.8	11	6.21425E-09	0.5	10.9	4.1084E-09	20.3	14	5.13122E-09
28 días	10%-90%	húmedo	11:00:00 p.m.	0.70	11.7	5.91614E-09	0.6	11.6	4.66069E-09	0.4	11.3	3.2867E-09	20.3	14	4.62119E-09
28 días	10%-90%	húmedo			TERMINO			TERMINO			TERMINO				9.73504E-08
				M1 (cms)		M2(cms)		M3 (cms)							
DATOS DE MUESTRAS 20% -80%				espesor 7.2	diametro 14.5	espesor 7.3	diametro 14.6	espesor 7.5	diametro 14.5						
28 días	20%-80%	húmedo	10:43:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	37.7	26	0
28 días	20%-80%	húmedo	11:13:00 p.m.	9.90	9.9	4.56772E-08	6.9	6.9	3.18372E-08	7.1	7.1	3.4123E-08	37.7	26	3.72126E-08
28 días	20%-80%	húmedo	11:43:00 p.m.	7.00	16.9	3.2297E-08	5.3	12.2	2.44546E-08	8.8	15.9	4.2294E-08	37.7	26	3.30151E-08
28 días	20%-80%	húmedo	11:55:00 p.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	37.7	26	0
28 días	20%-80%	húmedo	12:25:00 p.m.	5.40	5.4	6.47786E-07	4.2	4.2	5.03858E-07	7.4	7.4	9.2469E-07	34.8	24	6.92113E-07
28 días	20%-80%	húmedo	12:55:00 p.m.	3.70	9.1	1.84939E-08	2.4	6.6	1.19966E-08	5.7	13.1	2.9678E-08	34.8	24	2.00561E-08
28 días	20%-80%	húmedo	09:15:00 a.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	34.8	24	0
28 días	20%-80%	húmedo	09:45:00 a.m.	2.00	2	4.79842E-07	1.9	1.9	4.55871E-07	8.6	8.6	2.1493E-06	33.35	23	1.02833E-06
28 días	20%-80%	húmedo	10:15:00 a.m.	3.00	5	7.19762E-07	0.6	2.5	1.43959E-07	4.6	13.2	1.1496E-06	31.9	22	6.71114E-07
28 días	20%-80%	húmedo	10:45:00 a.m.	2.80	7.8	1.52677E-08	0	0	0	4.1	17.3	2.3288E-08	31.9	22	1.28518E-08
28 días	20%-80%	húmedo	11:15:00 a.m.	1.30	9.1	7.08857E-09	4.1	4.1	2.23573E-08	2.6	19.9	1.4768E-08	31.9	22	1.47379E-08
28 días	20%-80%	húmedo	11:45:00 a.m.	1.10	10.2	2.63913E-07	0	0	0	2.7	22.6	6.7478E-07	30.45	21	3.12897E-07
28 días	20%-80%	húmedo	12:15:00 a.m.	1.80	12	1.02823E-08	5	5	2.85634E-08	2.4	25	1.4281E-08	30.45	21	1.77089E-08
28 días	20%-80%	húmedo	12:45:00 a.m.	1.00	13	2.39921E-07	1.2	6.2	2.87919E-07	2.9	27.9	7.2476E-07	29	20	4.17533E-07
28 días	20%-80%	húmedo	01:15:00 p.m.	1.5	14.5	8.99703E-09	1	7.2	5.99831E-09	3	30.9	1.8744E-08	29	20	1.12464E-08
28 días	20%-80%	húmedo	01:45:00 p.m.	2.8	17.3	1.67945E-08	1.8	9	1.07969E-08	5.5	36.4	3.4364E-08	29	20	2.06517E-08
28 días	20%-80%	húmedo	02:15:00 p.m.	3.9	21.2	9.35691E-07	2.7	11.7	6.47817E-07	7.9	44.3	1.9743E-06	27.55	19	1.16595E-06
28 días	20%-80%	húmedo	02:45:00 p.m.	5.1	26.3	3.21999E-08	3.5	15.2	2.2099E-08	10.1	54.4	6.6425E-08	27.55	19	4.02415E-08
28 días	20%-80%	húmedo	03:15:00 p.m.	0.4	26.7	9.5983E-08	0.2	15.4	4.79864E-08	1.5	55.9	3.7488E-07	26.1	18	1.72944E-07
28 días	20%-80%	húmedo	03:45:00 p.m.	0.8	27.5	5.33157E-09	0.4	15.8	2.66591E-09	2	57.9	1.3884E-08	26.1	18	7.29393E-09
28 días	20%-80%	húmedo	04:15:00 p.m.	1.1	28.6	1.31956E-07	0.5	16.3	5.99831E-08	1.8	59.7	2.2493E-07	23.2	16	1.38955E-07
28 días	20%-80%	húmedo	04:45:00 p.m.	2	30.6	1.49951E-08	1.2	17.5	8.99746E-09	2.8	62.5	2.0993E-08	23.2	16	1.49952E-08
28 días	20%-80%	húmedo	05:15:00 p.m.	0	30.6	0	0	17.5	0	0	SUSPENDIDO	0	20.3	14	0
28 días	20%-80%	húmedo	05:45:00 p.m.	1	31.6	8.5686E-09	0	17.5	0	0	0	0	20.3	14	4.2843E-09
28 días	20%-80%	húmedo	6:45 p.m.	2.3	33.9	9.85389E-09	0.9	18.4	3.85605E-09	0	0	0	20.3	14	6.85497E-09
28 días	20%-80%	húmedo	07:15:00 p.m.	1.2	35.1	1.91937E-07	0.6	19	9.59729E-08	0	0	0	18.125	12.5	1.43955E-07
28 días	20%-80%	húmedo	07:50:00 p.m.	1.9	37	7.81456E-07	0.8	19.8	3.2905E-07	0	0	0	17.4	12	5.55253E-07
28 días	20%-80%	húmedo	08:20:00 p.m.	0.8	37.8	7.99736E-09	0.4	20.2	3.99687E-09	0	0	0	17.4	12	5.99812E-09
28 días	20%-80%	húmedo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 días	20%-80%	húmedo	08:50:00 p.m.	1.00	1	2.1811E-08	0.5	0.5	1.0906E-08	0	0	0	15.95	11	1.63585E-08
28 días	20%-80%	húmedo	09:20:00 p.m.	0.80	1.8	8.72439E-09	0.3	0.8	3.2718E-09	0	0	0	15.95	11	5.9981E-09
28 días	20%-80%	húmedo	09:50:00 p.m.	0.50	2.3	5.45275E-09	0.1	0.9	1.0906E-09	0	0	0	15.95	11	3.27167E-09
28 días	20%-80%	húmedo	10:20:00 p.m.	0.40	2.7	4.3622E-09	0.3	1.2	3.2718E-09	0	0	0	15.95	11	3.817E-09
28 días	20%-80%	húmedo	10:50:00 p.m.	0.60	3.3	6.54329E-09	0.1	1.3	1.0906E-09	0	0	0	15.95	11	3.81695E-09
28 días	20%-80%	húmedo	11:20:00 p.m.	0.60	3.9	6.54329E-09	0.3	1.6	3.2718E-09	0	0	0	15.95	11	4.90755E-09
28 días	20%-80%	húmedo	11:50:00 p.m.	0.70	4.6	7.63384E-09	0.5	2.1	5.453E-09	0	0	0	15.95	11	6.54342E-09
28 días	20%-80%	húmedo	09:58:00 a.m.	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	20.3	14	0
28 días	20%-80%	húmedo	10:28:00 a.m.	2.60	2.6	2.22784E-08	1.4	1.4	1.19966E-08	0	0	0	20.3	14	1.71375E-08
28 días	20%-80%	húmedo	10:58:00 a.m.	1.60	4.2	1.37098E-08	0.9	2.3	7.71211E-09	0	0	0	20.3	14	1.07109E-08

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
0	patrón INICIAL	1	20-Ago	19-Ago	11.1170	2.7900	2.6455	1344.6236			
0	patrón INICIAL	2	20-Ago	19-Ago	11.0765	2.8075	2.6445	1347.6187			
0	patrón INICIAL	3	20-Ago	19-Ago	11.0905	2.7995	2.6400	1343.1876	1345.1433	100.00%	0.00%
1	patrón DIA #01	1	21-Ago	19-Ago	11.1160	2.6300	2.7895	1336.3856			
1	patrón DIA #01	2	21-Ago	19-Ago	11.1390	2.6465	2.8295	1366.8755			
1	patrón DIA #01	3	21-Ago	19-Ago	11.1075	2.6420	2.8055	1349.1510	1350.8040	100.42%	0.42%
3	patrón DIA #03	1	23-Ago	19-Ago	11.1060	2.7925	2.6465	1345.0050			
3	patrón DIA #03	2	23-Ago	19-Ago	11.1420	2.6510	2.8215	1365.6962			
3	patrón DIA #03	3	23-Ago	19-Ago	11.0990	2.8285	2.6500	1363.2863	1357.9958	100.96%	0.95%
5	patrón DIA #05	1	25-Ago	19-Ago	11.1060	2.7870	2.6465	1342.3559			
5	patrón DIA #05	2	25-Ago	19-Ago	11.0720	2.8080	2.6415	1345.7827			
5	patrón DIA #05	3	25-Ago	19-Ago	11.0835	2.7895	2.6370	1336.0250	1341.3879	99.72%	-0.28%
9	patrón DIA #09	1	29-Ago	19-Ago	11.1050	2.7965	2.6400	1343.5025			
9	patrón DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.0695	2.8235	2.6385	1351.3693			
9	patrón DIA #09	3	29-Ago	19-Ago	11.0900	2.8000	2.6465	1346.6745	1347.1821	100.15%	0.15%
11	patrón DIA #11	1	31-Ago	19-Ago	11.1100	2.7930	2.6585	1351.8323			
11	patrón DIA #11	2	31-Ago	19-Ago	11.0865	2.8205	2.6425	1354.0563			
11	patrón DIA #11	3	31-Ago	19-Ago	11.0965	2.6390	2.7920	1339.8062	1348.5649	100.25%	0.25%
12	patrón DIA #12	1	01-Sep	19-Ago	11.1645	2.6520	2.8040	1360.4794			
12	patrón DIA #12	2	01-Sep	19-Ago	11.0760	2.8150	2.6265	1341.9610			
12	patrón DIA #12	3	01-Sep	19-Ago	11.0870	2.7965	2.6440	1343.3571	1348.5992	100.26%	0.26%
14	patrón DIA #14	1	03-Sep	19-Ago	11.0920	2.7820	2.6255	1327.6395			
14	patrón DIA #14	2	03-Sep	19-Ago	11.0785	2.8090	2.6480	1350.3670			
14	patrón DIA #14	3	03-Sep	19-Ago	11.0875	2.7945	2.6290	1334.8408	1337.6158	99.44%	-0.56%
15	patrón DIA #15	1	04-Sep	19-Ago	11.0990	2.7890	2.6335	1335.8781			
15	patrón DIA #15	2	04-Sep	19-Ago	11.0830	2.8130	2.6420	1349.7739			
15	patrón DIA #15	3	04-Sep	19-Ago	11.0880	2.7965	2.6390	1340.9376	1342.1966	99.78%	-0.22%
16	patrón DIA #16	1	05-Sep	19-Ago	11.0940	2.7830	2.6325	1331.8978			
16	patrón DIA #16	2	05-Sep	19-Ago	11.0820	2.8020	2.6230	1334.7063			
16	patrón DIA #16	3	05-Sep	19-Ago	11.0865	2.7990	2.6265	1335.5985	1334.0675	99.18%	-0.83%
17	patrón DIA #17	1	06-Sep	19-Ago	11.0970	2.7840	2.6280	1330.4585			
17	patrón DIA #17	2	06-Sep	19-Ago	11.0785	2.7995	2.6270	1335.1272			
17	patrón DIA #17	3	06-Sep	19-Ago	11.0885	2.7825	2.6400	1334.7903	1333.4587	99.13%	-0.88%
18	patrón DIA #18	1	07-Sep	19-Ago	11.1000	2.7855	2.6220	1328.4952			
18	patrón DIA #18	2	07-Sep	19-Ago	11.0805	2.8020	2.6295	1337.8327			
18	patrón DIA #18	3	07-Sep	19-Ago	11.0890	2.7845	2.6375	1334.5450	1333.6243	99.14%	-0.86%
21	patrón DIA #21	1	10-Sep	19-Ago	11.1280	2.7905	2.6310	1338.8168			
21	patrón DIA #21	2	10-Sep	19-Ago	11.0865	2.8105	2.6390	1347.4684			
21	patrón DIA #21	3	10-Sep	19-Ago	11.1020	2.7905	2.6315	1335.9425	1340.7426	99.67%	-0.33%
22	patrón DIA #22	1	11-Sep	19-Ago	11.0920	2.7830	2.6290	1329.8872			
22	patrón DIA #22	2	11-Sep	19-Ago	11.0840	2.8120	2.6350	1345.8405			
22	patrón DIA #22	3	11-Sep	19-Ago	11.0775	2.7850	2.6355	1332.3893	1336.0390	99.32%	-0.68%

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
23	patrón DIA #23	1	12-Sep	19-Ago	11.1030	2.8110	2.6295	1344.8552			
23	patrón DIA #23	2	12-Sep	19-Ago	11.0835	2.8130	2.6430	1350.3457			
23	patrón DIA #23	3	12-Sep	19-Ago	11.0925	2.7875	2.6390	1337.1645	1344.1218	99.92%	-0.08%
24	patrón DIA #24	1	13-Sep	19-Ago	11.0945	2.8385	2.6350	1359.8105			
24	patrón DIA #24	2	13-Sep	19-Ago	11.0855	2.8090	2.6390	1346.6278			
24	patrón DIA #24	3	13-Sep	19-Ago	11.0890	2.7870	2.6390	1336.5029	1347.6471	100.19%	0.19%
25	patrón DIA #25	1	14-Sep	19-Ago	11.1020	2.8165	2.6585	1362.2248			
25	patrón DIA #25	2	14-Sep	19-Ago	11.0870	2.8120	2.6465	1352.0801			
25	patrón DIA #25	3	14-Sep	19-Ago	11.0855	2.7965	2.6315	1336.8252	1350.3767	100.39%	0.39%
28	patrón DIA #28	1	17-Sep	19-Ago	11.1000	2.8015	2.6380	1344.2794			
28	patrón DIA #28	2	17-Sep	19-Ago	11.0830	2.8185	2.6425	1352.6689			
28	patrón DIA #28	3	17-Sep	19-Ago	11.0910	2.7910	2.6400	1339.1697	1345.3727	100.02%	0.02%
29	patrón DIA #29	1	18-Sep	19-Ago	11.0935	2.8100	2.6260	1341.4385			
29	patrón DIA #29	2	18-Sep	19-Ago	11.0760	2.8110	2.6435	1348.7276			
29	patrón DIA #29	3	18-Sep	19-Ago	11.0890	2.7945	2.6390	1340.0995	1343.4219	99.87%	-0.13%
30	patrón DIA #30	1	19-Sep	19-Ago	11.1015	2.8200	2.6545	1361.8041			
30	patrón DIA #30	2	19-Sep	19-Ago	11.0855	2.8235	2.6435	1355.8871			
30	patrón DIA #30	3	19-Sep	19-Ago	11.0905	2.8010	2.6580	1353.0703	1356.9205	100.88%	0.87%
31	patrón DIA #31	1	20-Sep	19-Ago	11.1055	2.7945	2.6515	1348.4505			
31	patrón DIA #31	2	20-Sep	19-Ago	11.0870	2.8105	2.6255	1340.6358			
31	patrón DIA #31	3	20-Sep	19-Ago	11.0965	2.8065	2.6405	1347.5298	1345.5387	100.03%	0.03%
32	patrón DIA #32	1	21-Sep	19-Ago	11.0985	2.8125	2.6445	1352.70015			
32	patrón DIA #32	2	21-Sep	19-Ago	11.089	2.822	2.6535	1360.72272			
32	patrón DIA #32	3	21-Sep	19-Ago	11.0925	2.798	2.6345	1339.91269	1351.1119	100.44%	0.44%
33	patrón DIA #33	1	22-Sep	19-Sep	11.1015	2.8295	2.6470	1362.5312			
33	patrón DIA #33	2	22-Sep	19-Sep	11.0815	2.8170	2.6555	1358.4162			
33	patrón DIA #33	3	22-Sep	19-Ago	11.0910	2.7885	2.6390	1337.4634	1352.8036	100.57%	0.57%
35	patrón DIA #35	1	24-Sep	19-Sep	11.0990	2.8260	2.6350	1354.3714			
35	patrón DIA #35	2	24-Sep	19-Sep	11.0840	2.8090	2.6320	1342.8741			
35	patrón DIA #35	3	24-Sep	19-Sep	11.1005	2.8000	2.6400	1344.6388	1347.2948	100.16%	0.16%
36	patrón DIA #36	1	25-Sep	19-Sep	11.1035	2.7925	2.6555	1349.2752			
36	patrón DIA #36	2	25-Sep	19-Sep	11.0870	2.8155	2.6550	1358.1110			
36	patrón DIA #36	3	25-Sep	19-Sep	11.0930	2.7980	2.6370	1341.2447	1349.5436	100.33%	0.33%
42	patrón DIA #42	1	01-Oct	19-Sep	11.1020	2.8130	2.6515	1356.9497			
42	patrón DIA #42	2	01-Oct	19-Sep	11.0835	2.8160	2.6775	1369.4312			
42	patrón DIA #42	3	01-Oct	19-Sep	11.0870	2.7990	2.6400	1342.5239	1356.3016	100.83%	0.82%
0	10%-90% INICIAL	1	20-Ago	19-Ago	11.0945	2.7940	2.5875	1314.3640			
0	10%-90% INICIAL	2	20-Ago	19-Ago	11.0690	2.8505	2.6165	1352.8552			
0	10%-90% INICIAL	3	20-Ago	19-Ago	11.1275	2.7820	2.5995	1318.6991	1328.6394	100.00%	0.00%
1	10%-90% DIA #01	1	21-Ago	19-Ago	11.1315	2.7925	2.5820	1315.2377			
1	10%-90% DIA #01	2	21-Ago	19-Ago	11.0660	2.8495	2.6200	1353.8226			

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
1	10%-90% DIA #01	3	21-Ago	19-Ago	11.1275	2.8195	2.5990	1336.2174	1335.0926	100.49%	0.48%
3	10%-90% DIA #03	1	23-Ago	19-Ago	11.1205	2.7935	2.5835	1315.1722			
3	10%-90% DIA #03	2	23-Ago	19-Ago	11.0580	2.8445	2.6185	1349.6969			
3	10%-90% DIA #03	3	23-Ago	19-Ago	11.1185	2.8015	2.5915	1322.7848	1329.2179	100.04%	0.04%
5	10%-90% DIA #05	1	25-Ago	19-Ago	11.0985	2.7905	2.5885	1313.6983			
5	10%-90% DIA #05	2	25-Ago	19-Ago	11.0685	2.8430	2.6105	1346.1408			
5	10%-90% DIA #05	3	25-Ago	19-Ago	11.1055	2.7855	2.5940	1314.9596	1324.9329	99.72%	-0.28%
9	10%-90% DIA #09	1	29-Ago	19-Ago	11.1000	2.7920	2.5840	1312.2967			
9	10%-90% DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.0645	2.8465	2.6200	1352.2140			
9	10%-90% DIA #09	3	29-Ago	19-Ago	11.0905	2.7810	2.5880	1308.0295	1324.1801	99.66%	-0.34%
11	10%-90% DIA #11	1	31-Ago	19-Ago	11.0995	2.7925	2.5915	1316.2821			
11	10%-90% DIA #11	2	31-Ago	19-Ago	11.0780	2.8735	2.6240	1368.7923			
11	10%-90% DIA #11	3	31-Ago	19-Ago	11.1250	2.6545	2.8000	1355.0082	1346.6942	101.36%	1.34%
12	10%-90% DIA #12	1	01-Sep	19-Ago	11.0945	2.7980	2.5890	1317.0087			
12	10%-90% DIA #12	2	01-Sep	19-Ago	11.0770	2.8450	2.6170	1351.4790			
12	10%-90% DIA #12	3	01-Sep	19-Ago	11.1125	2.5445	2.5760	1193.6067	1287.3648	96.89%	-3.21%
14	10%-90% DIA #14	1	03-Sep	19-Ago	11.0745	2.8345	2.5885	1331.5268			
14	10%-90% DIA #14	2	03-Sep	19-Ago	11.0765	2.8475	2.6130	1350.5381			
14	10%-90% DIA #14	3	03-Sep	19-Ago	11.0980	2.7780	2.5790	1302.9551	1328.3400	99.98%	-0.02%
15	10%-90% DIA #15	1	04-Sep	19-Ago	11.0945	2.7875	2.5875	1311.3062			
15	10%-90% DIA #15	2	04-Sep	19-Ago	11.0730	2.8450	2.6165	1350.7328			
15	10%-90% DIA #15	3	04-Sep	19-Ago	11.1030	2.5375	2.5835	1192.7681	1284.9357	96.71%	-3.40%
16	10%-90% DIA #16	1	05-Sep	19-Ago	11.0990	2.7855	2.5740	1304.0574			
16	10%-90% DIA #16	2	05-Sep	19-Ago	11.0710	2.8420	2.6150	1348.2914			
16	10%-90% DIA #16	3	05-Sep	19-Ago	11.1185	2.8090	2.5755	1318.1373	1323.4954	99.61%	-0.39%
17	10%-90% DIA #17	1	06-Sep	19-Ago	11.1035	2.7875	2.5720	1304.5084			
17	10%-90% DIA #17	2	06-Sep	19-Ago	11.0610	2.8350	2.6140	1343.2418			
17	10%-90% DIA #17	3	06-Sep	19-Ago	11.1170	2.8020	2.5715	1312.6333	1320.1278	99.36%	-0.64%
18	10%-90% DIA #18	1	07-Sep	19-Ago	11.0925	2.7860	2.5875	1310.3643			
18	10%-90% DIA #18	2	07-Sep	19-Ago	11.0745	2.8560	2.6045	1349.9194			
18	10%-90% DIA #18	3	07-Sep	19-Ago	11.1185	2.7900	2.5630	1302.8672	1321.0503	99.43%	-0.57%
21	10%-90% DIA #21	1	10-Sep	19-Ago	11.0930	2.7895	2.5855	1311.0555			
21	10%-90% DIA #21	2	10-Sep	19-Ago	11.0815	2.8500	2.6260	1359.0620			
21	10%-90% DIA #21	3	10-Sep	19-Ago	11.1265	2.7820	2.5875	1312.4936	1327.5371	99.92%	-0.08%
22	10%-90% DIA #22	1	11-Sep	19-Ago	11.0865	2.7820	2.5850	1306.5116			
22	10%-90% DIA #22	2	11-Sep	19-Ago	11.0685	2.8465	2.6150	1350.1213			
22	10%-90% DIA #22	3	11-Sep	19-Ago	11.1005	2.7730	2.5825	1302.6684	1319.7671	99.33%	-0.67%
23	10%-90% DIA #23	1	12-Sep	19-Ago	11.1050	2.7840	2.5785	1306.3396			
23	10%-90% DIA #23	2	12-Sep	19-Ago	11.0735	2.8445	2.6115	1347.9756			
23	10%-90% DIA #23	3	12-Sep	19-Ago	11.1130	2.8090	2.5835	1321.5776	1325.2976	99.75%	-0.25%
24	10%-90% DIA #24	1	13-Sep	19-Ago	11.0850	2.7825	2.5835	1305.8115			
24	10%-90% DIA #24	2	13-Sep	19-Ago	11.0665	2.8465	2.6065	1345.4896			

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
24	10%-90% DIA #24	3	13-Sep	19-Ago	11.1150	2.7825	2.5860	1310.6125	1320.6379	99.40%	-0.61%
25	10%-90% DIA #25	1	14-Sep	19-Ago	11.0955	2.7860	2.5845	1309.1990			
25	10%-90% DIA #25	2	14-Sep	19-Ago	11.0635	2.8415	2.6140	1346.6258			
25	10%-90% DIA #25	3	14-Sep	19-Ago	11.1220	2.8230	2.5950	1335.1568	1330.3272	100.13%	0.13%
28	10%-90% DIA #28	1	17-Sep	19-Ago	11.1075	2.7830	2.5985	1316.2955			
28	10%-90% DIA #28	2	17-Sep	19-Ago	11.0760	2.8465	2.6110	1348.9696			
28	10%-90% DIA #28	3	17-Sep	19-Ago	11.1265	2.8145	2.5870	1327.5699	1330.9450	100.17%	0.17%
29	10%-90% DIA #29	1	18-Sep	19-Ago	11.1010	2.7840	2.5830	1308.1480			
29	10%-90% DIA #29	2	18-Sep	19-Ago	11.0685	2.8525	2.6145	1352.7085			
29	10%-90% DIA #29	3	18-Sep	19-Ago	11.1140	2.7955	2.5895	1318.3993	1326.4186	99.83%	-0.17%
30	10%-90% DIA #30	1	19-Sep	19-Ago	11.0945	2.7845	2.5860	1309.1356			
30	10%-90% DIA #30	2	19-Sep	19-Ago	11.0630	2.8845	2.6100	1364.8506			
30	10%-90% DIA #30	3	19-Sep	19-Ago	11.1345	2.8030	2.5865	1322.8404	1332.2755	100.27%	0.27%
31	10%-90% DIA #31	1	20-Sep	19-Ago	11.1065	2.7900	2.5765	1308.3162			
31	10%-90% DIA #31	2	20-Sep	19-Ago	11.0790	2.8605	2.6215	1361.4244			
31	10%-90% DIA #31	3	20-Sep	19-Ago	11.1245	2.7945	2.5895	1319.1728	1329.6378	100.08%	0.08%
32	10%-90% DIA #32	1	21-Sep	19-Ago	11.0965	2.7955	2.5870	1315.0525			
32	10%-90% DIA #32	2	21-Sep	19-Ago	11.0680	2.8765	2.6110	1362.2021			
32	10%-90% DIA #32	3	21-Sep	19-Ago	11.1315	2.8215	2.5895	1332.7565	1336.6704	100.60%	0.60%
33	10%-90% DIA #33	1	22-Sep	19-Ago	11.1045	2.7905	2.5835	1311.8695			
33	10%-90% DIA #33	2	22-Sep	19-Ago	11.0825	2.8505	2.6285	1360.7173			
33	10%-90% DIA #33	3	22-Sep	19-Ago	11.1205	2.8280	2.5855	1332.4454	1335.0107	100.48%	0.48%
35	10%-90% DIA #35	1	24-Sep	19-Ago	11.1065	2.7855	2.5900	1313.0501			
35	10%-90% DIA #35	2	24-Sep	19-Ago	11.0735	2.8640	2.6520	1378.2646			
35	10%-90% DIA #35	3	24-Sep	19-Ago	11.1185	2.8205	2.5970	1334.5824	1341.9657	101.00%	0.99%
36	10%-90% DIA #36	1	25-Sep	19-Ago	11.1070	2.7935	2.5770	1310.2707			
36	10%-90% DIA #36	2	25-Sep	19-Ago	11.0700	2.8545	2.6150	1354.0993			
36	10%-90% DIA #36	3	25-Sep	19-Ago	11.1205	2.8005	2.5890	1321.2746	1328.5482	99.99%	-0.01%
42	10%-90% DIA #42	1	01-Oct	19-Ago	11.0985	2.8015	2.6000	1324.7362			
42	10%-90% DIA #42	2	01-Oct	19-Ago	11.0780	2.8720	2.6205	1366.2529			
42	10%-90% DIA #42	3	01-Oct	19-Ago	11.1315	2.8245	2.5905	1334.6888	1341.8927	101.00%	0.99%
0	20%-80% INICIAL	1	20-Ago	19-Ago	11.0890	2.7875	2.6300	1332.1838			
0	20%-80% INICIAL	2	20-Ago	19-Ago	11.0780	2.7815	2.6195	1322.6958			
0	20%-80% INICIAL	3	20-Ago	19-Ago	11.0970	2.8000	2.5750	1322.6958	1325.8585	100.00%	0.00%
1	20%-80% DIA #01	1	21-Ago	19-Ago	11.1255	2.6205	2.7720	1324.3357			
1	20%-80% DIA #01	2	21-Ago	19-Ago	11.1020	2.6315	2.7840	1332.8307			
1	20%-80% DIA #01	3	21-Ago	19-Ago	11.0590	2.5800	2.7930	1305.8932	1321.0198	99.64%	-0.37%
3	20%-80% DIA #03	1	23-Ago	19-Ago	11.0875	2.7850	2.6185	1324.9899			
3	20%-80% DIA #03	2	23-Ago	19-Ago	11.1035	2.7850	2.6170	1326.1418			

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
3	20%-80% DIA #03	3	23-Ago	19-Ago	11.1020	2.7940	2.5755	1309.1528	1320.0948	99.57%	-0.44%
5	20%-80% DIA #05	1	25-Ago	19-Ago	11.0790	2.7840	2.6200	1324.2569			
5	20%-80% DIA #05	2	25-Ago	19-Ago	11.1315	2.7780	2.6250	1330.1983			
5	20%-80% DIA #05	3	25-Ago	19-Ago	11.0825	2.7905	2.5770	1305.9764	1320.1439	99.57%	-0.43%
9	20%-80% DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.0760	2.7990	2.6125	1327.2212			
9	20%-80% DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.1030	2.7815	2.6130	1322.3912			
9	20%-80% DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.1040	2.5665	2.5730	1201.6048	1283.7391	96.82%	-3.28%
11	20%-80% DIA #11	1	31-Ago	19-Ago	11.1230	2.6260	2.7855	1333.2788			
11	20%-80% DIA #11	2	31-Ago	19-Ago	11.0825	2.7840	2.6335	1331.5008			
11	20%-80% DIA #11	3	31-Ago	19-Ago	11.1020	2.7985	2.5780	1312.5341	1325.7712	99.99%	-0.01%
12	20%-80% DIA #12	1	01-Sep	19-Ago	11.0895	2.7830	2.6140	1322.0014			
12	20%-80% DIA #12	2	01-Sep	19-Ago	11.0785	2.7040	2.6260	1289.0908			
12	20%-80% DIA #12	3	01-Sep	19-Ago	11.0740	2.6845	2.5575	1245.9044	1285.6655	96.97%	-3.13%
14	20%-80% DIA #14	1	03-Sep	19-Ago	11.0810	2.7835	2.6155	1321.9836			
14	20%-80% DIA #14	2	03-Sep	19-Ago	11.0835	2.7760	2.6240	1323.0046			
14	20%-80% DIA #14	3	03-Sep	19-Ago	11.0550	2.7920	2.5705	1300.1484	1315.0455	99.18%	-0.82%
15	20%-80% DIA #15	1	04-Sep	19-Ago	11.0885	2.7890	2.6020	1318.6507			
15	20%-80% DIA #15	2	04-Sep	19-Ago	11.0840	2.7730	2.6240	1321.6345			
15	20%-80% DIA #15	3	04-Sep	19-Ago	11.0925	2.7875	2.5700	1302.2027	1314.1626	99.12%	-0.89%
16	20%-80% DIA #16	1	05-Sep	19-Ago	11.0835	2.7870	2.5965	1314.3268			
16	20%-80% DIA #16	2	05-Sep	19-Ago	11.0925	2.7780	2.6075	1316.7009			
16	20%-80% DIA #16	3	05-Sep	19-Ago	11.0985	2.7880	2.5630	1299.5913	1310.2064	98.82%	-1.19%
17	20%-80% DIA #17	1	06-Sep	19-Ago	11.0880	2.7815	2.6130	1320.6047			
17	20%-80% DIA #17	2	06-Sep	19-Ago	11.0965	2.7675	2.6130	1314.9650			
17	20%-80% DIA #17	3	06-Sep	19-Ago	11.0805	2.7845	2.5660	1297.3716	1310.9804	98.88%	-1.13%
18	20%-80% DIA #18	1	07-Sep	19-Ago	11.0905	2.7785	2.6110	1318.4679			
18	20%-80% DIA #18	2	07-Sep	19-Ago	11.1110	2.7750	2.6080	1317.7253			
18	20%-80% DIA #18	3	07-Sep	19-Ago	11.0995	2.7865	2.5645	1299.7694	1311.9875	98.95%	-1.06%
21	20%-80% DIA #21	1	10-Sep	19-Ago	11.0950	2.7835	2.6120	1321.8825			
21	20%-80% DIA #21	2	10-Sep	19-Ago	11.0925	2.7775	2.6250	1325.2993			
21	20%-80% DIA #21	3	10-Sep	19-Ago	11.0570	2.7980	2.5710	1303.4316	1316.8711	99.32%	-0.68%
22	20%-80% DIA #22	1	11-Sep	19-Ago	11.0885	2.7845	2.6020	1316.5230			
22	20%-80% DIA #22	2	11-Sep	19-Ago	11.1250	2.7870	2.6155	1328.9017			
22	20%-80% DIA #22	3	11-Sep	19-Ago	11.0930	2.7850	2.5520	1291.9807	1312.4685	98.99%	-1.02%
23	20%-80% DIA #23	1	12-Sep	19-Ago	11.0900	2.7955	2.6000	1320.8866			
23	20%-80% DIA #23	2	12-Sep	19-Ago	11.1235	2.7770	2.6155	1323.9550			
23	20%-80% DIA #23	3	12-Sep	19-Ago	11.0930	2.7870	2.5620	1297.9748	1314.2721	99.13%	-0.88%
24	20%-80% DIA #24	1	13-Sep	19-Ago	11.0885	2.7940	2.6055	1322.7916			
24	20%-80% DIA #24	2	13-Sep	19-Ago	11.0970	2.7705	2.6235	1321.7398			
24	20%-80% DIA #24	3	13-Sep	19-Ago	11.0900	2.7900	2.5630	1299.5276	1314.6863	99.16%	-0.85%
25	20%-80% DIA #25	1	14-Sep	19-Ago	11.0855	2.7870	2.6080	1320.3862			
25	20%-80% DIA #25	2	14-Sep	19-Ago	11.1075	2.7980	2.6205	1334.5945			

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
25	20%-80% DIA #25	3	14-Sep	19-Ago	11.0900	2.7960	2.5750	1308.4198	1321.1335	99.64%	-0.36%
28	20%-80% DIA #28	1	17-Sep	19-Ago	11.0875	2.7960	2.5990	1320.3170			
28	20%-80% DIA #28	2	17-Sep	19-Ago	11.1150	2.7820	2.6280	1331.6592			
28	20%-80% DIA #28	3	17-Sep	19-Ago	11.1005	2.7980	2.5610	1303.4698	1318.4820	99.44%	-0.56%
29	20%-80% DIA #29	1	18-Sep	19-Ago	11.0870	2.7835	2.6185	1324.2165			
29	20%-80% DIA #29	2	18-Sep	19-Ago	11.0955	2.7775	2.6240	1325.1527			
29	20%-80% DIA #29	3	18-Sep	19-Ago	11.1020	2.7975	2.5700	1307.9935	1319.1209	99.49%	-0.51%
30	20%-80% DIA #30	1	19-Sep	19-Ago	11.0915	2.7825	2.6100	1319.9793			
30	20%-80% DIA #30	2	19-Sep	19-Ago	11.1145	2.7865	2.6270	1333.2457			
30	20%-80% DIA #30	3	19-Sep	19-Ago	11.0920	2.7955	2.5655	1303.5945	1318.9398	99.48%	-0.52%
31	20%-80% DIA #31	1	20-Sep	19-Ago	11.0905	2.7860	2.6030	1317.9762			
31	20%-80% DIA #31	2	20-Sep	19-Ago	11.1200	2.7845	2.6300	1334.4703			
31	20%-80% DIA #31	3	20-Sep	19-Ago	11.0955	2.7965	2.5660	1304.7266	1319.0577	99.49%	-0.52%
32	20%-80% DIA #32	1	21-Sep	19-Ago	11.0915	2.7855	2.6105	1321.6556			
32	20%-80% DIA #32	2	21-Sep	19-Ago	11.1200	2.7860	2.6240	1332.1431			
32	20%-80% DIA #32	3	21-Sep	19-Ago	11.0980	2.8020	2.5580	1303.5105	1319.1031	99.49%	-0.51%
33	20%-80% DIA #33	1	22-Sep	19-Ago	11.0870	2.7905	2.6100	1323.2373			
33	20%-80% DIA #33	2	22-Sep	19-Ago	11.1160	2.7950	2.6345	1341.3117			
33	20%-80% DIA #33	3	22-Sep	19-Ago	11.0935	2.8190	2.5635	1313.7059	1326.0849	100.02%	0.02%
35	20%-80% DIA #35	1	24-Sep	19-Ago	11.0935	2.7850	2.6095	1321.1503			
35	20%-80% DIA #35	2	24-Sep	19-Ago	11.1245	2.7905	2.6200	1332.8000			
35	20%-80% DIA #35	3	24-Sep	19-Ago	11.0900	2.7965	2.5665	1304.3339	1319.4281	99.51%	-0.49%
36	20%-80% DIA #36	1	25-Sep	19-Ago	11.0925	2.7870	2.6090	1321.7266			
36	20%-80% DIA #36	2	25-Sep	19-Ago	11.1250	2.8050	2.6290	1344.3880			
36	20%-80% DIA #36	3	25-Sep	19-Ago	11.1010	2.8030	2.5665	1308.6624	1324.9257	99.93%	-0.07%
42	20%-80% DIA #42	1	01-Oct	19-Ago	11.0960	2.7865	2.6035	1319.1198			
42	20%-80% DIA #42	1	01-Oct	19-Ago	11.1135	2.7915	2.6250	1334.5011			
42	20%-80% DIA #42	1	01-Oct	19-Ago	11.0910	2.7955	2.5650	1303.2230	1318.9479	99.48%	-0.52%
0	30%-70% INICIAL	1	20-Ago	19-Ago	11.0440	2.8645	2.5900	1342.6912			
0	30%-70% INICIAL	2	20-Ago	19-Ago	11.0740	2.8020	2.6420	1343.4039			
0	30%-70% INICIAL	3	20-Ago	19-Ago	11.0960	2.7945	2.6700	1356.6973	1347.5975	100.00%	0.00%
1	30%-70% DIA #01	1	20-Ago	19-Ago	11.0735	2.5795	2.8295	1324.4370			
1	30%-70% DIA #01	2	20-Ago	19-Ago	11.0650	2.8000	2.6220	1331.1999			
1	30%-70% DIA #01	3	20-Ago	19-Ago	11.0955	2.7885	2.6655	1351.4418	1335.6929	99.12%	-0.89%
3	30%-70% DIA #03	1	23-Ago	19-Ago	11.0850	2.5870	2.8570	1342.5903			
3	30%-70% DIA #03	2	23-Ago	19-Ago	11.0720	2.8020	2.6335	1338.8400			
3	30%-70% DIA #03	3	23-Ago	19-Ago	11.1065	2.6730	2.7945	1359.5070	1346.9791	99.95%	-0.05%
5	30%-70% DIA #05	1	25-Ago	19-Ago	11.0315	2.8315	2.5760	1318.5547			
5	30%-70% DIA #05	2	25-Ago	19-Ago	11.0655	2.7925	2.6170	1325.1624			
5	30%-70% DIA #05	3	25-Ago	19-Ago	11.0945	2.7930	2.6680	1354.7702	1332.8291	98.90%	-1.11%

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
9	30%-70% DIA #09	1	29-Ago	19-Ago	11.0350	2.8335	2.5910	1327.5904			
9	30%-70% DIA #09	2	29-Ago	19-Ago	11.0760	2.8055	2.6300	1339.2144			
9	30%-70% DIA #09	3	29-Ago	19-Ago	11.0970	2.7970	2.6630	1354.4731	1340.4260	99.47%	-0.54%
11	30%-70% DIA #11	1	31-Ago	19-Ago	11.0795	2.5895	2.8400	1335.2284			
11	30%-70% DIA #11	2	31-Ago	19-Ago	11.0860	2.8045	2.6230	1336.3794			
11	30%-70% DIA #11	3	31-Ago	19-Ago	11.1110	2.6705	2.7975	1360.2445	1343.9508	99.73%	-0.27%
12	30%-70% DIA #12	1	01-Sep	19-Ago	11.0815	2.5930	2.8435	1338.9225			
12	30%-70% DIA #12	2	01-Sep	19-Ago	11.0565	2.2740	2.6070	1074.1138			
12	30%-70% DIA #12	3	01-Sep	19-Ago	11.0890	2.7890	2.6675	1351.9059	1254.9808	93.13%	-7.38%
14	30%-70% DIA #14	1	03-Sep	19-Ago	11.0335	2.8335	2.5770	1320.2376			
14	30%-70% DIA #14	2	03-Sep	19-Ago	11.0675	2.7905	2.6210	1326.4770			
14	30%-70% DIA #14	3	03-Sep	19-Ago	11.0925	2.7880	2.6480	1341.9655	1329.5600	98.66%	-1.36%
15	30%-70% DIA #15	1	04-Sep	19-Ago	11.0360	2.8350	2.5835	1324.5683			
15	30%-70% DIA #15	2	04-Sep	19-Ago	11.0680	2.7890	2.6150	1322.7888			
15	30%-70% DIA #15	3	04-Sep	19-Ago	10.9805	2.7945	2.6540	1334.5299	1327.2957	98.49%	-1.53%
16	30%-70% DIA #16	1	05-Sep	19-Ago	11.0360	2.8280	2.5860	1322.5764			
16	30%-70% DIA #16	2	05-Sep	19-Ago	11.0685	2.7850	2.6240	1325.4976			
16	30%-70% DIA #16	3	05-Sep	19-Ago	11.0985	2.7835	2.6490	1341.0304	1329.7015	98.67%	-1.35%
17	30%-70% DIA #17	1	06-Sep	19-Ago	11.0390	2.8300	2.5870	1324.3835			
17	30%-70% DIA #17	2	06-Sep	19-Ago	11.0590	2.7805	2.6160	1318.1889			
17	30%-70% DIA #17	3	06-Sep	19-Ago	11.0910	2.7810	2.6630	1345.9967	1329.5230	98.66%	-1.36%
18	30%-70% DIA #18	1	07-Sep	19-Ago	11.0355	2.8280	2.5670	1312.7996			
18	30%-70% DIA #18	2	07-Sep	19-Ago	11.0600	2.7760	2.6205	1318.4386			
18	30%-70% DIA #18	3	07-Sep	19-Ago	11.0915	2.8030	2.6355	1342.6956	1324.6446	98.30%	-1.73%
21	30%-70% DIA #21	1	10-Sep	19-Ago	11.0805	2.8305	2.5835	1327.7984			
21	30%-70% DIA #21	2	10-Sep	19-Ago	11.0685	2.7905	2.6220	1327.1030			
21	30%-70% DIA #21	3	10-Sep	19-Ago	11.0985	2.7945	2.6655	1354.7159	1336.5391	99.18%	-0.83%
22	30%-70% DIA #22	1	11-Sep	19-Ago	11.0385	2.8315	2.5860	1324.5132			
22	30%-70% DIA #22	2	11-Sep	19-Ago	11.0740	2.7850	2.6215	1324.8928			
22	30%-70% DIA #22	3	11-Sep	19-Ago	11.1065	2.7835	2.6650	1350.1027	1333.1696	98.93%	-1.08%
23	30%-70% DIA #23	1	12-Sep	19-Ago	11.0385	2.8290	2.5865	1323.5996			
23	30%-70% DIA #23	2	12-Sep	19-Ago	11.0705	2.8045	2.6240	1335.0197			
23	30%-70% DIA #23	3	12-Sep	19-Ago	11.1055	2.8020	2.6640	1358.4436	1339.0210	99.36%	-0.64%
24	30%-70% DIA #24	1	13-Sep	19-Ago	11.0420	2.8300	2.5850	1323.7192			
24	30%-70% DIA #24	2	13-Sep	19-Ago	11.0790	2.7965	2.6270	1333.7567			
24	30%-70% DIA #24	3	13-Sep	19-Ago	11.0980	2.7920	2.6650	1353.1891	1336.8883	99.21%	-0.80%
25	30%-70% DIA #25	1	14-Sep	19-Ago	11.0450	2.8305	2.5920	1327.8989			
25	30%-70% DIA #25	2	14-Sep	19-Ago	11.0720	2.7955	2.6295	1333.7054			
25	30%-70% DIA #25	3	14-Sep	19-Ago	11.1080	2.8015	2.6660	1359.5269	1340.3771	99.46%	-0.54%
28	30%-70% DIA #28	1	17-Sep	19-Ago	11.0445	2.8315	2.5825	1323.43954			
28	30%-70% DIA #28	2	17-Sep	19-Ago	11.076	2.7985	2.6225	1332.06343			
28	30%-70% DIA #28	3	17-Sep	19-Ago	11.1135	2.81	2.653	1357.67423	1337.7257	99.27%	-0.74%

ENSAYO DE RETRACCION DE MUESTRAS PATRON CON CAL CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

DIA	DESCRIPCION DE MUESTRA	MUESTRA NRO	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	LARGO plg	ANCHO plg	ALTURA plg	VOLUMEN cm3	VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	% Deformacion
29	30%-70% DIA #29	1	18-Sep	19-Ago	11.036	2.8315	2.5885	1325.49342			
29	30%-70% DIA #29	2	18-Sep	19-Ago	11.068	2.7915	2.6315	1332.32847			
29	30%-70% DIA #29	3	18-Sep	19-Ago	11.109	2.797	2.6575	1353.13727	1336.9864	99.21%	-0.79%
30	30%-70% DIA #30	1	19-Sep	19-Ago	11.0405	2.8295	2.585	1323.30556			
30	30%-70% DIA #30	2	19-Sep	19-Ago	11.08	2.8015	2.622	1333.71865			
30	30%-70% DIA #30	3	19-Sep	19-Ago	11.116	2.81	2.66	1361.5627	1339.5290	99.40%	-0.60%
31	30%-70% DIA #31	1	20-Sep	19-Ago	11.0375	2.831	2.5815	1321.85514			
31	30%-70% DIA #31	2	20-Sep	19-Ago	11.08	2.7915	2.62	1327.94422			
31	30%-70% DIA #31	3	20-Sep	19-Ago	11.101	2.802	2.663	1357.38345	1335.7276	99.12%	-0.89%
32	30%-70% DIA #32	1	21-Sep	19-Ago	11.0445	2.831	2.5965	1330.37908			
32	30%-70% DIA #32	2	21-Sep	19-Ago	11.0805	2.8035	2.6245	1336.00365			
32	30%-70% DIA #32	3	21-Sep	19-Ago	11.109	2.815	2.687	1376.96272	1347.7818	100.01%	0.01%
33	30%-70% DIA #33	1	22-Sep	19-Ago	11.0425	2.83	2.5865	1324.54731			
33	30%-70% DIA #33	2	22-Sep	19-Ago	11.0765	2.7945	2.625	1331.48759			
33	30%-70% DIA #33	3	22-Sep	19-Ago	11.105	2.805	2.6685	1362.13385	1339.3896	99.39%	-0.61%
35	30%-70% DIA #35	1	24-Sep	19-Ago	11.0405	2.8305	2.594	1328.38212			
35	30%-70% DIA #35	2	24-Sep	19-Ago	11.0815	2.802	2.628	1337.19022			
35	30%-70% DIA #35	3	24-Sep	19-Ago	11.115	2.807	2.662	1361.00926	1342.1939	99.60%	-0.40%
36	30%-70% DIA #36	1	25-Sep	19-Ago	11.0415	2.83	2.588	1325.19544			
36	30%-70% DIA #36	2	25-Sep	19-Ago	11.08	2.8	2.6295	1336.81748			
36	30%-70% DIA #36	3	25-Sep	19-Ago	11.111	2.7975	2.665	1357.44301	1339.8186	99.42%	-0.58%
42	30%-70% DIA #42	1	2-Oct	19-Ago	11.0405	2.83	2.5815	1321.74738			
42	30%-70% DIA #42	2	2-Oct	19-Ago	11.08	2.81	2.6155	1334.44892			
42	30%-70% DIA #42	3	2-Oct	19-Ago	11.1085	2.8125	2.6625	1363.13452	1339.7769	99.42%	-0.58%

ENSAYO DE IMPACTO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

peso de las pesas

4678.5 gr.

EDAD ENSAYO	DESCRIPCION		FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	DIAMETRO CMS	ALTURA CMS	NRO DE GOLPES	golpes promedio
	dosific.	curado						
7 días	patrón	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.1	7.2	20	
7 días	patrón	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.1	7	21	21
14 días	patrón	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.30	6.50	22	
14 días	patrón	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.10	6.90	24	23
21 días	patrón	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	7.00	42	
21 días	patrón	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	6.90	50	46
28 días	patrón	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.00	7.20	49	
28 días	patrón	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.20	54	52
42 días	patrón	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.00	7.50	31	
42 días	patrón	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.10	7.10	92	61.5
7 días	10%-90%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.00	7.20	9	
7 días	10%-90%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.10	7.00	23	9
14 días	10%-90%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.10	6.90	17	
14 días	10%-90%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.00	7.10	11	14
21 días	10%-90%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.00	7.10	24	
21 días	10%-90%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	7.00	15	15
28 días	10%-90%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.00	26	
28 días	10%-90%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.10	23	23
42 días	10%-90%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.00	7.30	22	
42 días	10%-90%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.10	6.90	36	29
7 días	20%-80%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.00	6.80	6	
7 días	20%-80%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.10	7.30	18	12
14 días	20%-80%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.10	7.30	17	
14 días	20%-80%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.10	6.90	22	22
21 días	20%-80%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	7.20	17	
21 días	20%-80%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	7.20	27	27
28 días	20%-80%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.40	21	
28 días	20%-80%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.20	29	29
42 días	20%-80%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.00	7.30	40	
42 días	20%-80%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.00	7.00	35	37
7 días	30%-70%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.10	7.20	5	
7 días	30%-70%	húmedo	30-Ago	23-Ago	16.10	7.20	6	6
14 días	30%-70%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.00	6.70	5	
14 días	30%-70%	húmedo	20-Ago	6-Ago	16.10	6.70	6	6
21 días	30%-70%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	6.90	10	
21 días	30%-70%	húmedo	27-Ago	6-Ago	16.10	7.30	17	14
28 días	30%-70%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.00	24	
28 días	30%-70%	húmedo	31-Ago	3-Ago	16.10	7.20	15	20
42 días	30%-70%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.10	7.10	29	
42 días	30%-70%	húmedo	13-Sep	2-Ago	16.10	7.00	7	29
7 días	patrón	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	6.80	5	5
7 días	patrón	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	7.00	12	
14 días	patrón	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.00	7	
14 días	patrón	seco	20-Ago	6-Ago	16.00	7.10	4	6
21 días	patrón	seco	27-Ago	6-Ago	16.10	6.90	13	13
21 días	patrón	seco	27-Ago	6-Ago				
28 días	patrón	seco	31-Ago	3-Ago	16.10	7.20	22	
28 días	patrón	seco	31-Ago	3-Ago	16.10	6.90	8	
28 días	patrón	seco	31-Ago	3-Ago	16.00	7.30	10	16
28 días	patrón	seco	13-Sep	2-Ago	16.10	7.00	18	
28 días	patrón	seco	13-Sep	2-Ago	16.00	7.20	15	18
7 días	10%-90%	seco	30-Ago	23-Ago	16.10	7.10	7	
7 días	10%-90%	seco	30-Ago	23-Ago	16.10	7.20	15	7
14 días	10%-90%	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.10	9	
14 días	10%-90%	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.00	6	8
21 días	10%-90%	seco	27-Ago	6-Ago	16.10	7.30	11	11
28 días	10%-90%	seco	31-Ago	3-Ago	16.10	7.30	6	
28 días	10%-90%	seco	31-Ago	3-Ago	16.00	7.20	12	12

ENSAYO DE IMPACTO DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

peso de las pesas

4678.5 gr.

EDAD ENSAYO	DESCRIPCION		FECHA DE ENSAYO	FECHA DE VACEADO	DIAMETRO CMS	ALTURA CMS	NRO DE GOLPES	golpes promedio
	dosific.	curado						
42 días	10%-90%	seco	13-Sep	2-Ago	16.10	7.30	11	
42 días	10%-90%	seco	13-Sep	2-Ago	16.00	7.30	13	13
7 días	20%-80%	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	7.00	4	
7 días	20%-80%	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	7.10	6	5
14 días	20%-80%	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.00	5	
14 días	20%-80%	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.00	6	6
21 días	20%-80%	seco	27-Ago	6-Ago	16.00	6.80	6	
21 días	20%-80%	seco	27-Ago	6-Ago	16.10	7.40	9	9
28 días	20%-80%	seco	31-Ago	3-Ago	16.10	7.10	11	11
28 días	20%-80%	seco	31-Ago	3-Ago	16.00	6.80	5	
42 días	20%-80%	seco	13-Sep	2-Ago	16.00	7.00	12	
42 días	20%-80%	seco	13-Sep	2-Ago	16.10	7.20	14	13
7 días	30%-70%	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	7.00	4	
7 días	30%-70%	seco	30-Ago	23-Ago	16.00	7.30	4	4
14 días	30%-70%	seco	20-Ago	6-Ago	16.10	7.00	6	
14 días	30%-70%	seco	20-Ago	6-Ago	16.20	7.10	3	5
21 días	30%-70%	seco	27-Ago	6-Ago	16.10	7.10	6	
21 días	30%-70%	seco	27-Ago	6-Ago	16.1	7.2	7	7
28 días	30%-70%	seco	31-Ago	3-Ago	16.2	7.1	4	
28 días	30%-70%	seco	31-Ago	3-Ago	16	7.1	7	7
42 días	30%-70%	seco	13-Sep	02-Ago	16.1	7.2	6	
42 días	30%-70%	seco	13-Sep	02-Ago	16	7	7	7

ENSAYO DE DURABILIDAD DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

FASE	DESCRIPCION		VOLUMEN	%	PESO	PESO	%
	TIPO	EDAD	PROMEDIO	inicial	GRAMOS	PROMEDIO	inicial
0	patrón	28 DIAS			1496.0000		
0	patrón	28 DIAS			1501.0000		
0	patrón	28 DIAS	675.4401	100.00%	1449.5000	1482.1667	100.00%
1	patrón	28 DIAS			1503.5000		
1	patrón	28 DIAS			1505.5000		
1	patrón	28 DIAS	676.8333	100.21%	1456.5000	1488.5000	100.43%
2	patrón	28 DIAS			1502.5000		
2	patrón	28 DIAS			1506.0000		
2	patrón	28 DIAS	671.8230	99.46%	1456.0000	1488.1667	100.40%
3	patrón	28 DIAS			1505.0000		
3	patrón	28 DIAS			1506.5000		
3	patrón	28 DIAS	680.6643	100.77%	1456.0000	1489.1667	100.47%
4	patrón	28 DIAS			1502.0000		
4	patrón	28 DIAS			1506.5000		
4	patrón	28 DIAS	672.8907	99.62%	1455.5000	1488.0000	100.39%
5	patrón	28 DIAS			1505.0000		
5	patrón	28 DIAS			1509.0000		
5	patrón	28 DIAS	677.5414	100.31%	1458.0000	1490.6667	100.57%
6	patrón	28 DIAS			1510.0000		
6	patrón	28 DIAS			1514.0000		
6	patrón	28 DIAS	674.7476	99.90%	1464.0000	1496.0000	100.93%
7	patrón	28 DIAS			1522.5000		
7	patrón	28 DIAS			1524.5000		
7	patrón	28 DIAS	673.5722	99.72%	1473.5000	1506.8333	101.66%
0	10%-90%	28 DIAS			1566.5000		
0	10%-90%	28 DIAS			1518.0000		
0	10%-90%	28 DIAS	689.5606	100.00%	1444.0000	1509.5000	100.00%
1	10%-90%	28 DIAS			1569.0000		
1	10%-90%	28 DIAS			1521.0000		
1	10%-90%	28 DIAS	689.6927	100.02%	1449.0000	1513.0000	100.23%
2	10%-90%	28 DIAS			1572.0000		
2	10%-90%	28 DIAS			1522.0000		
2	10%-90%	28 DIAS	697.6414	101.17%	1448.5000	1514.1667	100.31%
3	10%-90%	28 DIAS			1570.5000		
3	10%-90%	28 DIAS			1520.5000		
3	10%-90%	28 DIAS	688.3852	99.83%	1446.5000	1512.5000	100.20%
4	10%-90%	28 DIAS			1572.0000		
4	10%-90%	28 DIAS			1521.0000		
4	10%-90%	28 DIAS	688.7141	99.88%	1447.0000	1513.3333	100.25%
5	10%-90%	28 DIAS			1574.0000		
5	10%-90%	28 DIAS			1523.5000		
5	10%-90%	28 DIAS	691.6463	100.30%	1449.5000	1515.6667	100.41%
6	10%-90%	28 DIAS			1579.5000		
6	10%-90%	28 DIAS			1529.5000		
6	10%-90%	28 DIAS	686.9421	99.62%	1455.0000	1521.3333	100.78%
7	10%-90%	28 DIAS			1591.5000		
7	10%-90%	28 DIAS			1539.0000		
7	10%-90%	28 DIAS	692.9095	100.49%	1467.0000	1532.5000	101.52%
0	20%-80%	28 DIAS			1475.0000		
0	20%-80%	28 DIAS			1536.0000		

ENSAYO DE DURABILIDAD DE MUESTRAS PATRON CON CAL

CON PROPORCION DE AGREGADOS : 51/49

FASE	DESCRIPCION		VOLUMEN PROMEDIO	% inicial	PESO GRAMOS	PESO PROMEDIO	% inicial
	TIPO	EDAD					
0	20%-80%	28 DIAS	687.1413	100.00%	1382.5000	1464.5000	100.00%
1	20%-80%	28 DIAS			1477.5000		
1	20%-80%	28 DIAS			1540.0000		
1	20%-80%	28 DIAS	685.2387	99.72%	1385.5000	1467.6667	100.22%
2	20%-80%	28 DIAS			1479.0000		
2	20%-80%	28 DIAS			1542.0000		
2	20%-80%	28 DIAS	687.9223	100.11%	1386.5000	1469.1667	100.32%
3	20%-80%	28 DIAS			1478.0000		
3	20%-80%	28 DIAS			1541.0000		
3	20%-80%	28 DIAS	683.3939	99.45%	1385.5000	1468.1667	100.25%
4	20%-80%	28 DIAS			1478.5000		
4	20%-80%	28 DIAS			1542.0000		
4	20%-80%	28 DIAS	681.8865	99.24%	1385.0000	1468.5000	100.27%
5	20%-80%	28 DIAS			1481.0000		
5	20%-80%	28 DIAS			1544.0000		
5	20%-80%	28 DIAS	686.9623	99.97%	1387.5000	1470.8333	100.43%
6	20%-80%	28 DIAS			1486.5000		
6	20%-80%	28 DIAS			1549.5000		
6	20%-80%	28 DIAS	682.2259	99.28%	1393.5000	1476.5000	100.82%
7	20%-80%	28 DIAS			1498.0000		
7	20%-80%	28 DIAS			1564.0000		
7	20%-80%	28 DIAS	690.2839	100.46%	1401.5000	1487.8333	101.59%
0	30%-70%	28 DIAS			1437.5000		
0	30%-70%	28 DIAS			1424.0000		
0	30%-70%	28 DIAS	653.9241	100.00%	1399.0000	1420.1667	100.00%
1	30%-70%	28 DIAS			1439.5000		
1	30%-70%	28 DIAS			1426.5000		
1	30%-70%	28 DIAS	654.3935	100.07%	1401.5000	1422.5000	100.16%
2	30%-70%	28 DIAS			1440.5000		
2	30%-70%	28 DIAS			1427.5000		
2	30%-70%	28 DIAS	654.6101	100.10%	1401.5000	1423.1667	100.21%
3	30%-70%	28 DIAS			1439.5000		
3	30%-70%	28 DIAS			1427.0000		
3	30%-70%	28 DIAS	652.8990	99.84%	1401.0000	1422.5000	100.16%
4	30%-70%	28 DIAS			1440.5000		
4	30%-70%	28 DIAS			1427.5000		
4	30%-70%	28 DIAS	652.4186	99.77%	1401.5000	1423.1667	100.21%
5	30%-70%	28 DIAS			1442.5000		
5	30%-70%	28 DIAS			1429.5000		
5	30%-70%	28 DIAS	653.6546	99.96%	1403.5000	1425.1667	100.35%
6	30%-70%	28 DIAS			1447.5		
6	30%-70%	28 DIAS			1434		
6	30%-70%	28 DIAS	652.5383	99.79%	1407.5	1429.6667	100.67%
7	30%-70%	28 DIAS			1459		
7	30%-70%	28 DIAS			1444.5		
7	30%-70%	28 DIAS	654.0367	100.02%	1418	1440.5000	101.43%